

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



**ЗБІРНИК
СТУДЕНТСЬКИХ НАУКОВИХ
ПРАЦЬ**

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

**№2
(18)**

2025

Вінницький національний аграрний університет

Збірник
студентських наукових праць
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ
№ 2(18), 2025

м. Вінниця 2025

**Збірник студентських наукових праць
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ
№ 2(18), 2025**

**Заснований у 2021 році у Вінницькому національному аграрному університеті під назвою
«Збірник студентських наукових праць. Сільськогосподарські науки»
на засіданні Вченої ради університету**

Засновник:

Вінницький національний аграрний університет

Редакційна колегія:

Головний редактор кандидат технічних наук, професор **Гулько І.В.**

Заступники головного редактора:

кандидат сільськогосподарських наук, професор **Дідур І.М.**;
кандидат технічних наук, доцент **Солон О.В.**;
кандидат технічних наук, доцент **Яропуд В.М.**;

Члени редакційної колегії:

кандидат технічних наук, доцент **Холодюк О.В.**;
кандидат сільськогосподарських наук, доцент **Овсієнко С.М.**;
кандидат сільськогосподарських наук, доцент **Матусяк М.В.**;
доктор сільськогосподарських наук, професор **Ткачук О.П.**;
кандидат сільськогосподарських наук, доцент **Рудська Н.О.**;
кандидат сільськогосподарських наук, ст. викладач **Забарна Т.А.**;
кандидат ветеринарних наук, доцент **Фаріоник Т.В.**;
кандидат технічних наук, доцент **Коляновська Л.М.**;
студент інженерно-технологічного факультету **Діброва І.В.**;
студент факультету агрономії, садівництва та захисту рослин **Шафорост В.В.**;
студентка факультету технології виробництва, переробки та робототехніки у
тваринництві **Процюк О.В.**

Адреса редакції: **21008, Вінниця, вул. Сонячна, 3, тел. 0432-46-01-05**
Сайт журналу: <https://vsau.org/studentamm/zhurnal-studentskix-naukovix-pracz>

Collection of student research papers
AGRICULTURAL SCIENCES
№ 2(18), 2025

Founded in 2021 at Vinnytsia National Agrarian University under the title «Collection of student research papers. Agricultural sciences» at a meeting of the Academic Council of the University

Founder:
Vinnytsia National Agrarian University

Editorial board:
Editor-in-Chief Candidate of Technical Sciences, Professor Hunko I.

Deputy Editors-in-Chief:
Candidate of Agricultural Sciences, Professor **Didur I.**;
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **Solona O.**;
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **Yaropud V.**;

Members of the Editorial Board:
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **Kholodiuk O.**;
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor **Ovsienko S.**;
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor **Matusiak M.**;
Doctor of Agricultural Sciences, Professor **Tkachuk O.**;
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor **Rudska N.**;
Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer **Zabarna T.**;
Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor **Farionyk T.**;
Candidate of Technical Sciences, Art. Teacher **Kolyanovska L.**;
student of the Faculty of Engineering and Technology **Dibrova I.**;
student of the Faculty of Agronomy, Horticulture and Zoology Roslin **Shaforost V.**;
student of the Faculty of Production Technology, Processing and Robotics in Animal Husbandry **Protsyuk O.**

Address of the Editorial Office: **3 Soniachna St. Vinnytsia, 21008, tel. 0432-46-01-05**
Web site of the Journal: <https://vsau.org/studentamm/zhurnal-studentskix-naukovix-pracz>

© Vinnytsia National Agrarian University, 2025

**Збірник студентських наукових праць
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ**

До друку приймаються статті за спеціальностями:

208 Агроінженерія, 133 Галузеве машинобудування, 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 181 Харчові технології, 101 Екологія, 201 Агрономія, 202 Захист і карантин рослин, 203 Садівництво та виноградарство, 204 Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва, 205 Лісове господарство, 206 Садово-паркове господарство, 207 Водні біоресурси та аквакультура, 212 Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза, 132 Матеріалознавство.

**Збірник студентських наукових праць
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ
рекомендований для публікації студентських наукових робіт**

Матеріали друкуються українською та англійською мовами.

Номер схвалено і рекомендовано до друку рішенням Вченої ради
Вінницького національного аграрного університету,
протокол № 12 від 29 квітня 2025 року.

Усі права застережені. Тексти статей, таблиці, графічний матеріал, формули захищені законом про авторські права. Передрук і переклад статей дозволяється за згодою авторів. Відповідальність за зміст публікацій і достовірність наведених в них даних та іншої інформації несуть автори статей та їх наукові керівники. Висловлені у надрукованих статтях думки можуть не співпадати з точкою зору редакційної колегії і не покладають на неї ніяких зобов'язань.

Підписано до друку 29 квітня 2025 року

Формат 60x84/8.

Папір офсетний. Друк офсетний.

Ум. Друк. арк. 54,3. Тираж 100. Зам. № __

Віддруковано у
ТОВ «Едельвейс» (м. Вінниця, вул. 600-річчя, 17)

Свідectво про внесення до державного реєстру видавців, виготовлювачів і
розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5009 від 10.11.2015

**Collection of student research papers
AGRICULTURAL SCIENCES**

Articles by specialties are accepted for publication:

208 Agroengineering, 133 Mechanical Engineering, 141 Electricity, Electrical Engineering and Electromechanics, 181 Food Technologies, 101 Ecology, 201 Agronomy, 202 Plant Protection and Quarantine, 203 Horticulture and Viticulture, 204 Technology of Production and Processing of Livestock Products, 205 Forestry, 206 Horticulture, 207 Aquatic Bioresources and Aquaculture, 212 Veterinary Hygiene, Sanitation and Expertise, 132 Materials Science.

**Collection of student research papers
AGRICULTURAL SCIENCES
recommended for publication of student scientific works**

Materials are published in Ukrainian and English.

The issue was approved and recommended for publication by the decision of the Academic Council of Vinnytsia National Agrarian University, Minutes № 12 dated April 29, 2025.

All rights reserved. Texts of articles, tables, graphic material, formulas are protected by copyright law. Reprinting and translation of articles is permitted with the consent of the authors. The authors of articles and their supervisors are responsible for the content of publications and the accuracy of the data and other information provided in them. Opinions expressed in published articles may not coincide with the point of view of the editorial board and do not impose any obligations on it.

Signed for printing on April 29, 2025

Format 60x84/8.

Offset paper. Offset printing.

Mind. Printing. Ark. 54,3. Circulation 100. Deputy. No __

Printed at
LLC «Edelweiss» (Vinnytsia, 17, 600th Anniversary Street)

Certificate of entry into the State Register of Publishers, Manufacturers and Distributors of Publishing Products DK No 5009 dated 10/11/2015

ЗМІСТ

НАПРЯМ 1. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИННИЦТВА В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ	16
М. БІЛОСТЕГНЮК. ПОШИРЕННЯ ТА ЕКОЛОГІЯ АМЕРИКАНСЬКОГО БІЛОГОМЕТЕЛИКА (<i>HYPHANTRIACUNEA DRURY.</i>)	16
О. КРАВЧУК. ЗАХИСТ РОСЛИН - ПРОБЛЕМА СОЦІАЛЬНА, ЕКОНОМІЧНА ТА ЕКОЛОГІЧНА	22
Д. БАГРІЙ. ЕКОЛОГІЧНА ТА АГРОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОРГАНІЧНИХ І МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ У ПІДВИЩЕННІ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ	29
О. БАСІСТІЙ. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОДИНИ ПАСЛЬОНОВІ (<i>SOLANACEAE</i>)	37
І. ВАРГА. АДАПТИВНІ МЕТОДИ ВИРОЩУВАННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ	43
А. ВЕРЕМЧУК. ГЕНЕТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ОЗНАК ЦУКРОВОГО БУРЯКА	49
Д. ВОНСОВИЧ. АДАПТАЦІЯ РОСЛИН ДО ЕКСТРИМАЛЬНИХ УМОВ	55
Р. ГНОТ. КАРАНТИНІ БУР'ЯНИ В УКРАЇНІ: ЗАГРОЗИ ТА ЕФЕКТИВНІ ЗАХОДИ КОНТРОЛЮ	61
Я. ДОВГАЛЮК. ЗДАТНІСТЬ РОСЛИН ФУНКЦІОНУВАТИ В УМОВАХ ПОСУХИ ТА ВАЖЛИВІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ	69
Р. ЗАЯЦЬ. ДІАТОМОВІ ВОДОРОСТІ: МОРФОЛОГІЯ, ФІЗІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ	75
Д. ЗОЦ. ҐРУНТ ЯК ЕКОСИСТЕМА: ЖИВІ КОМПОНЕНТИ ҐРУНТУ ТА ЇХНЯ РОЛЬ	82
А. ІВАНЦОВ. МАРМУРОВИЙ КЛОП	87
Д. КАЛІНА. ВПЛИВ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ПОПУЛЯЦІЇ ОСНОВНИХ ШКІДНИКІВ РІПАКУ ОЗИМОГО	94
Б. КИРИЛЮК. МЕХАНІЧНИЙ СКЛАД ҐРУНТУ: ЙОГО ВЛИВ НА ВОДНОПОВІТРЯНИЙ РЕЖИМ І ВРОЖАЙНІСТЬ	100
Д. КЛЕШКО. РОЛЬ БУЛЬБ У ВЕГЕТАТИВНОМУ РОЗМНОЖЕННІ КАРТОПЛІ	107
М. КОЗАР. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА В УМОВАХ ГАЙСИНСЬКОГО РАЙОНУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	112
О. МЕЛЬНИК. АНАЛІЗ СОРТІВ СОЇ ЗА ПОХОДЖЕННЯМ В РЕЄСТРІ УКРАЇНИ НА 2024 РІК	118
Т. ОЛЕКСАНДРОВИЧ. СВІЙ УРОЖАЙ ГРИБІВ: ВІД ІДЕЇ ДО РЕЗУЛЬТАТУ	125

М. ОПЛАКАНСЬКИЙ. СЕРЕДЗЕМНОМОРСЬКА ПЛОДОВА МУХА (<i>CERATITISCAPITATA</i>) В УКРАЇНІ. МОНІТОРИНГ, ПРОФІЛАКТИКА ТА КАРАНТИННІ ЗАХОДИ	131
Д. ПАВЛЕНКО. ЗНАЧЕННЯ АЗОТУ ДЛЯ ЖИТТЯ РОСЛИН ТА ОСОБЛИВОСТІ ЙОГО ЗАСВОЄННЯ	138
А. ПІДПЕРИГОРА. VARIETAL AND SOWING QUALITY OF SEEDS	141
М. ПРОКОПИВНЮК. ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ НЕЙРОПОДІБНИХ СИСТЕМ В РОСЛИНАХ	149
Я. РОМАНЕНКО. ХАРАКТЕРИСТИКА ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	157
А. СВИСТУН. ВИКОРИСТАННЯ СИДЕРАТИВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ СТРУКТУРИ ҐРУНТУ ТА ЗБАГАЧЕННЯ ЙОГО ПОЖИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ	163
І. СВЯЩУК. АГРАРНИЙ СЕКТОР УКРАЇНИ: ВИКЛИКИ ВІЙНИ ТА МОЖЛИВОСТІ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ	170
Н. СИРОТЮК. ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ	177
О. ТАЛАНОВ. ВПЛИВ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР	184
О. ТКАЧ. БОРЩІВНИК СОСНОВСЬКОГО: БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА СУЧАСНІ МЕТОДИ БОРотьБИ	188
М. ШЕСТОПАЛЬКО. ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ. ПІДВИЩЕННЯ ЇХ РОДЮЧОСТІ	193
М. ШТИПА. ФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ У ФОРМУВАННІ СТРЕСОСТІЙКОСТІ АГРОКУЛЬТУР	199
В. ЩАСЛИВИЙ. ШКІДЛИВІ ОРГАНІЗМИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ В ОБЕЖЕННІ ЇХ ШКОДОЧИННОСТ	207
В. ЯРЕМЧУК. ВИВЧЕННЯ РОЛІ БОТАНІЧНИХ САДІВ У ЗБЕРЕЖЕННІ БІОРІЗНОМАНІТТЯ	214
Л. КАПШИЦЬКА. МЕТОДИ СЕЛЕКЦІЇ КУКУРУДЗИ	220
К. KOVALOVA. СТАН ЛІСОСМУГ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ THE STATE OF FOREST BELTS IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE	226
Н. МЕЛЬНИК. АГРОМЕТЕРЕОЛОГІЯ. СОНЯЧНА РАДІАЦІЯ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА РОСЛИНИ	230
В. СКАКУН. БІОСТИМУЛЯТОРИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ҐРУНТОВІ МІКРОБІОМИ	236
Анна-Марія. СОКОЛОВА. ЗАХИСТ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ ВІД ШКОДОЧИННИХ ОРГАНІЗМІВ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО	242
Я. ЦАРЮК. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ	248

Б. ЮЩИШИН. БАЛАНС ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН У ГРУНТАХ УКРАЇНИ	254
І. СЕДОВ. ПОТВІРУС ШАРКИ СЛИВИ, БІОЛОГІЯ, ШКОДОЧИННІСТЬ, МЕТОДИ КАРАНТИННОГО КОНТРОЛЮ	260
НАПРЯМ 2. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЇ, ЛІСОВОГО ТА САДОВО-ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА	268
А. БЕВЗ. МОДА І ЕКОЛОГІЯ: ЯК FAST FASHION РУЙНУЄ ПЛАНЕТУ?	268
Н. ДАВИДЕНКО. ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РІЧКИ РУСАВА	273
В. ЖУРБЕЛЮК. ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СЕВЕРИНІВСЬКОЇ ГРОМАДИ	276
Н. КРАВЧУК. ПРИРОДНІ УМОВИ ТА ГОСПОДАРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ ТУРБІВСЬКОГО ГРАНІТНОГО КАР'ЄРУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	280
Д. ПЛАКИДА. ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН Р. ДЕСЕНКА У МЕЖАХ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	286
Б. ПОБЕРЕЖНИЙ. ВТРАТА БІОРІЗНОМАНІТТЯ: ЯК СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО СПРИЯЄ ВИМИРАННЮ ВИДІВ	289
Є. СІКОРСЬКА. ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИЙ ФОНД УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	294
Є. ТЕМЕР. ЗМІНА КЛІМАТУ ТА КРИЗА ВОДНИХ РЕСУРСІВ: ЯК ГЛОБАЛЬНЕ ПОТЕПЛІННЯ ВПЛИВАЄ НА ДОСТУПНІСТЬ ВОДИ?	303
М. СТЕБЛИНА. ДОЩОВІ САДИ: ПРИРОДНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ ЗБОРУ ТА ВИКОРИСТАННЯ ДОЩОВОЇ ВОДИ	308
К. МОРОЗ. ІННОВАЦІЙНІ ЕКОТЕХНОЛОГІЇ В УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ: ПЕРСПЕКТИВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ	313
Є. КОЗАК. РОЛЬ ESG-СТРАТЕГІЇ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ	318
А. НІЗЕЛЬСЬКА. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЩЕПЛЕННЯ ПЛОДОВИХ РОСЛИН В ІНТЕНСИВНОМУ САДІВНИЦТВІ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ	324
В. БРОВАНЧУК. ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБІВ ВЕГЕТАТИВНОГО РОЗМНОЖЕННЯ ДЕЕРВНИХ І ЧАГАРНИКОВИХ РОСЛИН У ВІДКРИТОМУ ТА ЗАКРИТОМУ ҐРУНТІ	330
А. СЛОБОДЯНЮК. ЛІС ЯК ПРИРОДНЕ ЯВИЩЕ І ПРИРОДНА СИСТЕМА	335
А. ЛУЦЕНКО. FOREST RESOURCES ANALYSIS	344
З. ПЕРВАЧУК. ВЕРТИКАЛЬНЕ ОЗЕЛЕНЕННЯ: ІСТОРІЯ ПОХОДЖЕННЯ ТА ВИБІР РОСЛИН ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ САДІВ	352
К. КРИМЕЦЬ. ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОРІЧНИХ КВІТКОВИХ РОСЛИН В КВІТНИКАРСТВІ, ЇХ ВИДИ ТА ДОГЛЯД.	357

Х. ПЕТЛІНСЬКА. ЗБІР І ВИКОРИСТАННЯ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН НА ПРИРОДНИХ ЛУКАХ	364
А. ТВЕРДОХЛІБ. ОЦІНКА ЯКОСТІ ГАЗОННОГО ПОКРИВУ	369
О. ДУДНИК. РОСЛИНИ-РЕПЕЛЕНТИ ТА ЇХ РОЛЬ У ЛАНДШАФТНОМУ ДИЗАЙНІ	377
N. SMAL. USING VERTICAL GARDENING IN CITIES TO IMPROVE AIR QUALITY AND REDUCE NOISE	384
С. БАРКАСОВА. ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СУХОЦВІТІВ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ДИЗАЙНІ	390

НАПРЯМ 3. ЕНЕРГООЩАДНІ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ В АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОМУ СЕРВІСІ

Л. ФАЙДЕВИЧ. ТОЧНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО: РОЛЬ ГЕОІНЖЕНЕРІЇ ТА БЕЗПІЛОТНИКІВ У ПІДВИЩЕННІ ВРОЖАЙНОСТІ	403
А. АРЦЕБАШЕВ. ІНЖЕНЕРНІ АСПЕКТИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ТРАКТОРА З ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ КОЛІС	408
М. ЯЦЮК. ПРО ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ РЕВЕРСИВНОГО РОЗМОРОЖУВАННЯ В РЕКУПЕРАТОРАХ ТЕПЛА ВІДПРАЦЬОВАНОГО ПОВІТРЯ	414
М. МΥΚΗΑΥΛΟVSKA. BIOGAS PRODUCTION TECHNOLOGIES: INTERNATIONAL EXPERIENCE AND DEVELOPMENT IN UKRAINE	420
І. ШКВАРИЛО. ОБЛАДНАННЯ І УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ ТА ЛІПКОСТІ ҐРУНТУ	425
V. TRYMALYUK. APPLICATION OF UNMANNED TECHNOLOGIES TO INCREASE THE EFFICIENCY OF AGRICULTURAL PRODUCTION	431
О. ДАВИМОКА. АГРОІНЖЕНЕРНА ОЦІНКА РІВНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ НАСІННЯ ПРИ СУЦІЛЬНОМУ ВИСІВІ ГАЗОННИХ ТРАВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЮ СІВАЛКОЮ	436
О. КОЧМАРУК. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ НА ПАТ «ВІННИЦЯОБЛЕНЕРГО»	442
О. МЕЛЬНИК. ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГОАУДИТОРСЬКИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	449
І. МУЛЯР. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАКТОРІВ ТЯГОВОГО КЛАСУ 4,0	457
М. НЕЗБУТНІЙ. ОПТИМІЗАЦІЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ НА ТРАКТОРАХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ	463
М. ПРИТОЛЮК. АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ: ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	471
Е. СЕВАСТЬЯНОВ. ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ТЕХНІЧНОЇ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА КОРМІВ У ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ	477

А. БЛАЩУК. РОЛЬ JOHN DEERE У РОЗВИТКУ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА	483
А. ДЯЧЕНКО. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ПЕРЕРОБКИ ГУМОВИХ, ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ТА ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ	489
Н. ГАЛЬОМКО. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА: ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОСТІ	496
М. GERMANOVSKIY. ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ МОДУЛІ І ПЕРСПЕКТИВА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ	505
Р. ГРОМЛЮК. РЕКУПЕРАЦІЯ ЕНЕРГІЇ В МІСЬКОМУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТІ	510
П. МУДРИЦЬКИЙ. ОГЛЯД МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН	517
П. НАВАЖАНЮК. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ АГРОТЕХНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ УНІВЕРСАЛЬНОЇ ПОСІВНО-ТУКОВОЇ СТЕРНЬОВОЇ СІВАЛКИ СЗС-4У	524
D. PAVLYUK. FARM OF THE FUTURE: SOLAR ENERGY AS THE KEY TO ENERGY-INDEPENDENT AGRICULTURE	530
Б. ПЕРХАЙЛО. ВИКОРИСТАННЯ РОЗУМНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СУЧАСНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ	537
І. ПОСВАЛЮК. ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ НАЗВ ТА АБРЕВІАТУР АВТОМОБІЛІВ І ЇХ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН	545
М. SHYNKARUK. INTEGRATION PROCESSES IN THE AGRICULTURAL SECTOR	552
Д. ЗУБАТЕНКО. MODERNIZATION OF THE ELECTRONIC COMPRESSED AIR HEATER FOR THE COATING DEVICE	557
Р. ХАРЧЕНКО. АНАЛІЗ МЕТОДУ ХААРА ДЛЯ ФІЛЬТРАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ	564
В. ХРИЩЕНЮК. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЖАТКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ	568
О. БАНАХ. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПІДБОРУ ЯБЛУК	572
Р. КРАВЕЦЬ. ОГЛЯД НАЯВНИХ ПІДХОДІВ ДО СТВОРЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯМИ	578
В. БАЗАЛИЦЬКИЙ. СИСТЕМА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ	584
Б. БЕРЕЖНИЙ. ВИКОРИСТАННЯ ДРОНІВ У МОНІТОРИНГУ ПОСІВІВ І РОСЛИННОСТІ	590
В. ШЕВЧУК. ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	595

НАПРЯМ 4. ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ СУЧАСНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ.	600
І. ДІБРОВА. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЗУЮЧОГО ПРИСТРОЮ КУЛЬТИВАТОРА-ПІДЖИВЛЮВАЧА ДЛЯ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ	600
В. ГАНЖА. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАЧІ КОРМІВ	607
А. КОЖУХАР. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СПОСОБІВ СУШІННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ	614
Т. ОСАДЧИЙ. ОБРОБІТОК ҐРУНТУ ТА ПОСІВ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР НА СХИЛОВИХ ПОЛЯХ	623
Є. ПОСНИЙ. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КАРТОПЛЕПІДКОПУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ МАЛИХ ФЕРМЕРСЬКИХ ТА ПРИСАДИБНИХ ГОСПОДАРСТВ	628
І. ПОСВАЛЮК. СИСТЕМИ ДОПУСКІВ І ПОСАДОК: ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ	636
І. ЗАХАРЧУК. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МЕХАНІЗОВАНОЇ ОПЕРАЦІЇ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ТИПУ ОБПРИСКУВАЧА ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ БУР'ЯНІВ У МІЖРЯДДЯХ МАЛИНИ ГЕРБИЦИДОМ	643
М. КЛЕКІТ. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ПРИ ОБРОБІТКУ СХИЛОВИХ ЗЕМЕЛЬ	649
В. ОСАВОЛЮК. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБКИ ІНЖЕНЕРНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ВІДГОДІВЛІ СВИНЕЙ	654
М. СТЕПАНЕНКО. PERSPECTIVE DIRECTIONS FOR THE IMPLEMENTATION OF RENEWABLE ENERGY IN THE AGRICULTURAL INDUSTRY	659
О. СВДЕРСЬКИЙ. ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ДІАГНОСТИЦІ ДВИГУНІВ ЕНЕРГОЄМНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ	665
В. БАБІЙ. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ІНФРАЧЕРВОНОГО СУШІННЯ	672
Д. ДАЦЮК. АНАЛІЗ ВІДОМИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗМІШУВАЧІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ ДОБРИВ	679
В. ДЕРУНЕЦЬ. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ВІБРОВІДЦЕНТРОВИХ СЕПАРАТОРІВ ЗЕРНА	687
О. ДОВГАЛЮК. АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ГУСЕНИЧНИХ РУШІВ ТРАКТОРІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПРОХІДНІСТЬ І СТАБІЛЬНІСТЬ ТЕХНІКИ	696
А. ЯЦИШЕН. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР	704

М. КАРПЕНКО. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ І МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ СОЛОМИ КОЛОСОВИХ КУЛЬТУР	710
Д. КЛЕВЕНЕЦЬ. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ОБМОЛОТУ КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ У ДВОХВАЛЬЦОВІЙ МОЛОТАРЦІ	717
М. КРАВЕЦЬ. ВПЛИВ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР	726
Д. МУДРИК. ВПЛИВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ (CAD/CAM/CAE) НА РОЗВИТОК МАШИНОБУДУВАННЯ	734
А. НАДКЕРНИЧНИЙ. АНАЛІЗ ТЯГОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ У РІЗНИХ УМОВАХ ҐРУНТУ	740
Д. РЕЗНІК. РОЛЬ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У СУЧАСНОМУ МАШИНОБУДУВАННІ	748
В. ШКУТА. РОЛЬ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПРОДУКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН: АНАЛІЗ ВИТРАТ ТА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ	754
А. СЛОБОДЯНЮК. ТЕХНІКА ДЛЯ МУЛЬЧУВАННЯ ТА ЇЇ РОЗВИТОК І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ	762
П. ТКАЧ. ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОТРАНСМІСІЙ В ПРИВОДАХ САМОХІДНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН	767
В. ЮЗЬКО. ВПРОВАДЖЕННЯ ГІБРИДНИХ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ТРАКТОРІВ	774
Ю. ЗЕЛІНСЬКА. ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ ДИСКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ	781
Д. БОТАЄВ. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ СІВБИ. ПІДГОТОВКА ДО РОБОТИ ПРОСАПНОЇ СІВАЛКИ	789
І. ГЕВКО. ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ	794
К. МУДРЕНКО. МЕТОДИ ЕКСТРАКЦІЇ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	799
М. ТКАЧ. КАВІТАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ. ТЕХНІЧНІ ПЕРЕВАГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ	805
С. ВАСИЛИК. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ФІЛАМЕНТУ ДЛЯ 3D ДРУКУ	812
О. Soliar. MODERN TOOLS OF GEOGRAPHIC INFORMATION TECHNOLOGIES	817
НАПРЯМ 5. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ РІШЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА	818
В. КОЛІСНИК. ДОСЛІДЖЕННЯ МОБІЛЬНОГО ЗМІШУВАЧА-РОЗДАВАЧА КОРМІВ НА ТВАРИННИЦЬКІЙ ФЕРМІ	818

Н. КРАСНОВСЬКИЙ. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НОВОГО КОРМОВОГО ФАКТОРУ У ГОДІВЛІ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ	825
Б. НАГОРНИЙ. ВПЛИВ ХОЛОДНОГО СПОСОБУ УТРИМАННЯ ТЕЛЯТ НА РІСТ І РОЗВИТОК	831
Д. ТЕРЕЩУК. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ГОДІВЛІ БДЖІЛ ТА ВПЛИВ НА МЕДОВУ ПРОДУКТИВНІСТЬ	837
М. ХОДЮН. ВПЛИВ РІЗНИХ УМОВ СЕРЕДОВИЩА НА ПРОДУКТИВНІСТЬ БДЖІЛ	843
О. ШЕВЧУК. КРОЛІ ЯК ДЖЕРЕЛО ДІЄТИЧНОГО М'ЯСА, ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ ТА КОРИСТЬ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я	847
Б. ШЕЛЕСТ. ОСОБЛИВОСТІ ЗАГОТІВЛІ ВИСОКОЯКІСНОГО СИЛОСУ	851
А. КУЧЕРЯВА. ВИРОЩУВАННЯ ТА ГОДІВЛЯ КОРОПА	856
Л. ПАВИЦЬКА. ПОШИРЕНІ ХВОРОБИ ОЧЕЙ У КОТІВ: СИМПТОМИ ТА МЕТОДИ ЛІКУВАННЯ	862
К. СКРИНСЬКА. ЕПІЗООТОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ ЩОДО СКАЗУ ТВАРИН У ВІННИЦЬКІЙ І ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТЯХ УКРАЇНИ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОФІЛАКТИКА	869
О. ДМИТРУК. ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ТВАРИННИЦТВА УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПРОБЛЕМ	875
 НАПРЯМ 6. ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВИРОБНИЦТВА ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ	880
К. МУДРЕНКО. МІКОТОКСИНИ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ	880
А. РЕШЕТНИК. ШТУЧНЕ М'ЯСО, ЯК НОВЕ ДЖЕРЕЛО БІЛКОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧУВАННІ	884
А. БОЗНЯК. ОЦІНКА ЯКОСТІ СВІЖИХ ФРУКТІВ	888
Ю. БІЛАШ. КИСЛОМОЛОЧНІ ПРОДУКТИ, ЇХ ХАРЧОВА І БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ	892
Г. КОМІСАРОВА. БІОХІМІЧНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ В М'ЯСНОМУ ФАРШІ ПІД ЧАС ПОСОЛУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КУЛЬТУР РЦІ–47 ТА СБІ–05	896
М. ПОЛЄВОДА. ЯКІСТЬ ТА БЕЗПЕКА МОЛОКА В УКРАЇНІ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ	902
О. ПРОЦЮК. ФЕРМЕНТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ: ЕФЕКТИВНІ РІШЕННЯ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА	907
К. ЩЕРБИНА. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ: СТАНДАРТИ ТА ПІДХОДИ ДО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ	910
А. ЧЕМЕС. АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА М'ЯКИХ КОМБІНОВАНИХ СИРІВ НА МОЛОЧНО-РОСЛИННІЙ ОСНОВІ	914

Д. ДАЩЕНКО.	МІКРОБІОЛОГІЯ	КИСЛОМОЛОЧНОГО	919
ДІЄТИЧНОГО НАПОЮ			
М. ШРАМКО.	ОРГАНОЛЕПТИЧНА	ОЦІНКА	ЯКОСТІ
ЗГУЩЕНОГО МОЛОКА			926

НАПРЯМ

1

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИННИЦТВА В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ



Максим БІЛОСТЕГНЮК¹,
студент 3-го курсу,
факультету агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ПОШИРЕННЯ ТА ЕКОЛОГІЯ АМЕРИКАНСЬКОГО БІЛОГО МЕТЕЛИКА (*HYPHANTRIACUNEA DRURY.*)

Анотація. У статті розглянуто біологічні особливості, поширення та методи боротьби з білим американським метеликом (*Hyphantria cunea Drury.*). Це інвазивний шкідник листяних дерев, який спричиняє значні збитки сільському та лісовому господарству. Наведено інформацію про його життєвий цикл, способи розмноження та пошкодження рослин. Описано ефективні методи контролю, зокрема агротехнічні, біологічні та хімічні заходи. Особливу увагу приділено інтегрованим стратегіям захисту насаджень від цього небезпечного виду. Розглянуто інтегровані підходи до захисту рослин і перспективи біологічного стримування популяції цього виду.

Ключові слова: Американський білий метелик, шкодочинність, методи захисту, карантинний об'єкт.

Annotation. The article discusses the biological features, distribution and methods of combating the white American butterfly (*Hyphantria cunea Drury.*). It is an invasive pest of deciduous trees that causes significant damage to agriculture and forestry. Information about its life cycle, methods of reproduction and damage to plants is given. Effective control methods are described, including agrotechnical, biological and chemical measures. Special attention is paid to integrated strategies for the

¹Науковий керівник – Рудська Н.О., канд. с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

protection of plantations against this dangerous species. Integrated approaches to plant protection and prospects for biological control of the population of this species are considered.

Keywords: *American white butterfly, harmfulness, methods of protection, quarantine object.*

Вступ. Одна з найнебезпечніших для ведення сільського господарства комах – американський білий метелик (*Hyphantria cunea* Drury.) належить до обмежено поширених карантинних організмів на території України та входить до переліку шкідливих організмів.

Значна кількість комах, а саме близько 100 чужоземних рослиноїдних видів, акліматизувалися на території України. Більшість із них віднесена до категорії шкідливих, а 8 – до небезпечних карантинних видів. В інших регіонах світу кількість акліматизованих чужоземних видів комах істотно більша. Біологічні інвазії різних організмів стали причиною колосальних змін в екосистемах. Науковці у своїх публікаціях зазначають, що одним із таких видів є американський білий метелик (*Hyphantria cunea* Drury.) – карантинний шкідник, що є одним із найпоширеніших в Україні.

За даними багатьох науковців, американський білий метелик відноситься до родини Ведмедиків, який шкодить квітам, листям та плодам близько 300 видів плодових, декоративних, лісових та інших культур спалахи масових розмножень яких змінюються багаторічними депресіями. Це притаманно і деяким іншим лускокрилим. Причини такого явища не встановлені, але, напевно вони зумовлені комплексом чинників [1].

Американський білий метелик відноситься до багатоїдних шкідників, його гусениці можуть живитися 636 видами плодових, декоративних, лісових та інших культур і спричиняти їх дефоліацію. Дефоліація насаджень призводить до порушення обмінних процесів у рослинах і, як наслідок, до їх ослаблення. Через що зменшується продуктивність, захисна, декоративна та естетична функція насаджень, погіршуються умови для існування фауни. У сильно ушкоджених плодових та ягідних культур знижується урожайність або ж вони взагалі не плодоносять у поточному та наступному роках [11].

Батьківщиною американського білого метелика є Північна Америка. В Європу був завезений з вантажем з Північної Америки у 1940 році та досить швидко поширився всією територією, та став одним з найшкодочинніших шкідників багаторічних насаджень, а особливо лісосмуг. В Україні американського білого метелика вперше виявлено у 1952 році в Закарпатській області, після цього, поступово шкідник розповсюдився в інших областях країни. Середня швидкість перенесення шкідника по території складає близько 30 км на рік.

Американський білий метелик (*Hyphantria cunea* Drury.) – метелик родини Arctiidae, поліфаг, що пошкоджує понад 300 видів різних трав'янистих, кущових та деревних видів. Американський білий метелик – небезпечний карантинний шкідник, який пошкоджує до 230 видів деревно-чагарникових і трав'янистих

рослин, у тому числі яблуню та інші плодові культури. З'їдаючи повністю листя, шкідник різко знижує врожайність дерев, які не ростуть, втрачають зимостійкість і можуть загинути [12].

Поширюється переважно з уражених районів переважно з садивним матеріалом, транспортними засобами з контейнерами, пакувальним матеріалом, з плодами та ягодами.

Метелик досить великий. Розмах крил самиця 25–30 мм, самиці 25–36 мм, забарвлення сніжно-біле, іноді з чорними або бурими крапками на крилах. Вусики чорні з білим нальотом, у самця гребінчасті, у самиці ниткоподібні. Тіло метелика вкрите густими білими волосками.

Виліт метеликів відбувається в кінці цвітіння яблуні, літ метелика може тривати до двох місяців. Самиці після спарювання відкладають відносно великі яйця зеленого, жовто-зеленого або золотисто-жовтого кольору з синім відтінком, діаметром до 0,5–0,7 мм. У самиць, які не відклали яєць, черевце зелене від напівпрозорих яєць.

Американський білий метелик – має білосніжні блискучі крила, у деяких особин на передніх крилах темно-коричневі цяточки, довжина тіла 9–15 мм. Голова, груди, ноги і черевце вкриті білими волосками. Вусики чорні з білим запиленням. Живе 8–10 діб. Самиці відкладають яйця на нижню частину листка, після чого гинуть.



Рис.1. Імаго та яйцекладка американського білого метелика

Зовні метелик білосніжний. Активний вночі й на світанку, вдень ховається під листям.

Особливістю метеликів є білосніжний колір крил і тулуба. Останній має опушення, через що комаха здається пухнастою. Деякі особини на крилах мають розсіпані чорні або коричневі плями невеликого діаметру. Вусики метелика мають чорний колір, зі світлим білястим покриттям. Гусениця американського білого метелика має жовтий колір. На останньому етапі гусениця набуває коричневого кольору. Пухирці на спині – чорні, з боків тіла – яскраво-оранжеві, з яких виходять довгі темні волоски. Довжина тіла гусені до 4 см [3].

Самиці відкладають яйця на верхній і нижній бік листка групами по 300–500 яєць, укриваючи кладку тонким прозорим пушком. Через 5–10 діб відроджуються гусениці, які скелетують листок, пізніше з'їдають його цілком, залишаючи тільки грубі жилки.

Гусениці, що відродилися, підростаючи, розповзаються по всьому дереву, а при відсутності корму мігрують на інші дерева. Гусениця молодшого віку світложовта з чорною головою, грудним щитком і ногами; старшого – оксамитово-коричнева зі спини з чорними бородавками та довгими чорними волосками. На спині чорні плями зливаються у чорні смуги. Життя гусениць триває 35–45 діб, але за цей час вони встигають завдати непоправної шкоди рослинам[4].

Гусениці американського білого метелика надзвичайно шкодочинні: шістьвісім гнізд шкідника на дереві здатні повністю його знищити. Вони об'їдають зелене листя на деревах (скелетують листя залишаючи грубі товсті жилки), оповиваючи гілки павутиною, забезпечують собі більшу здатність до виживання і оберігають себе від несприятливих зовнішніх факторів [5]. Пошкодження насаджень шкідником призводить до порушення обмінних процесів у рослинах та їх ослаблення, внаслідок чого знижується врожайність та захисна, декоративна, естетична функція насаджень, погіршуються умови існування фауни (рис. 2).

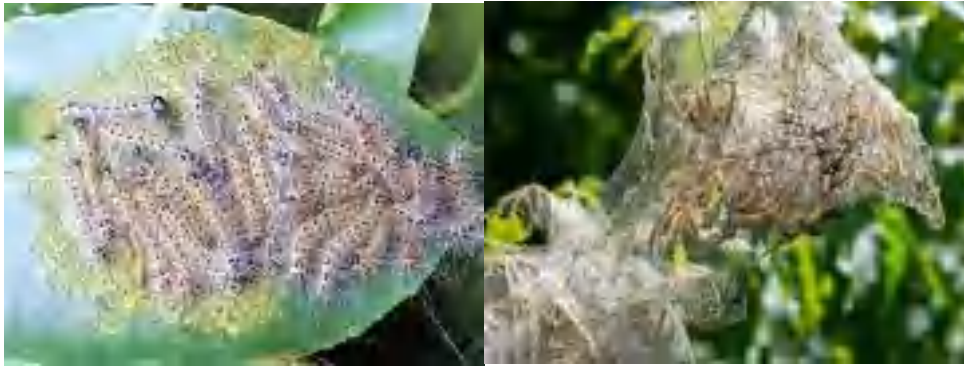


Рис.2. Пошкодження рослин гусеницями американського білого метелика

Гусениці є конкурентами у живленні тутового шовкопряда. Волоски можуть викликати у людини алергічні реакції. При зменшенні площі листкових пластинок у плодових дерев до 50% урожайність знижується на 50-55%, а при їх об'їданні на 75% – врожай практично відсутній [6].

Рослина не може нормально розвиватися. Це впливає на її зовнішній вигляд, врожайність значно знижується. Якщо не вжити заходів, щодо боротьби з американським білим метеликом, то рослина може навіть загинути. Гусениці, як правило, живуть в колоніях. Збираючись у купи, вони заплітають гілки дерев та кущів павутинням.

Відродження метеликів починається у кінці квітня або на початку травня, а літнього покоління – в кінці липня – на початку серпня. Вихід метеликів із лялечок відмічений вночі, а основний літ припадає на ранок з максимумом о 5.00–7.00 годині. Період інтенсивного льоту 30-40 хвилин. У популяції, що перезимувала, виліт відбувається в нічний час і припиняється при температурах нижче 13°C. Відроджені імаго здатні перелітати на відстані у декілька кілометрів. Перед перелітотом на вподобані кормові рослини, метелики певний час відпочивають на гілках та листках.

Масовий виліт метеликів триває 11–14 днів при середніх температурах вище 18°C і продовжується до 20–30 днів. Максимальна активність спостерігається при температурах 20–28°C. Тривалість життя самиць весною 2–11 днів, влітку – 6 днів, самці живуть від 1 до 4 днів. Метелики не живляться. В пошуках статевого партнера та місць відкладання яєць, самиця перелітає в середньому на відстань 250 м, вона спарюється в день виходу із лялечки або наступного дня [7].

Після спарювання через 1–2 години самиця починає відкладати яйця з нижньої поверхні листка, прикріплюючи їх секретом. Навіть сильний дощ не може їх змити. Більшість самок відкладає яйця вночі [8].

Американський білий метелик дуже чутливий до відносної вологості повітря та температури. При вологості 50–60% та температурі 25°C самиці зменшують відкладання яєць, імаго та відроджені гусені гинуть при вологості 30–50%. За температур нижчих 12°C припиняється вихід гусениць із яєць. Шовковиця є найбільш сприятливою кормовою рослиною для плідності самок та розвитку гусениць. Вихід гусениць із яєць відбувається в ранкові та вечірні години. Через 1–2 години після відродження, гусениці починають живитися і будувати гнізда. Гусениця за період розвитку проходить в основному сім віків.

Перед залялькуванням гусениці активно пересуваються в пошуках сховища (до 10 м і більше). У цей час вони можуть заповзати в тару, пакувальний матеріал, сільськогосподарську продукцію, розвозитися транспортом. Перед заляльковуванням личинки сплітають навколо себе рихлий павутинний кокон. Зимують лялечка в рихлому сірому коконі із волосків гусениці в тріщинах під корою дерев, сухих листках, рослинному смітті, тріщинах будинків та у ґрунті. Основна частина лялечок знаходиться у ґрунті на глибині 3–5 см, окремих особин виявляють на глибині 15 см. Гусениці літнього покоління можуть заляльковуватися на листках в кроні дерев. Частина лялечок (до 10–15%) впадає в діапаузу, тобто вихід метеликів із них відбудеться лише через рік. Значна частина лялечок гине в осінньо-зимовий період в результаті впливу зовнішніх умов, паразитів, хвороб і хижаків[9].

Для попередження занесення та розповсюдження американського білого метелика слід проводити детальний огляд імпортованих та вітчизняних вантажів, пакувального матеріалу, транспортних засобів, які надходять з карантинних зон, регулярно обстежувати багаторічні насадження. Вивіз плодів і садивного матеріалу із заражених господарств, населених пунктів проводити під контролем державних інспекторів управління фітосанітарної безпеки[10].

Винищувальні методи: 2–3-кратна обробка гусені 1–2-х поколінь інсектицидами з інтервалом 7–10 днів препаратами Карате, 5% к. е. (0,2–0,4 л/га); Дімілін, 25% с. п. (0,1–0,2 кг/га); Фосбецид, 50% к. е. (0,5–1,5 л/га) тощо. Витрати робочого розчину – 2–10 л на 1 дерево, залежно від розміру крони. Біологічна боротьба: використовують підвиди *Bacillus thuringiensis* та препарати на основі грибів *Beauveria bassiana* і *B. globulifera*, яйцевого паразита трихограма (*Trihogramma dendrolimi*) і нематоди.

Біологічний або хімічний метод. У разі пошкодження 20% листя після розпускання бруньок слід оброблювати дерева біопрепаратами

(бітоксикацилін, лепідоцид, дендробацилін) або інсектицидами. Застосування активних засобів захисту має бути з урахуванням антирезистентних заходів, щоб шкідник не набув звикання до будь-якого інсектициду та біологічно активних речовин. Ефективним способом біологічного методу боротьби є приваблення комахоїдних птахів шляхом розміщення штучного житла (шпаківень, синичників) та підгодівля їх у зимовий період. Під час вигодовування потомства вони здатні знищити велику кількість шкідника.

Полягають у збиранні та знищенні кладок яєць, лялечок, зрізанні і спалюванні гілок з павутинними гніздами, застосування ловчих поясів з гофрованого паперу та мішковини.

Заходи передбачають 2–3 разові обробки гусені I–III віків кожного покоління інсектицидами дозволених до використання в Україні.

При виявленні АБМ землевласники, сільськогосподарські виробники, підприємства, власники земельних та присадибних ділянок повинні негайно знищити павутинне гніздо.

Для боротьби у виявлених вогнищах шкідника застосовують агротехнічні та хімічні методи. Гілки з гніздами обрізають і спалюють. На уражених деревах видаляють мертву кору, стовбури обмазують вапном. На присадибних ділянках застосовують ловильні пояси із картону чи гофрованого паперу, який перед заляльковуванням гусениці знімають і спалюють [10].

Попередження! Невиконання фізичними та юридичними особами правил фітосанітарного контролю згідно ст. 16 закону України «Про карантин рослин» та ст. 105 Кодексу України «Про адміністративні правопорушення» тягне за собою накладання штрафу на громадян від трьох до десяти неоподатковуваних мінімумів доходів громадян і на посадових осіб – від восьми до п'ятнадцяти неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

Висновок. Білий американський метелик є серйозною загрозою для сільського господарства та екосистеми загалом. Ефективна боротьба з цим шкідником можлива лише за комплексного підходу, який включає профілактичні заходи, агротехнічні, біологічні та хімічні методи. Лише так можна зберегти врожайність культур та уникнути екологічної катастрофи.

Список використаної літератури

1. Рудська Н.О., Пінчук Н.В., Ватаманюк О.В. Лісова ентомологія. Вінницький національний аграрний університет. Вінниця : ТОВ «Твори», 2020. 289 с.
2. Syngenta. URL: <https://www.syngenta.ua/korysna-agronomichna-informaciya/> (дата звернення 12.12.2024 р.)
3. Кривошеєв С. П. Фотоперіодична індукція лялечок американського білого метелика. Сучасні проблеми захисту рослин: тези доповідей конференції молодих вчених. Київ. 2015. 26–27.
4. Рубан М.Б., Гадзало Я.М. та ін. Сільськогосподарська ентомологія : Підручник К.: Арістей, 2018. 520 с.

5. Станкевич С.В., Забродіна І.В. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур: навч. посібник. Харк. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. Х.: ФОП Бровін О.В., 2016. 216 с.

6. Nakonechna, Yu O., et al. Distribution area of *Hyphantria cunea* Drury: the analysis of Ukrainian and world data. Ukrainian Journal of Ecology 9.3 2019. 214-220 с.

7. Wang, Wenxiu, et al. Isolation and identification of entomopathogenic fungi and an evaluation of their actions against the larvae of the fall webworm, *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae). BioControl 65. 2020. 101-111 с.

8. Євтушенко М.Д., Байдик Г.В., Забродіна І.В. та ін. Сільськогосподарська ентомологія. Назви основних шкідників сільськогосподарських культур і лісових насаджень: навч. посібн. для студентів напряму «Захист і карантин рослин» за ред. М.Д. Євтушенка. Вид. 3-тє, перероб. і доп. Харків : ФОП Бровін О.В., 2016. 196 с.

9. Федоренко В.П. Шкідники сільськогосподарських рослин. Київ, 2018. 355 с.

10. Американський білий метелик. Велика українська енциклопедія. URL: <https://vue.gov.ua/> (дата звернення 12.02.2025 р.)

11. Американський білий метелик URL: <https://superagronom.com/shkidnikiluskokrili-lepidoptera/amerikanskiy-biliy-metelik-id16519> (дата звернення 18.02.2025 р.)

12. Американський білий метелик URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9%D0%B1%D1%96%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA> (дата звернення 21.02.2025 р.)

Олександра КРАВЧУК²,
студентка 3-го курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ЗАХИСТ РОСЛИН - ПРОБЛЕМА СОЦІАЛЬНА, ЕКОНОМІЧНА ТА ЕКОЛОГІЧНА.

Анотація: У статті захист рослин розглядається як багатогранне питання, що має соціальний, економічний та екологічний виміри. Особлива увага приділяється аналізу поточних викликів у секторі рослинництва, пов'язаних із

² Науковий керівник – Рудська Н.О., кандидат с.-г. наук, доцента кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

впливом шкідників, хвороб та бур'янів. Проаналізовано вплив традиційного та сучасного законодавства у сфері захисту рослин на навколишнє середовище та здоров'я людини. Також окреслено соціальні наслідки, такі як забезпечення продовольчої безпеки, зменшення ризику голоду та покращення умов життя. Економічні аспекти аналізуються з точки зору втрат врожаю, ефективності використання пестицидів та просування екологічно сталого сільського господарства. Дослідження підкреслює необхідність впровадження інтегрованого підходу до захисту рослин, який збалансовує ефективність, безпеку та екологічну стійкість.

Ключові слова: захист рослин, пестициди, шкідники, хвороби рослин, інтегрований захист рослин, екологічна стійкість, агроєкосистеми.

Annotation: The article discusses plant protection as a multifaceted issue with social, economic and environmental dimensions. Particular attention is paid to the analysis of current challenges in the crop sector related to the impact of pests, diseases and weeds. The impact of traditional and modern plant protection legislation on the environment and human health is analyzed. Social impacts, such as food security, reducing the risk of hunger, and improving living conditions, are also outlined. The economic aspects are analyzed in terms of crop losses, pesticide use efficiency, and the promotion of environmentally sustainable agriculture. The study emphasizes the need for an integrated approach to plant protection that balances efficacy, safety and environmental sustainability.

Keywords: plant protection, environmental safety, food security, pesticides, pests, plant diseases, integrated plant protection, sustainable agriculture, environmental sustainability, socio-economic aspects, agroecosystems.

Вступ. Захист рослин є одним з ключових викликів сучасного сільського господарства і відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки, захисті екосистем та підтримці економічної стабільності. Щороку втрати врожаю від шкідників та бур'янів сягають мільйонів тонн і мають значний вплив на світове продовольче забезпечення та доходи фермерів. Водночас, традиційні методи боротьби, включаючи широке використання хімічних засобів захисту рослин, загрожують екологічній рівновазі та здоров'ю людей.

Сучасні підходи до захисту рослин повинні враховувати багато факторів, включаючи соціальні, економічні та екологічні. З одного боку, є необхідність забезпечити стабільний урожай і нагодувати населення. З іншого боку, важливо мінімізувати шкоду навколишньому середовищу, запобігти деградації ґрунтів, зберегти біорізноманіття та уникнути негативного впливу на здоров'я населення через накопичення токсичних речовин у продуктах харчування та воді.

Важливість цієї теми зумовлена нагальною потребою пошуку ефективних і сталих підходів до захисту рослин в умовах глобальної зміни клімату, зростання чисельності населення та інтенсифікації сільського господарства. У цьому контексті інтегрований захист рослин, що поєднує біологічні, агрономічні, хімічні та інші підходи, є однією з найбільш перспективних стратегій.

Метою цієї статті є розгляд питань захисту рослин з різних точок зору: соціальної, економічної та екологічної. У статті проаналізовано основні проблеми, оцінено вплив сучасних методів захисту на різні аспекти сільського господарства та надано рекомендації щодо забезпечення сталого розвитку сектору.

Виклад основного матеріалу. Хоча багато досліджень продемонстрували роль заходів захисту рослин від шкідливих організмів, питання підвищення ефективної дії засобів захисту рослин з точки зору захисту навколишнього середовища залишається важливим. В першу чергу це стосується природних ресурсів, які є важливою складовою сільськогосподарського виробництва. Захист рослин у сільськогосподарському виробництві потребує комплексного вирішення зусиллями науковців, адміністративно-управлінського персоналу та контролюючих служб. Вони складають наукову основу, правові норми та їх впровадження в сільськогосподарське виробництво.

Однак слід зазначити, що сільськогосподарське виробництво все ще переживає економічну кризу. Це пов'язано не тільки з невирішеними проблемами в цьому секторі економіки, а й із загальними соціально-економічними проблемами країни, помилками, допущеними в перші роки реформування, та проблемами, специфічними для цього сектору [3]. Відсутність методичного опрацювання економіко-екологічної оцінки збалансованості застосування засобів захисту рослин від шкочинних організмів досить негативно впливає на екоекономіку сільськогосподарського виробництва та спричиняє проблеми у сфері охорони довкілля. Сьогодні майже всі організації різних форм власності в сільськогосподарському виробництві застосовують методи захисту рослин, які в першу чергу враховують економічну та соціальну вигоду. Однак проблема, пов'язана із захистом рослин у сільськогосподарському виробництві, не завжди знаходить спільне, збалансоване та загально визнане рішення.

Враховуючи біологічні особливості розвитку окремих видів і груп шкідників та їхню синхронізацію з рослинами у фенології, перед наукою стоїть завдання дослідження та розробки методів захисту рослин, які б збалансовували економічні та екологічні міркування в сільськогосподарському виробництві.

У нашій країні, яка має значний природно-ресурсний потенціал та стикається зі складними завданнями розміщення продуктивних сил, природні комплекси й природно-ресурсні території відіграють важливу роль у формуванні спеціалізації економіки регіонів і регіонального поділу праці. Значення природних ресурсів та навколишнього середовища в економіці регіонів, а також інтенсивний рівень їх використання визначають спектр завдань для природоохоронних заходів. Збереження невідновлюваних природних ресурсів має ґрунтуватися на їх максимально ефективному використанні та вирішуватися в рамках комплексного підходу. Щодо відновлюваних природних ресурсів, їх охорона полягає у забезпеченні стабільності природних циклів відтворення.

Залежно від структурованості сучасної екології, дану галузь знань поділяють на три основні частини:

1. біологічна екологія досліджує взаємозв'язки між живими організмами та їхнім навколишнім середовищем. Вона включає кілька напрямів: мікробну екологію, екологію грибів, екологію рослин, екологію тварин і палеоекологію. Ці напрями екології можна охарактеризувати через вивчення абіотичних екологічних факторів;

2. розділ 2 описує «Екосистеми та зелені сфери», які показують зв'язки між живими та неживими (абіотичними) організмами та спільнотами в межах основної бінарної структури Землі. Сюди входять екологія тундри та арктичних пустель, екологія лісу, екологія луків (екстенсивні луки, сухі луки), екологія пустель (глинисті пустелі, кам'яністі пустелі, піщані пустелі), екологія гір у різних кліматичних зонах та екологія островів. Наступна область екологічних знань – це взаємозв'язок між організмами, їхнім водним середовищем та їхніми взаємовідносинами один з одним. Це стосується річок, солоних озер, прісних озер, ставків, екології естуаріїв та морської екології.

3. вид екології, що вивчає геосферу і виходить за межі Землі. Вона також включає дисципліни екології, які не використовують спеціалізовані методи дослідження, такі як радіаційна екологія (рух атомів у природі) та хімічна екологія. Геоекологія аналізує біосферу як глобальну екосистему, яка існує і розвивається в часі і просторі.

Сучасна екологія також тісно пов'язана з мораллю і порушує питання екології та моралі, включаючи тепер уже неминучий екологічний вимір у своє розуміння ідеалів добра і зла, стандартів правильного і неправильного. Ці ж моральні принципи набувають форми правових норм, починаючи від легітимних місцевих звичаїв і закінчуючи міжнародним правом (морське право, екологічне право тощо), і разом з екологічними проблемами становлять об'єкт взаємовідносин між екологією і правом [1].

Розвиток екологічної перспективи відбувається на всіх етапах освіти і тому є предметом екологічної освіти та людського розвитку. Це включає сімейне виховання, соціальні дії, екологічну освіту в школах, університетах і на курсах безперервної освіти. Люди повинні знати, що станеться в майбутньому не тільки для них самих, але й для довкілля, яке вони залишать своїм дітям, і екологічне прогнозування виконує цю функцію. Екологічне прогнозування особливо важливе, коли мова йде про неминучу реорганізацію і перетворення природи в економічних цілях і потребах. Важливо знати, що ми можемо отримати і що можемо втратити не тільки в економічному, але й в екологічному плані.

Визнаючи важливість рослин у забезпеченні безпеки для продовольства та досягненні Цілей сталого розвитку (2015-2030), ООН оголосила 2020 рік «Міжнародним роком фітосанітарних рослин», зосередивши увагу на широкому впровадженні методів для збереження екології у системах захисту рослин. Основними цілями агроекологічного управління шкідливими організмами є забезпечення продовольчої безпеки, зниження негативного впливу на агроекосистеми та покращення екологічної безпеки, підвищення прибутковості сільськогосподарського виробництва за рахунок ефективного використання

матеріалів та природних ресурсів, розгляд збалансованого розвитку агроєкосистем.

Сучасні агротехнології повинні орієнтуватися на інтегровані методи захисту рослин (ІЗР), які забезпечують екологічну безпеку агроєкосистем і високу якість сільськогосподарської продукції. Такі підходи враховують кліматичні зміни та уникають застосування хімічних засобів, які негативно впливають на довкілля і здоров'я людей. Зміни клімату та антропогенний вплив спричиняють трансформацію екосистем і створюють сприятливі умови для розмноження шкідників і патогенів рослин [5].

Інтегрований захист рослин базується переважно на використанні екологічно безпечних заходів, таких як організаційні, агрономічні та біологічні методи, а також сприяє розробці сортів рослин, стійких до шкідників. Використання хімічних засобів, зокрема інсектицидів, допускається лише в тих випадках, коли інші методи не дозволяють знизити чисельність шкідників до економічно безпечного рівня.

Порівняно з традиційними хімічними методами захисту рослин інтегрований захист рослин потребує вищого рівня наукового забезпечення, організації моніторингу стану рослин, оперативного прогнозування поширення небезпечних організмів та шкідників і на цій основі оптимального планування та впровадження безпечних для екології заходів захисту рослин. Беззмінні посіви, короткострокові сівозміни, порушення агротехніки, використання пестицидів з порушенням норм їх якості та регламентів застосування і, найголовніше, відсутність державного контролю призвели до погіршення фітосанітарного стану агроєкосистем та зниження їх стійкості до змін клімату. Коротше кажучи, здатність сучасних агроєкосистем протистояти пошкодженню шкідниками є низькою і нестабільною. Як наслідок, агроєкосистеми характеризуються високою вразливістю до шкідників і високим потенціалом погіршення загального стану здоров'я рослин. Дотримання екологічно безпечної структури посівних площ і сівозмін та збільшення різноманітності культур є однією з передумов збалансованої агроєкосистеми. Це не тільки забезпечує високу продуктивність і родючість ґрунту, але й оптимізує фізіологічний стан рослин [2].

Аналіз успішних агроєкологічних практик у боротьбі зі шкідниками та хворобами свідчить, що збалансованість агроєкосистеми може бути досягнута шляхом управління двома ключовими аспектами: створення оптимального середовища в агрофітоценозі та підвищення родючості й здоров'я ґрунтів. Це реалізується через взаємопов'язані агротехнічні заходи, які спрямовані на управління агрофітоценозами та ґрунтовим середовищем, оскільки синергія між різноманітністю рослин і станом ґрунту є основою цілісності агроєкосистеми (рис. 1). Проте протягом тривалого часу методології розробки інтегрованих підходів до боротьби зі шкідниками (IPM) та управління родючістю ґрунтів (ISFM) залишалися роз'єднаними [4].

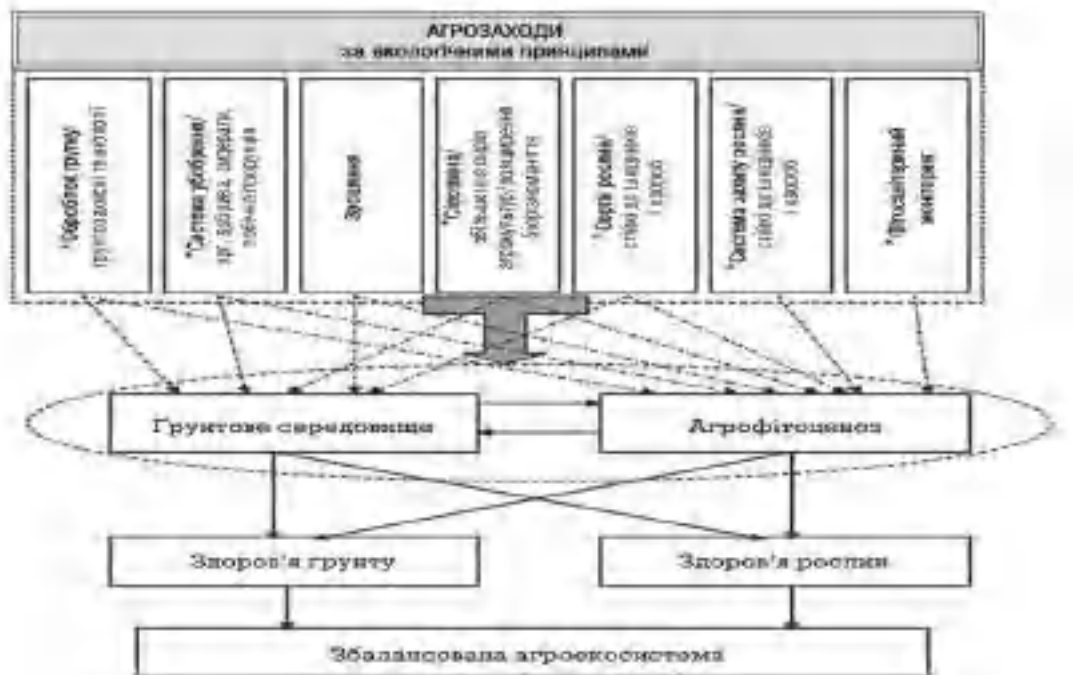


Рис. 1. Забезпечення формування збалансованої агроєкосистеми

Найбільшими перевагами використання методів агроєкологічного контролю, які забезпечують створення збалансованої сільськогосподарської екосистеми, є наступні:

1. підвищення стійкості агроєкосистеми та більш ефективне
2. використання природних ресурсів;
3. використання місцевих природних ресурсів;
4. зменшення негативного впливу на навколишнє середовище;
5. збільшення біорізноманіття;
6. покращення стану ґрунту, збільшення вмісту органічної речовини та зменшення ерозійних процесів; зменшення викидів парникових газів, поглинання вуглецю в ґрунті, збалансований кругообіг азоту;
7. покращення якості та безпеки сільськогосподарської продукції; більш ефективне використання ресурсів.

За даними О.Д. Козаренко (2013 р.), використання гумітів у вирощуванні сільськогосподарських культур дозволяє суттєво зменшити хімічне навантаження на агроєкосистеми. Зокрема, норми внесення фунгіцидів скорочуються на 20-25 %, а добрив – на 20-30 %, при цьому врожайність залишається на стабільному рівні. Обробка посівів гумітами покращує якість врожаю: підвищується вміст сухих речовин, білків, вітамінів та жирів, залежно від культури, а також зменшується концентрація нітратів, залишків пестицидів і важких металів [1].

Головна увага зосереджена на екологічному підході до інтегрованих систем захисту рослин, що включає раціональне поєднання агротехнічних, хімічних, біологічних, фізичних та інших методів у посівах різних культур. Основним принципом сучасного природокористування має бути

екологоекономічний підхід, який спрямований на отримання найбільшого прибутку за найменших витрат і мінімізованого негативного впливу на довкілля.

Висновок. Проблема захисту рослин є багатогранною і потребує комплексного підходу, що враховує соціальні, економічні та екологічні аспекти. Аналіз показує, що шкідники та бур'яни завдають значної шкоди сільськогосподарському сектору, призводячи до втрат врожаю, зниження якості продукції та економічних збитків. Водночас, традиційні методи захисту рослин, включаючи надмірне використання хімікатів, негативно впливають на екосистеми, сприяють забрудненню ґрунту, води та продуктів харчування, а також становлять ризик для здоров'я людей.

Цей документ підкреслює важливість переходу до інтегрованих систем захисту рослин, які раціонально використовують біологічні, агрономічні, хімічні та інші методи. Такий підхід дозволяє мінімізувати хімічне навантаження на навколишнє середовище при збереженні високої продуктивності сільського господарства. Впровадження інноваційних технологій, зокрема використання гуматів та інших природних стимуляторів, може сприяти підвищенню якості врожаю та зменшенню екологічних ризиків.

Забезпечення продовольчої безпеки в умовах глобальної зміни клімату, зростання населення та інтенсифікації сільського господарства вимагає стійкого балансу між економічною ефективністю та екологічною відповідальністю. Еколого-економічні принципи в управлінні природокористуванням мають стати основою для формування стратегій сталого розвитку аграрного сектору, які забезпечують досягнення високої продуктивності без шкоди для екосистем.

Тому впровадження інтегрованого підходу до захисту рослин є важливою умовою сталого розвитку сільського господарства, що сприяє підвищенню якості життя людей, збереженню природних ресурсів та забезпеченню екологічної стійкості в довгостроковій перспективі.

Список використаної літератури

1. Мельник П.П. Економіко-екологічна збалансованість у системі захисту рослин. *Наукові праці МАУП*. Київ. 2008. №3(19). С. 34–37
2. Гейд О.П. Еколого-економічні проблеми аграрного виробництва в регіоні та напрями їх вирішення. *Ефективна економіка*. 2011. №12 С. 23–27. (дата звернення 15.01.2025).
3. Мостов'як І.І. Інтегрована система захисту рослин у формуванні збалансованих агроекосистем. *Екологія: збалансоване природокористування*. 2020. №1. С. 77–86.
4. Цапко Н.С. Екологічна безпека – проблеми і шляхи вирішення: збірник наукових статей. Харків. 2023. 409 с.
5. Безпалько В.В., Жукова Л.В. Екологічна безпека сучасних систем захисту рослин. *Інженерія природокористування*. 2020. №4(18). С. 133–138.

Діана БАГРІЙ³
студентка 2 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ЕКОЛОГІЧНА ТА АГРОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОРГАНІЧНИХ І МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ У ПІДВИЩЕННІ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ

***Анотація.** У даній статті розглядається застосування органічних та мінеральних добрив для підвищення родючості ґрунтів. Описано основні типи добрив, їх вплив на фізико-хімічні властивості ґрунтів, а також на зростання й розвиток сільськогосподарських культур. Зазначено переваги кожного виду добрив, серед яких підвищення врожайності, покращення якості плодів та стабілізація хімічного складу ґрунтів. Окремо розглянуто недоліки використання добрив, зокрема ризики для навколишнього середовища та зміни в характеристиках ґрунтів при тривалому застосуванні. Водночас наголошено на важливості збалансованого використання добрив для забезпечення стійкого підвищення родючості ґрунтів та збереження екологічної рівноваги.*

***Ключові слова:** органічні добрива, мінеральні добрива, родючість ґрунтів.*

***Annotation.** This article discusses the use of organic and mineral fertilizers to increase soil fertility. The main types of fertilizers are described, their impact on the physicochemical properties of soils, as well as on the growth and development of crops. The advantages of each type of fertilizer are noted, including increased yield, improved fruit quality, and stabilization of the chemical composition of soils. The disadvantages of fertilizer use are separately noted, in particular, risks to the environment and changes in the characteristics of soils with prolonged use. At the same time, the importance of balanced fertilizer use is emphasized to ensure a sustainable increase in soil fertility and maintain ecological balance.*

***Keywords:** organic fertilizers, mineral fertilizers, soil fertility, physicochemical properties of soil.*

Вступ. Оскільки тенденція до сталого та органічного сільського господарства набуває все більшої популярності, зростає інтерес великих фермерських господарств та виробників харчових продуктів до використання натуральних добрив. Повний перехід на органічне землеробство, хоча й пов'язаний із певними труднощами та компромісами, може бути значно полегшений завдяки частковому впровадженню органічних добрив, що

³ Науковий керівник: ст. викладач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії ВНАУ
Ліна БРОННІКОВА

сприятиме прискоренню цього процесу. Органічні добрива, завдяки своєму природному походженню, мають здатність суттєво поліпшувати стан ґрунту, знижувати залежність від синтетичних хімікатів і сприяти сталому розвитку навколишнього середовища. У той самий час мінеральні добрива, які містять основні макро- та мікроелементи, необхідні для росту рослин, забезпечують швидке та ефективне підживлення, підвищуючи врожайність і покращуючи якісні характеристики продукції. Їх застосування дозволяє коригувати хімічний склад ґрунту та підтримувати оптимальні умови для розвитку сільськогосподарських культур. Важливо зазначити, що поєднання органічних та мінеральних добрив дозволяє досягти найбільш ефективних результатів, забезпечуючи не лише високий урожай, а й збереження екологічної рівноваги та стійке використання природних ресурсів [1,2].

Виклад основного матеріалу. Органічні добрива – це природні речовини, які підвищують родючість ґрунтів та живлять рослини без використання синтетичних хімікатів. Вони здобуваються з рослинних і тваринних джерел, а також із відходів органічного походження. Завдяки повільному розкладу, органічні добрива поступово постачають рослинам необхідні елементи живлення, забезпечуючи їх здоровий розвиток і підвищуючи якість врожаю [3].

Органічні добрива мають ряд переваг, що сприяють їх популярності серед аграріїв та садівників:

- Екологічність: Органічні добрива одержуються з природних матеріалів (компост, торф, гній), які не містять синтетичних компонентів. Їх використання зменшує ризик забруднення ґрунту та водних ресурсів, сприяючи збереженню довкілля та здоров'ю людини.

- Поступове живлення рослин: Добрива природного походження розкладаються повільно, забезпечуючи рослини необхідними елементами протягом тривалого часу. Це сприяє рівномірному розвитку рослин і забезпечує стабільне зростання на всіх етапах їхнього життєвого циклу.

- Збільшення родючості ґрунту: Органічні добрива покращують структуру ґрунту, підвищують його водопроникність і вміст органічної речовини. Вони також стимулюють активність корисної мікрофлори, що сприяє мінералізації органічних речовин та покращує засвоєння поживних елементів рослинами.

- Довготривала дія: Оскільки органічні добрива розкладаються повільно, вони забезпечують рослини поживними речовинами протягом усього вегетаційного періоду, що зменшує потребу в частому внесенні добрив.

- Зменшення витрат: Використання органічних добрив підвищує стійкість рослин до хвороб і шкідників, що знижує витрати на пестициди та інші засоби захисту рослин.

Крім того, органічні добрива допомагають зберігати та поліпшувати біорізноманіття ґрунтів, адже вони підтримують розвиток корисних мікроорганізмів, що є важливим елементом екологічної рівноваги в агроєкосистемах. Їх використання також сприяє покращенню утримання вологи в ґрунті, що є важливим фактором в умовах змін клімату [4,5].

Недоліки органічних добрив:

- Низька концентрація поживних речовин: У порівнянні з мінеральними добривами, органічні мають значно менший вміст основних елементів живлення, таких як азот, фосфор і калій. Наприклад, у 100 кг гною міститься близько 1,5% азоту, тоді як у мінеральних добривах (селітра) цей показник може досягати 35%. Це вимагає значно більших обсягів внесення органічних добрив для досягнення того ж результату.

- Повільна дія: Органічні добрива розкладаються повільно, поступово вивільняючи поживні речовини. Це знижує їх ефективність у порівнянні з мінеральними добривами, тому їх потрібно вносити завчасно, щоб забезпечити своєчасне підживлення рослин.

- Нерівномірний вміст елементів: Склад органічних добрив залежить від способу їх підготовки та умов виробництва. Вміст азоту, калію, кальцію, сірки та фосфору може значно коливатися, що ускладнює точне дозування поживних речовин для рослин [6].

Основні джерела органічних добрив тваринного походження — це гній та побічні продукти тваринництва, які зазвичай містять вищий вміст азоту і є ефективними для підживлення культур, що потребують цього елемента в значних кількостях, таких як кукурудза та листові овочі.

Види тваринних органічних добрив:

- Коров'ячий гній — найпоширеніший вид, що має збалансований склад поживних речовин, добре підходить для багатьох видів сільськогосподарських культур.

- Кісткове борошно — джерело кальцію та фосфору, що стимулює розвиток кореневої системи та покращує цвітіння рослин.

- Пір'яне борошно — забезпечує рослини органічним азотом з повільним вивільненням, що є корисним для покращення якості та кількості врожаю.

- Пташиний послід — містить до 13 основних елементів живлення, необхідних для повноцінного росту і розвитку рослин.

- Кінський гній — відзначається високим вмістом азоту, що робить його ефективним для стимулювання росту культур, зокрема для овочів та декоративних рослин.

- Рибне борошно є цінним джерелом азоту та фосфору, необхідних для повноцінного розвитку рослин.

Додатково можна зазначити, що ефективність органічних добрив також залежить від виду ґрунту та кліматичних умов. Наприклад, для важких глинистих ґрунтів органічні добрива можуть значно полегшити структуру ґрунту і покращити його водопроникність, у той час як на піщаних ґрунтах вони сприяють утриманню вологи та поживних речовин. Крім того, органічні добрива також допомагають покращити мікробіологічний стан ґрунтів, що є важливим фактором для підтримки стійкості екосистеми в довгостроковій перспективі[2,7].



Рис. 1. Використання коров'ячого гною як добрива [8]

Добрива на основі рослин, які здебільшого отримують з відходів сільського господарства, є ефективним рішенням для підвищення самодостатності фермерських господарств. Вони швидко розкладаються, збагачуючи ґрунт необхідними поживними речовинами, а також покращують його структуру, особливо на ділянках з поганим дренажем або низькою здатністю утримувати вологу. Такі добрива дозволяють знизити залежність від синтетичних засобів та забезпечити сталий розвиток агроєкосистеми.

Основні види рослинних органічних добрив:

- Люцернове борошно або гранули — містить значну кількість калію та азоту, не забруднене насінням бур'янів, що робить його відмінним вибором для підвищення родючості ґрунту.
- Кукурудзяне глютенівне борошно — азотовмісне добриво з поступовим вивільненням елементів, корисне для листових овочів та культур, які потребують високого рівня азоту.
- Зола — джерело калію та мікроелементів, активно використовується для нейтралізації кислих ґрунтів, а також для збагачення ґрунтів вапном та іншими мікроелементами.
- Торф — допомагає регулювати рН ґрунту, забезпечуючи магнієм, кальцієм та іншими важливими елементами. Його застосування сприяє покращенню структури ґрунтів, особливо на кислих та кислуватих ділянках.
- Компост — забезпечує поступове вивільнення азоту, фосфору та калію, хоча й у низькій концентрації. Такий вид добрива ідеальний для органічного землеробства, оскільки він сприяє підвищенню загального рівня родючості ґрунту.
- Препарати з морських водоростей — багаті на макро- і мікроелементи, а також на гормони росту, що стимулюють розвиток кореневої системи та загальний ріст рослин.

Використання рослинних добрив на основі природних ресурсів дає можливість не лише покращити характеристики ґрунтів, але й зменшити навантаження на навколишнє середовище, а також мінімізувати витрати на купівлю мінеральних добрив і пестицидів. Водночас важливо правильно оцінювати тип ґрунту, кліматичні умови та потреби культур, щоб обрати найбільш ефективне добриво для конкретного господарства [2,9].



Рис. 2. Застосування золи як добрива [10]

Мінеральні добрива є важливим елементом інтенсивного землеробства, оскільки вони містять всі необхідні для рослин поживні елементи, які сприяють їх росту, розвитку та продуктивності. Ці добрива складаються з різноманітних неорганічних сполук, які забезпечують ґрунт основними макро- та мікроелементами. Використання мінеральних добрив є однією з найбільш ефективних і поширених практик для підвищення родючості ґрунтів, а також для поліпшення якості та кількості врожаю. Вони сприяють оптимізації хімічного складу ґрунту, що, в свою чергу, забезпечує баланс необхідних елементів і позитивно впливає на врожайність сільськогосподарських культур [11].

Мінеральні добрива поділяються на кілька видів залежно від основного елемента, що входить до їх складу: азотні, фосфатні, калійні та комплексні добрива.

Азотні добрива відповідають за формування листя, ріст пагонів і загальну продуктивність рослин. Ці речовини особливо необхідні для підзолистих ґрунтів, де вони сприяють покращенню стану рослин. Нестача азоту призводить до ослаблення рослин і зниження їх продуктивності, тоді як надлишок може негативно впливати на їх розвиток, сповільнюючи ріст і порушуючи баланс між вегетативною частиною рослин та плодоношенням. Азот вносять навесні та до середини літа у вигляді розчинів чи гранул. Задля зменшення екологічного навантаження часто використовуються форми в капсулах, що повільно розчиняються, що дає змогу зберегти корисну речовину протягом більш тривалого часу.



Рис. 3. Аміачна селітра як азотне добриво [11]

Фосфатні добрива сприяють підвищенню цукристості плодів і покращенню їх смакових характеристик. Дефіцит фосфору може уповільнювати розвиток рослин і затримувати дозрівання плодів. Найбільша потреба в фосфорі виникає під час цвітіння і формування плодів. Фосфорні добрива вносяться в ґрунт до посіву або ж закопуються на глибину 40-50 см поблизу коренів рослин.



Рис. 4. Застосування суперфосфату як фосфорного добрива [11]

Калійні добрива важливі для фотосинтезу, вони підвищують стійкість рослин до несприятливих умов і покращують якість плодів. Нестача калію проявляється у висиханні країв листя, що може стати ознакою його дефіциту. Оскільки калійні добрива можуть містити хлор, вони не рекомендуються для чутливих до хлору культур. Внесення калійних добрив здійснюють восени, з огляду на необхідність вапнування ґрунту, особливо для піщаних та легких ґрунтів, де вапнування допомагає знижувати кислотність і покращує засвоєння інших елементів.



Рис. 5. Калійні добрива [11]

Комплексні добрива містять кілька поживних елементів одночасно, наприклад, азотно-калієві або фосфорно-азотно-калієві, що забезпечує комплексне живлення рослин.

Кожен тип мінеральних добрив виконує свою специфічну роль в розвитку рослин, тому правильний підбір і дозування залежно від виду культури і характеристик ґрунту є важливими для забезпечення максимальної ефективності

їх застосування. Водночас, варто пам'ятати, що надмірне або несвоєчасне використання мінеральних добрив може призвести до негативних наслідків для навколишнього середовища та здоров'я людини, тому варто дотримуватися правильних норм і технологій їх внесення [12, 13].

Переваги використання мінеральних добрив:

- Збільшення обсягів урожаю: Мінеральні добрива забезпечують швидке та ефективне живлення рослин, що сприяє їх високій продуктивності.
- Покращення якісних і смакових характеристик плодів: Внесення мінеральних добрив стимулює оптимальний розвиток рослин, що забезпечує кращі смакові та зовнішні характеристики плодів.
- Захист від шкідників та інфекцій: Правильне внесення добрив може підвищити стійкість рослин до шкідників і хвороб.
- Регуляція хімічного складу ґрунту: Мінеральні добрива дозволяють точно контролювати вміст основних елементів у ґрунті, що сприяє здоровому росту рослин.
- Зручність зберігання та використання: Мінеральні добрива, як правило, легше зберігати та застосовувати, ніж органічні добрива.
- Доступність за ціною: Мінеральні добрива зазвичай дешевші в порівнянні з органічними і доступніші для широкого кола користувачів.

Недоліки використання мінеральних добрив:

- Необхідність суворого дотримання інструкцій щодо застосування: Неконтрольоване застосування мінеральних добрив може призвести до їх надмірної концентрації в ґрунті і забруднення навколишнього середовища.
- Можливе погіршення характеристик ґрунту при тривалому використанні: Постійне використання мінеральних добрив може призвести до виснаження ґрунту та зниження його природної родючості.
- Ризик потрапляння добрив у ґрунтові води та атмосферу: Надмірне використання мінеральних добрив може сприяти забрудненню водоносних шарів та забрудненню атмосфери.

Для зниження потенційних недоліків, рекомендується використовувати мінеральні добрива в оптимальних дозах і в поєднанні з органічними добривами, що дозволяє збалансувати вплив на ґрунти та навколишнє середовище [14, 15].

Висновок. Використання органічних та мінеральних добрив є важливим інструментом для підвищення родючості ґрунтів та забезпечення високих урожаїв. Органічні добрива покращують структуру ґрунту, збільшують його водоутримуючу здатність та збагачують мікроорганізмами, що сприяє довгостроковому покращенню його здоров'я. Мінеральні добрива, у свою чергу, забезпечують швидкий доступ рослин до необхідних поживних елементів, що підвищує врожайність та якість продукції. Водночас, надмірне використання будь-якого типу добрив може призвести до негативних екологічних наслідків, таких як забруднення ґрунтових вод і порушення біологічного балансу. Тому для досягнення стійкої родючості ґрунтів необхідно застосовувати збалансовані системи добрив, що поєднують переваги органічних і мінеральних підживлень, з урахуванням специфіки ґрунтів та потреб сільськогосподарських культур.

Список використаної літератури

1. Воробей П.М. Органічні добрива: ефективність застосування землеробстві. Журнал «Агрономія та екологія». 2021. №4. с. 45–51.
2. Чарлінка В. Органічні добрива та переваги природного підживлення. EOS DATA ANALYTICS. 17.06.2024. URL: <https://eos.com/uk/blog/orhanichnidobryva/> (дата звернення 04.03.2025).
3. Круглик Б. Органічні добрива: що це, види та норми внесення. WEARGO. 28.11.2024. URL: <https://weagro.com.ua/blog/organichni-dobryva-shhocze-vydy-ta-normy-vnesennya/> (дата звернення 05.03.2025).
4. Тихомиров А.С. Підвищення врожайності за допомогою органічного удобрення. Збірник наукових праць «Інноваційне землеробство». Харків: ХНАУ, 2021. Вип. 13. с.72–78.
5. Органічні удобрення – джерело життя для рослин – переваги і недоліки. Vegetable Садова Магія. 20.03.2024. URL: <https://vegetable.com.ua/organichniudobrennya-perevagi-i-nedoliki-korisna-informatsiya-vid-profesionaliv/> (дата звернення 05.03.2025).
6. Смакота Я. Що таке органічні добрива: види, характеристика, застосування. agroapp. 24.04.2023. URL: <https://agroapp.com.ua/uk/blog/shho-take-organichni-dobryva-vidi-xarakteristika-zastosuvannya/#:~:text=%D0%97%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%B2%D1%80%D0%BE%D0%B6%D0%B0%D1%8E.,%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%83%D1%80%D1%81%D1%96%D0%B2%20%D1%82%D0%B0%20%D0%BE%D1%85%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%96%20%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%88%D0%BD%D1%8C%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%89%D0%B0> (дата звернення 07.03.2025).
7. Романенко І.Д. Ефективність використання гною як органічного добрива. Збірник наукових праць «Аграрна наука і практика». Дніпро: ДДАУ, 2020. с. 118–123.
8. Використання коров'ячого гною як добрива. Cash-Flow. URL: <https://cashflow.com.ua/vikoristannya-korovyachogo-gnoyu-yak-dobryvo/> (дата звернення 09.03.2025).
9. Іваненко П.Г. Особливості внесення золи як джерела калію та фосфору в ґрунт. Журнал «Землеробство». 2022. Т. 78, №2. с.34–38.
10. Шварц К. Навіщо золу додають у ґрунт та для яких рослин вона смертельна: що важливо знати. Unian Lite. 20.04.2023. URL: <https://www.unian.ua/lite/ogorod/zola-yak-dobryvo-yak-pravilno-vibratipidgodivlyu-12222081.html> (дата звернення 10.03.2025).
11. Мінеральні добрива: різновиди та особливості застосування. VseRoste. URL: <https://vseroste.com.ua/blog/mineralni-dobryva-riznovidi-ta-osoblivostizastosuvannya?srsId=AfmBOopIz3->

звернення 10.03.2025).

12. Мінеральні добрива, їх необхідність та застосування. *АгроЛіга*. 26.07.2024.

[URL:https://agro-liga.com/mineralni-dobryva-yih-neobhidnist-tazastosuvannya/?srsltid=AfmBOop84G9P2cYW0c6o6MdpKd-r_tN1MtqipGimq5MztM8gzJIRFm5](https://agro-liga.com/mineralni-dobryva-yih-neobhidnist-tazastosuvannya/?srsltid=AfmBOop84G9P2cYW0c6o6MdpKd-r_tN1MtqipGimq5MztM8gzJIRFm5) (дата звернення 12.03.2025).

13. Лещенко Л.І. Екологічні аспекти використання органічних добрив. Монографія. Київ: Агропрес, 2020. с.156.

14. Смакота Я. Мінеральні добрива: види, характеристика, застосування. *agroapp*. 20.02.2024. [URL:https://agroapp.com.ua/uk/blog/mineralni-dobryva-vydyharakterystyka-zastosuvannya/](https://agroapp.com.ua/uk/blog/mineralni-dobryva-vydyharakterystyka-zastosuvannya/) (дата звернення 13.03.2025).

15. Семенюк О.О. Комплексне застосування органічних і мінеральних добрив. Підручник для студентів аграрних університетів. Львів: ЛНАУ, 2019. с.240.

Олександр БАСІСТИЙ⁴,

студент 1 курсу,

факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,

Вінницький національний аграрний університет,

Вінниця, Україна.

БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОДИНИ ПАСЛЬОНОВІ (SOLANACEAE)

Анотація. *Родина Пасльонові (Solanaceae) є однією з найвизначніших груп квіткових рослин, що вирізняється багатством видового складу, генетичною різноманітністю та екологічною адаптивністю. У статті представлено детальний аналіз систематичного положення родини в порядку Solanales, її еволюційного розвитку від пізнього крейдового періоду, а також морфологічних і анатомічних особливостей, які забезпечують адаптацію до різноманітних умов. Особливу увагу приділено хімічному складу, зокрема біосинтезу стероїдних і тропанових алкалоїдів, що відіграють ключову роль у захисті рослин і мають фармакологічне значення. Проаналізовано геномні характеристики ключових родів – Solanum, Capsicum, Nicotiana – із акцентом на поліплоїдію, молекулярну регуляцію метаболізму та їхнє значення як модельних об'єктів у генетиці. Екологічні взаємодії, включаючи симбіоз із мікроорганізмами та вплив на біорізноманіття, розглянуто в контексті глобального поширення та локальних особливостей в Україні. Господарське значення Пасльонових охоплює сільське господарство, медицину й біотехнології, а сучасні дослідження, зокрема застосування CRISPR/Cas9, відкривають перспективи для їхнього*

⁴Науковий керівник – Яковець Л.А., кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

вдосконалення. Матеріал ґрунтується на актуальних наукових даних і літературних джерелах.

Ключові слова: пасльонові, квіткові рослини, алкалоїди, еволюція, біосинтез, екологія, біотехнології.

Annotation. The Solanaceae family stands out as one of the most prominent groups of flowering plants, characterized by extensive species diversity, genetic variability, and ecological adaptability. This article provides a comprehensive analysis of the family's systematic position within the Solanales order, its evolutionary history tracing back to the Late Cretaceous, and the morphological and anatomical traits that enable adaptation to diverse environments. Special focus is placed on the chemical composition, particularly the biosynthesis of steroidal and tropane alkaloids, which play a critical role in plant defense and possess pharmacological importance. Genomic features of key genera – *Solanum*, *Capsicum*, *Nicotiana* – are explored, emphasizing polyploidy, molecular regulation of metabolism, and their role as model organisms in genetic studies. Ecological interactions, including symbiosis with microorganisms and contributions to biodiversity, are examined in the context of global distribution and regional specifics in Ukraine. The economic significance of Solanaceae spans agriculture, medicine, and biotechnology, while modern research, such as CRISPR/Cas9 applications, highlights prospects for their enhancement. The study relies on current scientific data and literature sources.

Keywords: solanaceae, flowering plants, alkaloids, evolution, biosynthesis, ecology, biotechnology.

Вступ. Родина Пасльонові (*Solanaceae*) є однією з найчисельніших і найвпливовіших груп покритонасінних рослин, що належить до порядку *Solanales* класу Дводольні (*Magnoliopsida*). За сучасними оцінками, вона об'єднує близько 2700 видів у 98 родах, що відображає її видатну різноманітність і здатність до адаптації [1].

Пасльонові мають тропічне походження, із основним центром диверсифікації в Неотропіках – регіоні Центральної та Південної Америки, де археологічні дані свідчать про культивування картоплі (*Solanum tuberosum*) ще 8000 років тому. Звідти родина поширилася на всі континенти, колонізуючи як тропічні, так і помірні кліматичні зони, що стало можливим завдяки унікальним морфологічним, генетичним і біохімічним адаптаціям.

Науковий інтерес до Пасльонових зумовлений не лише їхнім господарським значенням, а й роллю в фундаментальних дослідженнях. Такі види, як томат (*Solanum lycopersicum*) і тютюн (*Nicotiana tabacum*), стали модельними об'єктами для вивчення генетики, молекулярної біології та фізіології рослин. Геномне секвенування цих видів відкрило нові горизонти для розуміння еволюційних процесів, зокрема подвоєння геномів (поліплоїдії) та регуляції синтезу вторинних метаболітів. Водночас біохімічна складність Пасльонових, зокрема наявність алкалоїдів (соланін, нікотин, атропін), робить їх ключовими об'єктами для фармакології та екології. Ці сполуки не лише

захищають рослини від патогенів і фітофагів, а й мають значний вплив на людину – від токсичності до терапевтичного застосування.

Екологічна роль родини не менш важлива: Пасльонові беруть участь у формуванні біорізноманіття, взаємодіючи з комахами-запилювачами, мікроорганізмами та іншими рослинами. В Україні ця родина представлена як культурними видами (картопля, томати, перець), так і дикорослими (*Solanum nigrum*, *Datura stramonium*), що адаптувалися до місцевих умов. Сучасні біотехнологічні підходи, такі як редагування геномів за допомогою CRISPR/Cas9, відкривають перспективи для створення стійких сортів і оптимізації виробництва біологічно активних речовин. У цій статті розглянуто систематику, еволюцію, генетику, хімічний склад, екологічні взаємодії та практичне значення Пасльонових із акцентом на найновіші наукові досягнення.

Виклад основного матеріалу. Систематичне положення та еволюція. Пасльонові входять до порядку *Solanales*, який об'єднує їх із родиною В'юнкові (*Convolvulaceae*) на основі молекулярно-філогенетичних даних. Аналіз ДНК (зокрема генів *rbcL* і *matK*) підтверджує монофілетичність родини, вказуючи на її походження від спільного предка в пізньому крейдяному періоді (близько 70 млн років тому) [2]. Еволюція Пасльонових пов'язана з адаптацією до тропічних умов, а подальша диверсифікація – з колонізацією помірних зон.

Найчисельніший рід *Solanum* (понад 1500 видів) є прикладом швидкої видоутворюючої радіації, що пояснюється геномною пластичністю та гібридизацією. Наприклад, геном картоплі (*Solanum tuberosum*) має 12 хромосом ($2n=48$) і є тетраплоїдним, що свідчить про давню подію подвоєння геному [3]. Морфологічні та анатомічні особливості. Рослини родини Пасльонові варіюють від однорічних трав (*Solanum nigrum*) до багаторічних кущів (*Solanum quitoense*) і дерев (тропічних видів). Листки прості, чергові, іноді лопатеві, з трихомами (волосками), які можуть виділяти захисні речовини. Анатомічно листки мають добре розвинену губчасту паренхіму, що сприяє фотосинтезу в умовах високої вологості.

Квітки актиноморфні, п'ятичленні, з трубчастим або дзвоникоподібним віночком.

Тичинки часто мають пористі пиляки, що полегшує запилення комахами (ентомофілія). Плоди – ягоди (*Solanum lycopersicum*), коробочки (*Nicotiana tabacum*) або кістянки, із насінням, багатим на ендосперм.

Генетика та геноміка. Геноміка Пасльонових є однією з найрозвиненіших галузей ботаніки завдяки модельним видам, таким як *Solanum lycopersicum* (томат), чий геном повністю секвеновано у 2012 році [4]. Геном томата містить близько 35 000 генів. Аналогічно, геном картоплі був розшифрований, виявивши численні гени, пов'язані з біосинтезом крохмалю та алкалоїдів.



Рис. 1. Анатомічна схема квітки *Solanum*.

Генетична різноманітність родини зумовлена частими подіями поліплоїдії та горизонтальним переносом генів. Наприклад, рід *Capsicum* демонструє хромосомні варіації ($2n=24$ або 26), що впливають на гостроту перцю через ген *Capsaicin synthase* [6].

Хімічний склад і біосинтез. Пасльонові синтезують широкий спектр вторинних метаболітів, серед яких домінують стероїдні алкалоїди та тропанові алкалоїди. Основні сполуки представлені в таблиці 1 [7].

Таблиця 1. Основні алкалоїди Пасльонових та їхні властивості

Вид	Алкалоїд	Хімічна формула	Концентрація (% сухої маси)	Біологічна роль
<i>Solanum tuberosum</i>	Соланін	$C_{45}H_{73}NO_{15}$	0,01-0,05	Антифітофагічна дія
<i>Nicotiana tabacum</i>	Нікотин	$C_{10}H_{14}N_2$	0,5-5,0	Нейротоксин
<i>Atropa belladonna</i>	Атропін	$C_{17}H_{23}NO_3$	0,3-0,6	Антихолінергічна дія
<i>Datura stramonium</i>	Скополамін	$C_{17}H_{21}NO_4$	0,2-0,4	Седативна дія

Біосинтез алкалоїдів відбувається через шлях шикімату та мевалонатний шлях, із ключовими ферментами, такими як путресцин-N-метилтрансфераза (PMT) і тропіонредуктаза (TR). Генетична регуляція цих шляхів залежить від транскрипційних факторів MYB і WRKY [8].

Екологічні взаємодії. Пасльонові беруть участь у складних екологічних мережах. Їхні алкалоїди захищають від фітофагів (наприклад, колорадського жука на картоплі), але приваблюють специфічних запилювачів, таких як джмелі, завдяки нектару й аромату. Деякі види (*Solanum nigrum*) є піонерними рослинами, колонізуючи порушені ґрунти.

Мікробні взаємодії також важливі: коренева система *Solanum tuberosum* асоціюється з азотфіксуючими бактеріями (*Rhizobium*), що підвищує родючість ґрунту [9].

Господарське значення. Пасльонові мають глобальне економічне значення.

Картопля забезпечує 17% світового виробництва крохмалю, а помідори – важливе джерело антиоксидантів (лікопіну). У медицині атропін із беладони застосовується як міотик і спазмолітик.

Поширення та екологія в Україні. Поширення дикорослих пасльонових в Україні

Південний степ:

- Беладонна звичайна (*Atropa belladonna*)
- Дурман звичайний (*Datura stramonium*)
- Паслін чорний (*Solanum nigrum*) Лісостеп:
- Беладонна звичайна (*Atropa belladonna*)
- Дурман звичайний (*Datura stramonium*)
- Паслін чорний (*Solanum nigrum*)
- Фізаліс звичайний (*Physalis alkekengi*) Полісся:
- Паслін солодко-гіркий (*Solanum dulcamara*)
- Фізаліс звичайний (*Physalis alkekengi*) Карпати:
- Беладонна звичайна (*Atropa belladonna*)
- Паслін солодко-гіркий (*Solanum dulcamara*)
- Особливості поширення: Більшість видів пасльонових віддають перевагу теплим і сонячним місцям, тому вони найбільш поширені в південних регіонах України.

• Деякі види, такі як паслін солодко-гіркий, більш стійкі до холоду і можуть зустрічатися в північних регіонах і в Карпатах.

- Дурман звичайний поширений майже по всій території України.

Сучасні дослідження та перспективи. Молекулярні дослідження Пасльонових зосереджені на CRISPR/Cas9-редагуванні генів для підвищення стійкості культур (наприклад, гена Rpi-vnt1 у картоплі проти фітофторозу). Біотехнологічний потенціал включає продукування алкалоїдів у культурі клітин *Nicotiana* [10].

Висновки. Отже, родина Пасльонові є винятковою моделлю для вивчення фундаментальних аспектів еволюції, генетики, біохімії та екології рослин. Її представники, такі як *Solanum*, *Capsicum* і *Nicotiana*, завдяки геномній пластичності й багатому метаболічному профілю відіграють ключову роль у розкритті механізмів видоутворення, адаптації та синтезу вторинних метаболітів. Геномне секвенування й молекулярні підходи, зокрема аналіз регуляторних шляхів біосинтезу алкалоїдів, підкреслюють їхнє значення як платформи для міждисциплінарних досліджень – від філогенетики до

біотехнологій. Екологічно Пасльонові сприяють стабільності екосистем, беручи участь у трофічних мережах і формуванні ґрунтової біоти, що особливо актуально в умовах глобальних змін клімату.

Практичне значення родини охоплює не лише традиційні сфери – агрономію, де картопля й томати залишаються основою продовольчої безпеки, та медицину, де алкалоїди беладони й дурману застосовуються в терапії, – а й інноваційні напрями. Сучасні технології, такі як редагування геномів за допомогою CRISPR/Cas9, відкривають можливості для створення сортів із підвищеною стійкістю до патогенів, посухи та інших стресових факторів, а також для оптимізації виробництва фармакологічно цінних сполук у промислових масштабах. Перспективи біотехнологічного використання Пасльонових включають не лише вдосконалення культурних видів, а й розробку нових підходів до збереження біорізноманіття дикорослих представників, що є важливим у контексті сталого розвитку. Таким чином, подальші дослідження цієї родини обіцяють значний внесок у науку й суспільство, поєднуючи фундаментальні відкриття з прикладними рішеннями для сучасних викликів.

Список використаної літератури.

1. Пасльонові. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Пасльонові> (дата звернення 14.03.2025 р.).
2. Пасльонові пояснення, історичні факти
URL: <https://infodlapolaka.pl/uk/пасльонові> (дата звернення 11.03.2025 р.)
3. Консорціум із секвенування геному картоплі. Послідовність геному *Solanum tuberosum*. *Природа*. 2011. 475. С. 189-195. 4. Консорціум генома помідорів. Послідовність геному томата. *Природа*. 2012. 485. С. 635-641.
5. Кім С. Секвенування геному *Capsicum*. *Журнал біотехнології рослин*. 2017. 15 (8). С. 987-997.
6. Вінк М. Алкалоїди: біохімія та екологія. Berlin: Springer, 2018. 250 с.
7. Чжан Л. Регуляція біосинтезу алкалоїдів у пасльонових. *Журнал фізіології рослин*. 2020. 245. С. 153-165.
8. Іванов П. О. Екологія рослин України. Х.: Основа, 2022. 210 с.
9. Браун Т. Господарські рослини пасльонових. Oxford: Oxford University Press. 2019. 180 с.
10. Технологія редагування генів
URL: https://www.bbc.com/ukrainian/science/2016/06/160608_crisper_dna_editing_ko

Ілля ВАРГА⁵,
студент 1 курсу,
агрономії, садівництва та захисту рослин факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АДАПТИВНІ МЕТОДИ ВИРОЩУВАННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ

Анотація. У статті розглянуто дослідження методів вирощування мікроорганізмів у мікробіологічних дослідженнях із застосуванням доступних в Україні ресурсів – молочної сироватки та соєвого шроту – як альтернативи дорогим імпортованим поживним середовищам. Проаналізовано методи культивування молочнокислих бактерій роду *Lactobacillus*, зокрема штаму *Lactobacillus plantarum*, який вирізняється здатністю синтезувати молочну кислоту та застосовуватися у ферментаційних процесах. Експерименти проводилися в лабораторних умовах із використанням стерильного обладнання: підготовлено адаптоване середовище (5% сироватки, 1% шроту), яке порівнювали зі стандартним середовищем MRS. Результати показали, що адаптоване середовище забезпечує ріст до 10^9 КУО/мл за 48 годин при 37 °С, що лише на 10% поступається MRS ($1,1 \times 10^9$ КУО/мл), із кінцевим рН 4,5 проти 4,3 у контролі. Це свідчить про високу ефективність розробленого складу. Практична цінність роботи полягає у створенні економічно вигідної технології для біотехнології, виробництва пробіотичних добавок і ферментованих продуктів в Україні, а також у зменшенні відходів агропромислового комплексу завдяки утилізації сироватки.

Ключові слова: мікроорганізми, культивування, мікробіологія, поживні середовища, *Lactobacillus*, ферментація, біотехнологія.

Annotation. The article deals with the study of methods for growing microorganisms in microbiological studies using resources available in Ukraine - whey and soybean meal – as an alternative to expensive imported nutrient media. Cultivation methods for lactic acid bacteria of the genus *Lactobacillus*, specifically the *Lactobacillus plantarum* strain, valued for its lactic acid synthesis and use in fermentation, were analyzed. The experiment was conducted in a laboratory setting with sterile equipment: an adapted medium (5% whey, 1% soybean meal) was prepared and compared to the standard MRS medium. Results demonstrated that the adapted medium supports growth up to 10^9 CFU/ml in 48 hours at 37 °C, only 10% lower than MRS (1.1×10^9 CFU/ml), with a final pH of 4.5 compared to 4.3 in the control. This indicates the high efficiency of the developed composition. The practical significance lies in establishing an economical technology for biotechnology, probiotic

⁵ Науковий керівник – Аралова Т. С., ст. викладач кафедри ботаніки генетики та захисту рослин.

supplement production, and fermented foods in Ukraine, while also reducing agroindustrial waste through whey utilization.

Keywords: *microorganisms, cultivation, microbiology, nutrient media, Lactobacillus, fermentation, biotechnology.*

Вступ. Мікробіологія є однією з ключових наук, що забезпечує прогрес у біотехнологіях, охороні здоров'я, сільському господарстві та харчовій промисловості. Вирощування мікроорганізмів дозволяє дослідникам не лише вивчати їхні біологічні властивості, а й отримувати штами з унікальними характеристиками для практичного використання. У сучасному світі, де попит на натуральні продукти та екологічно чисті технології зростає, мікроорганізми стають важливим інструментом для створення пробіотиків, ферментованих продуктів і біологічних засобів захисту рослин. В Україні, з її розвиненим аграрним сектором і значним потенціалом у переробці сировини, ця тема набуває особливої актуальності.

Проблема доступності ресурсів для культивування мікроорганізмів є однією з центральних у місцевих умовах. Імпортні поживні середовища, такі як MRS (Man, Rogosa, Sharpe), є дорогими та не завжди доступними для невеликих лабораторій чи виробництв. Водночас Україна має значні запаси побічних продуктів агропромислового комплексу, таких як молочна сироватка, соєвий шрот і м'ясо, які можуть стати основою для створення економічно вигідних поживних середовищ. Використання таких ресурсів не лише знижує витрати, а й сприяє сталому розвитку, зменшуючи відходи виробництва.

Останні дослідження, опубліковані в українських джерелах, таких як «Мікробіологічний журнал» та портал «AgroTimes», акцентують увагу на необхідності адаптації технологій культивування до місцевих умов [1, 2]. Наприклад, роботи Коваленко Н. К. показують перспективність молочнокислих бактерій (*Lactobacillus*) для ферментаційних процесів та підкреслюють потенціал сироватки як субстрату [3]. Проте залишаються недостатньо дослідженими питання ефективності таких адаптованих середовищ порівняно зі стандартними, а також їхня здатність підтримувати ріст і метаболічну активність мікроорганізмів на належному рівні. Крім того, недостатня увага приділяється економічним аспектам і масштабуванню таких технологій для промислового використання.

Метою статті є аналіз методів вирощування мікроорганізмів у мікробіології, оцінка їхньої продуктивності та визначення практичного потенціалу для біотехнологічних застосувань. Дослідження зосереджується на молочнокислих бактеріях роду *Lactobacillus*, які є важливими для харчової промисловості та мають значний потенціал для локального виробництва.

Виклад основного матеріалу. *Основи культивування мікроорганізмів:*

Культивування мікроорганізмів у мікробіології – це процес створення оптимальних умов для їхнього росту, розмноження та метаболічної активності. Існують два основні типи культивування: поверхневе (на твердих середовищах, наприклад, агарі) та глибинне (у рідких середовищах). Для молочнокислих

бактерій роду *Lactobacillus*, які є об'єктом цього дослідження, зазвичай застосовують глибинне культивування, оскільки воно дозволяє ефективно контролювати концентрацію поживних речовин і продуктів метаболізму [3]. Основними факторами, що впливають на процес, є склад поживного середовища, температура, кислотність (рН), рівень кисню та тривалість інкубації.

Поживне середовище має забезпечувати мікроорганізми джерелами вуглецю (наприклад, глюкоза чи лактоза), азоту (амінокислоти, пептони), фосфору, сірки та мікроелементів (залізо, магній). Для *Lactobacillus* важливим є наявність вуглеводів, які ферментуються до молочної кислоти. Ці бактерії належать до факультативних анаеробів, тобто можуть рости як за наявності кисню, так і без нього, але кисень не є критичним для їхнього метаболізму. Оптимальна температура для більшості штамів становить 30–37 °С, що збігається з фізіологічними умовами людського організму, де ці бактерії часто функціонують як пробіотики. Діапазон рН для росту становить 5,5–6,5, хоча вони здатні витримувати зниження кислотності до 4,0 завдяки синтезу молочної кислоти [1].

Фізіологічні особливості *Lactobacillus* визначають їхню здатність до гомоферментативної (вироблення переважно молочної кислоти) або гетероферментативної (додатковий синтез етанолу, вуглекислого газу) ферментації. Наприклад, *Lactobacillus plantarum*, обраний для дослідження, є гомоферментативним видом, що робить його цінним для стабільного виробництва молочної кислоти. Швидкість росту залежить від концентрації субстрату: за високого вмісту вуглеводів спостерігається експоненціальне збільшення біомаси, після чого настає стаціонарна фаза через накопичення кислоти, яка пригнічує подальший ріст. Для контролю цього процесу в промислових умовах часто використовують нейтралізацію середовища, наприклад, додаванням карбонату кальцію [3].

Поживні середовища

Поживні середовища для культивування *Lactobacillus* мають відповідати їхнім метаболічним потребам, забезпечуючи джерела вуглецю, азоту та мікроелементів (табл. 1). Стандартне синтетичне середовище MRS, розроблене в США, включає глюкозу (20 г/л), пептон (10 г/л), екстракт яловичини (8 г/л), дріжджовий екстракт (4 г/л) та солі (наприклад, ацетат натрію, 5 г/л). Воно є ефективним, але дорогим через імпорتنі компоненти, що ускладнює його використання в країнах із обмеженим бюджетом [3, 6].

У світовій практиці активно досліджуються альтернативні середовища на основі місцевих ресурсів. У Індії, наприклад, для культивування *Lactobacillus* використовують відходи цукрової промисловості – мелясу (10–15% вуглеводів), доповнену рисовим висівковим екстрактом як джерелом азоту. Дослідження показали, що таке середовище забезпечує біомасу на рівні 10^8 – 10^9 КУО/мл за 48 годин [4]. У Бразилії популярним субстратом є сік цукрової тростини (15% сахарози), який комбінують із кукурудзяним екстрактом, що знижує витрати на 30% порівняно з MRS. У Європі (зокрема у Франції) для *Lactobacillus* застосовують виноградний сік або яблучний жом – побічні продукти

виноробства, що містять до 5% легкозасвоюваних цукрів і органічні кислоти, які стимулюють ріст [5].

В Україні доступною альтернативою є молочна сироватка – побічний продукт сироваріння, що містить 4,5–5% лактози, амінокислоти та вітаміни групи В [2]. Її перевага полягає у високій доступності (щорічно в Україні утворюється понад 1 млн тонн сироватки) та низькій собівартості. Як джерело азоту використано соєвий шрот – відхід переробки сої, що містить до 40% білка та є дешевшим за пептони MRS. Для порівняння з світовими аналогами, українське середовище має нижчу концентрацію вуглеводів (5% проти 10–15% у мелясі), але компенсує це завдяки природним стимуляторам росту в сироватці, таким як лактоальбумін.

Експериментально підготовлено середовище:

□ 5% молочної сироватки (джерело вуглецю); □ 1% соєвого шроту (джерело азоту); □ дистильована вода.

Порівняно з індійською мелясою, українське середовище менш концентроване за вуглеводами, але простіше у підготовці, оскільки не потребує додаткової ферментаційної обробки. У бразильському варіанті сік тростини вимагає попередньої фільтрації, що підвищує витрати часу. Французький яблучний жом близький до сироватки за вмістом цукрів, але має вищий рівень кислотності (рН 3,5–4,0), що потребує корекції перед використанням. Таким чином, українське середовище є конкурентоспроможним за співвідношенням ціна-якість.

Методика дослідження

Експеримент проводився в лабораторних умовах у мікробіологічній лабораторії з використанням стерильного обладнання та контрольованих параметрів. Для культивування обрано флакони об'ємом 250 мл із герметичними кришками, що дозволяють підтримувати анаеробні умови, необхідні для *Lactobacillus plantarum*. Перед початком експерименту всі матеріали (сироватка, соєвий шрот, дистильована вода) пройшли підготовку: сироватку фільтрували через марлю для видалення твердих частинок, а шрот подрібнювали до фракції 0,5 мм для кращого розчинення білків. Середовище готували шляхом змішування 5% сироватки та 1% шроту в дистильованій воді, після чого його стерилізували в автоклаві при температурі 121 °C протягом 15 хвилин для знищення сторонньої мікрофлори. Контрольне середовище MRS готували за стандартною рецептурою (20 г/л глюкози, 10 г/л пептону тощо) і стерилізували аналогічно.

Штам *Lactobacillus plantarum* отримали з колекції мікроорганізмів Інституту мікробіології НАН України. Перед внесенням у середовище культуру активували на агарі MRS протягом 24 годин при 37 °C для забезпечення життєздатності. Початкову концентрацію клітин визначали методом серійних розведень і підрахунку КУО (колонієутворюючих одиниць) на агарі, встановивши її на рівні 10⁶ КУО/мл. Інокульт (2 мл) вносили в кожен флакон за допомогою стерильного шприца в ламінарному боксі для уникнення контамінації.

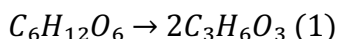
Культивування проводили в термостаті при температурі $37 \pm 0,5$ °C протягом 48 годин без аерації, оскільки *Lactobacillus plantarum* є факультативним анаеробом і не потребує кисню. Кожні 12 годин відбирали проби (5 мл) для аналізу росту та кислотності. Концентрацію клітин визначали спектрофотометрично при довжині хвилі 600 нм (оптична густина, OD600), а також методом підрахунку КУО на агарі MRS після розведення. Рівень рН вимірювали цифровим рН-метром із точністю $\pm 0,01$ після калібрування приладів стандартними буферними розчинами (рН 4,0 і 7,0). Для оцінки синтезу молочної кислоти використовували титрування 0,1 М розчином NaOH із фенолфталеїном як індикатором.

Експеримент проводили у трьох повторностях для кожного середовища (адаптоване та MRS), щоб забезпечити статистичну достовірність. Контроль якості включав перевірку стерильності середовища перед інокуляцією шляхом інкубації зразків при 37 °C протягом 24 годин – зростання сторонньої мікрофлори не спостерігалось. Результати показали, що в адаптованому середовищі концентрація клітин досягла 10^9 КУО/мл, що лише на 10% нижче, ніж у MRS ($1,1 \times 10^9$ КУО/мл). Кінцевий рН знизився до 4,5 у адаптованому середовищі та до 4,3 у MRS через накопичення молочної кислоти. Дані наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняння росту *Lactobacillus plantarum* у різних середовищах

Склад середовища	Концентрація клітин, КУО/мл	Кінцевий рН
Сироватка + шрот	10^9	4,5
MRS (контроль)	$1,1 \times 10^9$	4,3

Формула синтезу молочної кислоти:



Порівняння з міжнародним досвідом показало, що українське середовище є конкурентним не лише за вартістю, а й за простотою підготовки порівняно з аналогами, такими як меляса (Індія) чи сік тростини (Бразилія). Хоча концентрація вуглеводів у сироватці нижча, ніж у деяких світових субстратах, природні компоненти сироватки (вітаміни, амінокислоти) компенсують цей недолік, забезпечуючи стабільний ріст мікроорганізмів. Таким чином, дослідження підкреслює потенціал локальних ресурсів як основи для біотехнологічних інновацій.

Перспективи подальших досліджень включають кілька напрямів. По-перше, необхідно протестувати адаптоване середовище з іншими штамами *Lactobacillus* (наприклад, *L. acidophilus*, *L. casei*), щоб оцінити його універсальність. По-друге, доцільно оптимізувати склад середовища, наприклад, шляхом додавання мікроелементів (магній, залізо) або підвищення концентрації сироватки до 7–10%, що може збільшити вихід біомаси. По-третє, важливим є

масштабування технології: перехід від лабораторних умов (250 мл) до більших об'ємів (1–10 л) із використанням біореакторів для оцінки стабільності процесу в промислових умовах. Нарешті, економічний аналіз витрат на підготовку адаптованого середовища порівняно з MRS дозволить кількісно оцінити його переваги для комерційного використання. Ці кроки сприятимуть впровадженню розробленої технології у виробництво та подальшому вдосконаленню біотехнологічних процесів.

Висновки. Отже, на основі проведення досліджень підтверджено, що вирощування мікроорганізмів з використанням доступних українських ресурсів, таких як молочна сироватка та соєвий шрот, є не лише можливим, а й високоефективним підходом. Адаптоване поживне середовище, що складається з 5% сироватки та 1% шроту, забезпечило ріст *Lactobacillus plantarum* до концентрації 10^9 КУО/мл за 48 годин, що лише на 10% поступається стандартному середовищу MRS ($1,1 \times 10^9$ КУО/мл). Це свідчить про високу конкурентоспроможність розробленого складу, враховуючи його значно нижчу собівартість і доступність сировини. Зниження pH до 4,5 у адаптованому середовищі та до 4,3 у MRS підтверджує активний синтез молочної кислоти, що є ключовим показником метаболічної активності *Lactobacillus plantarum* і його придатності для ферментаційних процесів.

Отримані результати мають важливе наукове значення, оскільки демонструють можливість заміни дорогих імпорتنих середовищ місцевими аналогами без суттєвих втрат у продуктивності. Це відкриває нові перспективи для розвитку мікробіологічних досліджень в Україні, особливо в умовах обмеженого фінансування. З практичної точки зору, адаптоване середовище може бути використано для промислового виробництва пробіотичних культур, кисломолочних продуктів і біологічно активних добавок, що сприятиме підвищенню економічної ефективності малих і середніх підприємств. Крім того, використання побічних продуктів, таких як сироватка, сприяє зменшенню відходів агропромислового комплексу, що відповідає принципам сталого розвитку та екологічної відповідальності.

Список використаної літератури

1. Мікробіологія. Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Мікробіологія> (дата звернення: 12.03.2025).
2. Використання сироватки в біотехнології. AgroTimes. 2020. URL: <https://agrotimes.ua> (дата звернення: 12.03.2025).
3. Коваленко Н. К. Молочнокислі бактерії: властивості та застосування. *Мікробіологічний журнал*. 2019. Т. 81, № 3. С. 45–52.
4. Patel A. Cost-effective media for *Lactobacillus*. *Journal of Microbial Biotechnology*. 2018. Vol. 10, № 2. P. 123–130.
5. Пирог, Т. П. Становлення та розвиток мікробіології. Загальна мікробіологія: підручник. 2 вид., доп. і перероб. Київ: НУХТ, 2010. С. 6–20.

6. Апарат для вирощування мікроорганізмів В. М. Криворотько, В. А. Піддубний, В. М. Гіджеліцький; власник НУХТ. № 2011 13498; заявл. 16.11.2011; опубл. 25.05.2012, Бюл. № 10.

Анастасія ВЕРЕМЧУК⁶,
студентка 21-А групи,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ГЕНЕТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ОЗНАК ЦУКРОВОГО БУРЯКА

Анотація. Цукровий буряк (*Beta vulgaris* L.) є важливою технічною культурою, що відіграє ключову роль у виробництві цукру та кормових продуктів. Його продуктивність визначається комплексом генетичних факторів, які контролюють вміст цукру, стійкість до біотичних і абіотичних стресів, а також агрономічні характеристики. У цій статті розглянуто генетичні механізми, що визначають ключові морфологічні, фізіологічні та біохімічні характеристики цукрового буряка. А також основні аспекти генетичного контролю ознак культури, включаючи структуру його геному, головні гени, що впливають на продуктивність, та механізми успадкування важливих характеристик.

Ключові слова: цукровий буряк, генетичний контроль, селекція, стійкість до стресів, геном.

Annotation. Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) is an important industrial crop that plays a key role in the production of sugar and feed products. Its productivity is determined by a complex of genetic factors that control sugar content, resistance to biotic and abiotic stresses, as well as agronomic characteristics. This article reviews the genetic mechanisms that determine key morphological, physiological and biochemical characteristics of sugar beet. As well as the main aspects of the genetic control of sugar beet traits, including the structure of its genome, the main genes affecting productivity, and the mechanisms of inheritance of important characteristics. **Keywords:** sugar beet, genetic control, breeding, stress resistance, genome.

Вступ. Цукровий буряк (рис. 1) (*Beta vulgaris* L.) є однією з найважливіших технічних культур, що забезпечує понад 20% світового виробництва цукру. Окрім економічного значення, він відіграє ключову роль у харчовій,

⁶ Науковий керівник – Аралова Т.С., канд. с.-г. н. ст. викладач кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин.

біоенергетичній та кормовій промисловості. Завдяки високій продуктивності та адаптивності, ця культура вирощується у помірних кліматичних зонах по всьому світу. Основні напрями селекції цукрового буряка включають підвищення вмісту цукру в коренеплодах, покращення стійкості до біотичних (патогенів, шкідників) і абіотичних (посуха, засолення) факторів, а також оптимізацію агрономічних характеристик [1]. Важливим аспектом сучасної селекції є застосування молекулярно-генетичних методів для прискореного виведення високопродуктивних гібридів. Дослідження геному цукрового буряка дозволяє глибше зрозуміти механізми контролю основних господарсько-цінних ознак і відкриває можливості для генетичного поліпшення культури. Генетичний аналіз ознак у цукрового буряка на сьогодні вивчений недостатньо. Із великої кількості ознак лише для 30 встановлені контролюючі гени. Відомі гени, які визначають морфологічні ознаки (забарвлення коренеплоду, листя, форми коренеплоду і т.д.). Крім того відомі гени, які визначають важливі для селекції ознаки: однонасінність, цукристість коренеплоду, стійкість до різних хвороб і т.д.[2].



Рис. 1. Цукровий буряк

Виклад основного матеріалу. Головні групи генів, що визначають ключові ознаки:

1. Гени, що регулюють вміст цукру:

□ SUT (Sucrose Transporters) – гени транспортерів сахарози, що відіграють ключову роль у її накопиченні в коренеплодах.

□ INV (Invertases) – ферменти, що регулюють розщеплення сахарози в різних тканинах.

2. Гени стійкості до хвороб:

□ Rz1 – забезпечує стійкість до ризоманії, викликаной вірусом некротичної жовтяниці буряка (BNYVV).

□ Qr1 та Qr2 – полігенна система, що відповідає за резистентність до корневих гнилей.

3. Гени, що контролюють ріст і розвиток:

□ BvFL1 – регулює час цвітіння, важливий для розведення однорічних та дворічних форм.

□ BvCIPK – бере участь у відповідях на абіотичні стреси, зокрема на засолення.

4. Гени адаптації до стресів:

□ NHX – відповідають за іонний баланс у клітинах і стійкість до солевого стресу.

□ LEA (Late Embryogenesis Abundant) – експресуються у відповідь на посуху.

Геном цукрового буряка має диплоїдний набір ($2n = 18$) та характеризується відносно невеликим розміром (~731 сМ). Його детальне дослідження дозволило ідентифікувати близько 27 000 білок-кодуючих генів, серед яких особливу роль відіграють гени, що контролюють вміст цукру, стійкість до хвороб та адаптацію до абіотичних стресів [3].

Виявлення QTL-локусів, пов'язаних з господарсько важливими ознаками, є ключовим фактором для розуміння механізмів спадковості та розробки ефективних стратегій селекції[4]. Забарвлення коренеплодів цукрових буряків визначається наявністю пігментів групи антоціанів. Крім того, жовте та помаранчеве забарвлення коренеплодів можуть визначати пігменти з групи флавоціанінів. Контролюється забарвлення шкірки коренеплоду двома парами у домінантному стані ген С контролює жовте забарвлення шкірки коренеплоду та синтез флавоціанів, тоді як його рецесивний алель затримує синтез пігментів і шкірка фенотипово буде білою.

Домінантний ген R контролює синтез фіолетових бетанінів, але наявність у генотипі рецесивного гена призводить до пригнічення синтезу всіх пігментів. Поєднання в генотипі двох домінантних генів R і G визначає темно-червоне забарвлення шкірки коренеплодів. Крім того, рослини, які містять у своєму генотипі рецесивний ген hi, утворюють коренеплід з чорною шкіркою, а ген Hi визначає червоно-коричнєве забарвлення.

Листки у цукрових буряків великі, суцільні, черешкові, які стеляться або стирчать, пластинки їх округлі або серцеподібні, гладенькі чи гофровані. До основних ознак, які характеризують листову розетку, належать: розмір і забарвлення листових пластин, забарвлення сім'ядолей і черешків. Забарвлений гіпокотиль визначається домінантним геном R.

Від схрещування тетраплоїдних рослин, які мають зелений гіпокотиль (grrr), з диплоїдними (RR), у яких гіпокотиль рожевий, отримують триплоїдні рослини зі світло-коричневим гіпокотилем (Rrr). Утворення червоного коренеплоду з червоною голівкою визначає ген R^1 , а жовтого з зеленою голівкою – G^P .

Ознаки, які контролюють забарвлення коренеплоду і наземної частини, завдяки простому характеру успадкування, чіткому фенотипічному прояву і легкій ідентифікації широко використовуються в селекції як маркерні.

Дублікатні комплементарні гени V визначають: V_i –зеленувате забарвлення розетки, V_1 – строкате забарвлення розетки, V_2 – строкате забарвлення сім'ядолей, V_3 – строкатий м'якуш коренеплоду .

Утворення пігментованого листя контролює ген *Cl*, пігментовані жилки листка – ген *Cv*, за крапчастий лист відповідає ген *Tr*. Карликова розетка утворюється у рослин, в генотипі яких є рецесивний ген *n1*.

Під час росту і розвитку рослин цукрового буряку можуть виникати відхилення від нормального стану листової пластини, так ген *f* зумовлює «в'ялий» лист, лист «подорожника» ген *-pl*, ген редуковане листя – *re*.

Форма коренеплоду визначається його довжиною, товщиною і конфігурацією хвостової частини. У цукрового буряка форму коренеплоду визначають гениподовження *L1-l1* та *L2-l2* [5]. Один ген подовження зумовлює конусоподібну, овальну і циліндричну форму, а два таких гени – палицеподібну. Відсутність обох генів довжини сприяє формуванню укорочених коренеплодів (округлих та пласкоокруглих). Форму хвостової частини коренеплоду визначають гени *Sh1-sh/* та *Sh2-sh2*. За наявності в генотипі двох домінантних генів формуються туповершинні або загострені коренеплоди.

Однонасінні цукрові буряки – порівняно молода і нова форма, має дуже вузьку генетичну основу походження, яка тривалий час не давала можливості створювати сорти, що могли конкурувати з добре відпрацьованими високопродуктивними багатоплідними сортами.

Квітки буряків розміщені в пазухах листків групами (2-6) у вигляді волотей; суцвіття – рихлий колос. В однонасінних буряків квітки розташовані поодинокі.

В.Ф. Савицьким була вивчена генетика однонасінності і встановлено, що ця ознака контролюється рецесивним геном *m*.

Гени багатонасінності *M* представлені іншим алелем того ж локусу. Встановлено чотири алелі, які контролюють насінність плодів буряка: *mm* – однонасінні лінії з рідкісною наявністю двонасінних клубочків; *M₁M₁* – лінії з однією-двома квітками в клубочку; *M_β M_β* – лінії з двонасінними клубочками; *M₂M₂* – лінії з великою кількістю квіток у клубочках. У популяціях багатонасінного цукрового буряка ген *M* може інколи мутувати до *m* і тоді виникають повністю однонасінні гомозиготні форми *mm*.

Фізіологічні ознаки. Цукровий буряк належить до перехреснозапилюваних рослин, що зумовлено системою самонесумісності. За самозапилення у рослин відмічений повільний ріст пилкових трубок і відсутність запліднення. Для пояснення уповільненого росту пилкових трубок висунуто низку гіпотез. Перша з них: пилочок містить ензим, який у випадку перехресного запилення спричиняє виділення приймочкою стимулювальних речовин, що сприяє росту пилкових трубок. Під час самозапилення ензим не виділяється. Друга: у пилковій трубці або в тканинах приймочки маточки існують затримувальні речовини, що перешкоджають росту трубок у процесі самозапилення.

Самостерильність не є результатом індивідуальної мінливості рослин, а зумовлена проявом спадковості. Т.Ф. Гринько (1927) встановив, що самофертильність – домінантна ознака, яка зумовлена дією *Sf*-алеля і проявляється досить рідко [3].

Існує два типи самонесумісності рослин: гетероморфний (гетеростилія), що проявляється у різній довжині стовпчика маточки й тичинок, і гомоморфний, коли самонесумісність спостерігається у морфологічно однорідних квіток.

Самостерильність у цукрового буряка контролюється алелями двох Слокусів, між якими встановлена комплементарна взаємодія. Довгостовпчатість проявляє себе як простий рецесив s , а короткостовпчасті рослини є моногетерозиготами (Ss), з домінуванням короткостовпчатості (S).

Для підвищення врожайності коренів і цукристості важливо створювати сорти й гібриди з більш високою продуктивністю фотосинтезу і його підвищеною інтенсивністю. При цьому максимальна продуктивність фотосинтезу повинна бути досягнута до фази п'яти-семи листочків[4]. Оптимальна облистяність повинна супроводжуватися довговічністю листків середнього ярусу.

Збір цукру визначається вмістом його в коренеплодах та урожаєм коренів. Між цими двома ознаками спостерігається від'ємна кореляція (у диплоїдів $r=0,25$, у тетраплоїдів $r=-0,40$).

Зміна кореляційних відносин між цукристістю і урожаєм коренів - важливе завдання селекції.

Численні досліді з гібридизації цукрових буряків з кормовими, столовими і деякими дикими видами показали, що цукристість у гібридів успадковується за проміжним типом і домінуванням. За домінування цукристість гібридів досягає рівня найбільш цукристого з батьків. З'ясовано, що цукристість визначається адитивно-домінантною генетичною системою. Селекція на технологічні особливості цукрового буряку включає в себе не тільки підвищену цукристість сортів, але й технологічну якість сировини. Сорти і гібриди, які не відрізняються за вмістом цукру, в перерахунку на одиницю сировини, можуть дати різний вихід цукру під час переробки та значно відрізнитися за виходом меляси. Тому основна ціль селекції на якість - поряд з високою цукристістю звести до мінімуму втрати цукру в мелясі, шляхом внесення зміни у хімічний склад коренеплодів. До гібридів з високою цукристістю можна віднести: Білоцерківський Чс 57, Анічка, Смарагд, Етюд, Ольжич.

У буряка поширені три вірусні захворювання – жовтяниця, мозаїка і кучерявість верхівки, з яких перша найбільш небезпечна. Стійкість до кучерявості листя контролюється домінантним геном C , а сприйнятливість - його рецесивним алелем c .

Вірусна жовтяниця спричиняється двома незалежними вірусами — жовтяниці і слабкої жовтяниці. Жовтяниця часто поширена в суміші з мозаїкою, причому шкідливість змішаної інфекції вища, ніж чистої. Основний переносник цих захворювань – персикова попелиця *Myzus persicae*, переносник кучерявості верхівки – клоп *Piesnia quadratum*. Джерелами стійкості є: до вірусної жовтяниці – дикорослий вид *B. maritima*, до вірусу кучерявості верхівки – *B. coroliflora*. У результаті добору найбільш стійких форм можна одержувати цінний вихідний матеріал[5]. У деяких країнах виділені стійкі до вірусів самозапильні лінії і

шляхом їх схрещування створені гібридні сорти цукрового буряку, стійкі до вірусу жовтяниці.

Церкоспороз – одне з найбільш небезпечних і поширених захворювань буряка збудником якого є гриб *Cercospora beticola*. Всі сорти культури в умовах розповсюдження хвороби сприйнятливі до неї в тій чи іншій мірі. Реакція на ураження визначається групою генів (не менше, ніж 4-5 парами), причому за слабого ураження деякі гени неактивні або функції їх ослаблені; успадкованість складає 60-80 [6].

Висновки. Генетичний контроль ознак цукрового буряка є багаторівневим процесом, що включає взаємодію класичних законів спадковості, полігенних систем та сучасних біотехнологічних підходів. Подальші дослідження у сфері молекулярної генетики, геномного редагування та біоінформатики сприятимуть розробці нових високопродуктивних гібридів, адаптованих до змін клімату та викликів сучасного сільського господарства. Таким чином, застосування генетичних знань у селекції цукрового буряка дозволяє не лише підвищити врожайність і вміст цукру, а й створити сорти, стійкі до біотичних і абіотичних факторів, що є важливим кроком у забезпеченні стабільного виробництва цієї культури у світовому масштабі.

Список використаної літератури

1. Опис та характеристика рослини цукровий буряк. Аграрії разом.
URL: <https://agrarii-razom.com.ua/plants/cukroviy-buryak> (дата звернення: 05.03.2025)
2. Yousefabadi V., Rajabi A. Study on inheritance of seed technological characteristics in sugar beet. *Euphytica*. 2012. P. 367–376.
3. Pohm J. C., Minoche A. E. et al. The genome of the recently domesticated crop plant sugar beet (*Beta vulgaris*). *Nature*. 2014. P. 546–549.
4. Stevanato P., Zavalloni C., Broccanello C. et al. Identification of a new QTL associated with sucrose content in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Euphytica*. 2015. P. 137–149.
5. Васильківський С. П. та ін. Спеціальна генетика сільськогосподарських культур. 2011. 229 с.
6. Генетика і селекція цукрового буряка. AgroMage. URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=501 (дата звернення: 09.03.2025)

Дмитро ВОНСОВИЧ⁷,
студент 3 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

АДАПТАЦІЯ РОСЛИН ДО ЕКСТРИМАЛЬНИХ УМОВ

Анотація. У даній статті проведено аналіз механізмів адаптації рослин до екстремальних умов навколишнього середовища, таких як посуха, низькі та високі температури, засолення ґрунту та підвищена радіація. Обговорюються морфологічні зміни в структурі листя, кореневої системи і стебла; фізіологічні процеси, що зменшують транспірацію і накопичення води; біохімічні особливості, пов'язані з синтезом осмопротекторів і антиоксидантів; генетичні механізми, включаючи мутацію і контроль генів стресостійкості. Наведено приклади адаптованих видів, зокрема пустельних сукулентів, арктичних рослин і рослин солончаків. Особливу увагу приділено впливу зміни клімату на флору та перспективам використання біотехнологій для створення стійких культур.

Ключові слова: адаптація рослин, екстремальні умови, посуха, температурний стрес, засолення, стійкість, кліматичні зміни.

Annotation. This article analyzes the mechanisms of plant adaptation to extreme environmental conditions, such as drought, low and high temperatures, soil salinization, and increased radiation. Morphological changes in the structure of leaves, root system, and stem are discussed; physiological processes that reduce transpiration and water accumulation; biochemical features associated with the synthesis of osmoprotectors and antioxidants; genetic mechanisms, including mutation and control of stress resistance genes. Examples of adapted species are given, in particular, desert succulents, Arctic plants, and salt marsh plants. Special attention is paid to the impact of climate change on flora and the prospects for using biotechnology to create resistant crops.

Keywords: plant adaptation, extreme conditions, drought, temperature stress, salinity, resilience, climate change.

Вступ. Адаптація рослин до екстремальних умов є одним з ключових механізмів виживання в природі. Рослини змушені пристосовуватися до несприятливих факторів навколишнього середовища, таких як посуха, високі та низькі температури, засолення ґрунту, підвищена радіація та дефіцит поживних речовин. Ці стресові умови впливають на ріст, розвиток, репродуктивну здатність і продуктивність рослин.

⁷ Науковий керівник – Яковець Л.А. кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

Вивчення механізмів адаптації рослин є надзвичайно важливим в умовах глобальної зміни клімату, яка спричиняє збільшення частоти екстремальних погодних явищ та деградацію природних екосистем. Вивчення цих процесів дозволить не лише краще зрозуміти стратегії виживання рослин, але й надасть можливість розробити нові методи селекції та біотехнології, спрямовані на створення культур, більш стійких до стресових факторів.

Метою цього дослідження є аналіз основних механізмів адаптації рослин до екстремальних умов та визначення їх потенційного використання для збереження біорізноманіття та підвищення стійкості агроекосистем. Для досягнення цієї мети будуть розглянуті морфологічні, фізіологічні, біохімічні та генетичні механізми адаптації та їх вплив на життєздатність рослин у складних умовах навколишнього середовища.

Виклад основного матеріалу. Морфологічні адаптації відіграють важливу роль у пристосуванні рослин до несприятливих умов навколишнього середовища. Вони проявляються у змінах форми, розмірів і структури органів рослин, які сприяють оптимальному використанню наявних ресурсів і мінімізації впливу стресових факторів. Основні структурні зміни відбуваються в листках, кореневих системах і стеблах, що дозволяє рослинам виживати в умовах дефіциту води, високих або низьких температур, високого засолення та інших екстремальних факторів [1].

Однією з основних адаптивних стратегій є зміна листя. Рослини, що ростуть у сухих умовах, часто мають редуковане або веретеновидне листя (кактуси, сукуленти), яке значно зменшує транспірацію води. Потовщена кутикула і восковий наліт виконують захисну функцію, зменшуючи транспірацію і захищаючи рослину від перегріву. Ще один механізм – наявність волосків на листках, як у полину, які відбивають сонячне світло і зменшують випаровування. Деякі рослини, такі як ковила, мають листя, згорнуте в трубчасту форму, що захищає продихи від пересихання. Інші, такі як алое та агава, зберігають воду в спеціальних тканинах і можуть витримувати тривалі періоди висихання [1].

Транспірація регулюється продихами. Рослини можуть зменшувати кількість і розмір продихів, як агави, або відкривати їх лише вночі, коли випаровування мінімальне. Деякі види (лаванда, полин) мають продихи в заглибленнях або приховані старіючими волосками, що може зменшити вплив зовнішніх факторів. Важливу роль відіграє абсцизова кислота (АБК), яка контролює відкриття і закриття продихів, дозволяючи рослинам ефективніше утримувати воду під час посухи [1].

Кореневі системи також змінюються залежно від середовища. Пустельні рослини, такі як верблюжа колючка і тамарикс, утворюють глибоке коріння, яке сягає ґрунтових вод. Кактуси, з іншого боку, мають неглибоку кореневу систему і швидко поглинають воду після дощу. Симбіоз з мікоризним корінням покращує поглинання води та мінералів, а в затоплених місцях, як мангрові зарості, вони розвивають повітряне коріння (пневматофори) для доступу до кисню (рис. 1) [1].

Фотосинтетична адаптація також відіграє важливу роль у стійкості рослин до стресів. САМ-фотосинтез, характерний для кактусів, агави та ананасів, дозволяє рослинам поглинати CO_2 вночі для використання вдень, зменшуючи втрату води. C_4 фотосинтез, характерний для кукурудзи, цукрової тростини та сорго, дозволяє рослинам ефективно поглинати CO_2 при високих температурах і зменшує фотодихання. Щоб захиститися від надмірного сонячного світла, рослини використовують захисні пігменти (каротиноїди, антоціани) для поглинання надлишкової енергії та запобігання окислювальному стресу. Крім того, змінюється структура хлоропластів і регулюється активність фотосинтетичних ферментів, що дозволяє їм адаптуватися до змін освітлення [1, 2].



Рис. 1. Пневматофори [3]

Біохімічна адаптація є важливим механізмом, за допомогою якого рослини пристосовуються до стресів навколишнього середовища, таких як засолення ґрунту, підвищена радіація та забруднення важкими металами. Вона включає накопичення осмопротекторів, антиоксидантних сполук і спеціалізованих білків, які допомагають підтримувати стабільність клітинних структур, регулюють метаболічні процеси і захищають рослини від пошкоджень [4, 5].

Одним з основних біохімічних механізмів адаптації є накопичення осмопротекторів. Осмопротектори – це низькомолекулярні сполуки, які підтримують осмотичний баланс у клітині та стабілізують біомолекули в стресових умовах. До них відносяться пролін, гліцин-бетаїн, цукри (сахароза, трегалоза, рафіноза) і поліспирти (манітол, сорбіт). Пролін не тільки підтримує осмотичний баланс, але й діє як антиоксидант, знижуючи рівень активних форм кисню. Гліцин бетаїн стабілізує білки та ферменти і сприяє нормальному функціонуванню фотосинтетичного апарату. Цукри та багатоатомні спирти відіграють подвійну роль, знижуючи осмотичний потенціал і захищаючи клітини від окислювального стресу [4, 5]

Окислювальний стрес є однією з головних загроз для рослин за несприятливих умов, оскільки активні форми кисню (АФК), такі як супероксидні аніони та пероксид водню, пошкоджують мембрани та білки. Щоб захистити себе, рослини виробляють ферментні антиоксиданти, такі як супероксиддисмутаза, каталаза і пероксидаза, які нейтралізують АФК.

Глутатіонредуктаза та аскорбатпероксидаза беруть участь у відновленні окислених молекул. Неферментативні антиоксиданти, такі як каротиноїди (β каротин, зеаксантин, лютеїн) і фенольні сполуки (флавоноїди, антоціани) забезпечують додатковий захист від окислювального стресу та УФвипромінювання [6, 7].

Іншим важливим механізмом є синтез білків теплового шоку (HSP), які активуються у відповідь на високу температуру, заморожування та осмотичний стрес; HSP стабілізують білкові молекули для запобігання денатурації та сприяють правильному згортанню новосинтезованих білків [8].

Генетичні механізми, за допомогою яких рослини пристосовуються до екстремальних умов, відіграють важливу роль в адаптації до несприятливих факторів навколишнього середовища. Ці механізми включають мутації, епігенетичні зміни та регуляцію експресії генів. Мутації змінюють структуру генів, відповідальних за стійкість до стресів, що призводить до появи нових характеристик. Наприклад, мутації в генах, що кодують транспортні білки, підвищують здатність клітин виводити надлишок іонів натрію. Мутації в регуляторних ділянках ДНК також можуть впливати на експресію генів, відповідальних за захисні механізми, такі як вироблення антиоксидантних ферментів і білків теплового шоку [9, 10, 11].

Епігенетичні зміни, такі як метилювання ДНК та модифікації гістонів, регулюють активність генів у відповідь на стресові фактори. Наприклад, під час посухи у багатьох рослин змінюється рівень метилювання певних генів, що дозволяє їм адаптуватися до нестачі води; гістони, навколо яких обгорнута ДНК, також можуть зазнавати хімічних модифікацій (ацетилювання, метилювання), які впливають на те, чи доступні певні гени для транскрипції (Рис. 2) [12, 13].

Регуляція експресії генів стресостійкості є центральним механізмом адаптації, оскільки контролює активність білків та ферментів, що беруть участь у захисних процесах. Зокрема, гени, що кодують білки теплового шоку (HSP), забезпечують стабільність клітинних структур у відповідь на дію високих температур. Інша важлива група - гени, що кодують транспортні білки, які підтримують іонний баланс, наприклад, білки сімейства NHX, які допомагають виводити іони натрію з цитоплазми і є важливими для виживання в засолених ґрунтах [14].

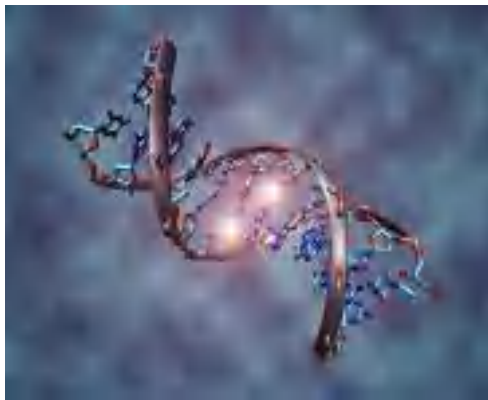


Рис. 2. Метилювання ДНК [12]

Одним з найперспективніших напрямків є створення посухостійких культур за допомогою генетичної модифікації. Наприклад, в Аргентині вже вирощується соя НВ4, створена з використанням гена посухостійкості. Інший приклад – кукурудза DroughtGard, яка демонструє покращене виживання в умовах дефіциту вологи. Завдяки генній інженерії були виведені культури, які більш ефективно використовують доступну вологу [15, 16].

Ще одним викликом є вирощування сільськогосподарських культур на засолених ґрунтах. За допомогою генної інженерії можна створити рослини, здатні виводити іони натрію або накопичувати їх у вакуолях, щоб зменшити їхній токсичний вплив. Наприклад, рослини рису з підвищеною солестійкістю були створені шляхом експресії гена AtNHX1 в *Arabidopsis thaliana*, який ефективно знижує внутрішньоклітинний рівень натрію. Це відкриває можливість використання засолених земель для сільськогосподарського виробництва [17].

У регіонах з низькими температурами важливим фактором є морозостійкість рослин. Генна інженерія дозволила ввести гени, які контролюють білки-антифризи або впливають на синтез ненасичених жирних кислот у клітинних мембранах. Наприклад, в лабораторії створено генетично модифікований сорт картоплі, що експресує білок-антифриз, отриманий з морської риби, що дозволяє рослині переносити морози без значних пошкоджень клітин [18].

Ще однією важливою технологією є редагування геному за допомогою CRISPR/Cas9, що дозволяє цілеспрямовано модифікувати гени, відповідальні за стійкість до стресів. Наприклад, у томатів було змінено експресію гена, що контролює відкриття продихів, щоб зменшити втрату води через транспірацію, що зробило культуру більш стійкою до посухи [19].

Висновок. Адаптація рослин до екстремальних умов навколишнього середовища – це багатоетапний процес, що включає морфологічні, фізіологічні, біохімічні та генетичні механізми. Рослини, що ростуть у несприятливих умовах, розвинули унікальні стратегії виживання, включаючи зменшену площу листя, воскові капсули та густі м'які волоски, глибоку та поверхневу кореневу систему та особливі типи фотосинтезу (C_4 та CAM).

Фізіологічні механізми адаптації включають контроль транспірації продиховим апаратом, залучення рослинних гормонів, таких як абсцизова кислота, та зміни в структурі судинної системи для ефективного регулювання водного балансу. Біохімічна адаптація спрямована на синтез осмопротекторів, антиоксидантних сполук і білків теплового шоку, які захищають клітинні структури від стресових факторів, таких як засолення, радіація та окислювальний стрес.

Генетичні механізми адаптації включають мутації, епігенетичні зміни та регуляцію експресії генів, які визначають рівень стійкості рослин до несприятливих факторів навколишнього середовища. Сигнальні шляхи, такі як метилювання ДНК, модифікації гістонів та гормональні шляхи абсцизової кислоти, дозволяють рослинам швидко адаптуватися до посухи, засолення та інших екстремальних умов.

Вивчення механізмів адаптації рослин важливе не лише для екології, але й для сільського господарства та біотехнології. Розуміння цих процесів сприятиме розробці нових способів виробництва стійких сільськогосподарських культур. Використання генетичної модифікації, селекції та біологічних препаратів може розширити адаптаційний потенціал рослин, відкриваючи нові можливості для забезпечення продовольчої безпеки та збереження біорізноманіття.

Список використаної літератури

1. Responses of Plants to Environmental Stresses. URL: <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-0831-3> (Дата звернення: 07.03.2025 р.).
2. САМ-фотосинтез URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/САМ-фотосинтез> (Дата звернення: 09.03.2025 р.).
3. Спеціалізовані корені, так звані пневматофори, піднімаються з піщаного дна біля лісу чорних мангрових дерев на Малих островах Сунда в Індонезії. URL: <https://depositphotos.com/ua/photo/specialized-roots-called-pneumatophores-rise-sandyseafloor-forest-black-mangrove-313349974.html> (Дата звернення: 07.03.2025 р.).
4. Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M. N., Wani, A. S., Pichtel, J., Ahmad, A. Role of proline under changing environments: A review. Plant Signaling & Behavior. 2012. С. 1456–1466.
5. Hossain, M. A., Kumar, V., Burritt, D., Fujita, M. Osmoprotectant-Mediated Abiotic Stress Tolerance in Plants: Recent Advances and Future Perspectives. 2019. 356 с.
6. Zandi, P., & Schnug, E. Reactive Oxygen Species, Antioxidant Responses and Implications from a Microbial Modulation Perspective. Biology. 2022. 155 с.
7. Maresca, V. Antioxidants and Antioxidant Enzymes in Higher Plants. MDPI Plants, Спеціальний випуск. URL: <https://www.mdpi.com> (Дата звернення 07.03.2025 р.).
8. Mishra, D., Singh, D., Chakraborty, S. Heat Shock Proteins and Abiotic Stress Tolerance in Plants. 2018. С. 41–69.
9. Стрес та адаптація рослин. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/8020/1/Stres%20ta%20adapta%20tsiia%20roslyn_kurs%20lektiv.pdf (Дата звернення 08.03.2025 р.)
10. Роль епігенетичної регуляції в адаптивній пластичності рослин. URL: <https://ukrbotj.co.ua/pdf/78/5/ukrbotj-2021-78-5-347.pdf> (Дата звернення 08.03.2025 р.)
11. Як рослини витримують посуху?. URL: <https://www.eridon.ua/yakroslini-vitrimuyut-posuhu> (Дата звернення 08.03.2025 р.)
12. Метилювання ДНК. URL: <https://surl.li/ertkxj> (Дата звернення 08.03.2025 р.)
13. Плигун В. В., Антонюк М. З. Формування стійкості до патогенів у рослин за участі епігенетичних чинників і фітогормонів. // Наукові записки НаУКМА. Біологія і екологія. 2023. С. 3–16.

14. Volkov V. Salinity tolerance in plants: attempts to manipulate ion transport. 2014. С. 1411 – 1553. 15. Аргентина першою в світі схвалила вирощування ГМО-пшениці. URL: <https://proagro.com.ua/news/ukr/38143.html> (Дата звернення: 09.03.2024 р.).
16. ГМО захоплюють світ: площі під ГМ-культурами стабільно ростуть, незважаючи на критику. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/news-agro/gmozahoplyuyut-svit-ploshi-pid-gm-kulturami-stabilno-rostut-nezvajayuchi-na-kritiku> (Дата звернення: 09.03.2024 р.).
17. HB4 Wheat. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/HB4_Wheat (Дата звернення: 09.03.2024 р.) 18. Білки-антифризи та їх роль у морозостійкості рослин. URL: <https://884.cx.ua/raznoe/pro-antifrizi-bilki-i-ne-tilki> (Дата звернення 09.03.2025 р.)
19. Підвищення вмісту каротиноїдів у томатах. URL: <https://www.agronom.com.ua/gmo-tomaty-mozhut-buty-korysnishymy-za-zvyčajni> (Дата звернення 09.03.2025 р.)

Роман ГНОТ⁸,
студент 3-го курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

КАРАНТИНІ БУР'ЯНИ В УКРАЇНІ: ЗАГРОЗИ ТА ЕФЕКТИВНІ ЗАХОДИ КОНТРОЛЮ

***Анотація.** Карантинні бур'яни становлять серйозну загрозу для сільського господарства України, оскільки спричиняють значні економічні збитки, знижують врожайність та негативно впливають на екологічний баланс агроєкосистем. У цій статті детально проаналізовано основні види цих небезпечних рослин, їхню біологічну характеристику, особливості поширення та шкідливий вплив на сільськогосподарські культури. Окрему увагу приділено ефективним методам боротьби, серед яких агрохімічні, біологічні, механічні та інтегровані заходи. Висвітлено актуальні проблеми контролю за розповсюдженням карантинних бур'янів та перспективи вдосконалення системи їхнього регулювання. Запропоновано комплексні підходи для мінімізації шкоди, що сприятимуть збереженню родючості ґрунтів, підвищенню продуктивності агроландшафтів та забезпеченню продовольчої безпеки країни.*

***Ключові слова:** карантинні бур'яни, сільське господарство, методи боротьби, агроєкосистема.*

⁸ Науковий керівник – Вергелес П.М., к.с.-г.н., доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

Annotation. Quarantine weeds pose a serious threat to Ukraine's agriculture, causing significant economic losses, reducing crop yields, and negatively impacting the ecological balance of agroecosystems. This article provides a detailed analysis of the main types of these hazardous plants, their biological characteristics, distribution patterns, and harmful effects on agricultural crops. Particular attention is given to effective control methods, including agrochemical, biological, mechanical, and integrated measures. The article highlights current challenges in managing the spread of quarantine weeds and prospects for improving regulatory systems. Comprehensive approaches are proposed to minimize damage, contributing to soil fertility preservation, increased agricultural productivity, and the country's food security.

Keywords: quarantine weeds, agriculture, control methods, agroecosystem.

Вступ. Розповсюдження карантинних бур'янів є серйозною проблемою для аграрного сектору України, оскільки ці рослини завдають значних економічних збитків, погіршують екологічний стан ґрунтів і знижують урожайність сільськогосподарських культур. Висока конкурентоспроможність і здатність до швидкої адаптації дозволяють їм ефективно витіснити корисні види рослин, ускладнюючи процеси контролю та ліквідації.

У цій статті розглянуто основні види карантинних бур'янів, їхні біологічні особливості, негативний вплив на агроєкосистеми та ефективні методи боротьби. Особливу увагу приділено сучасним підходам до управління їхнім поширенням, що включають хімічні, біологічні, механічні та інтегровані заходи. Запропоновано комплексні стратегії мінімізації їхнього шкідливого впливу, які сприятимуть покращенню стану агроландшафтів, збільшенню ефективності аграрного виробництва та гарантуванню продовольчої стабільності держави.

Виклад основного матеріалу. Амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.) – однорічна рослина родини айстрових, що досягає висоти до 2 метрів. Її листя нагадує полин, а квітки жовтувато-зелені, зібрані в суцвіття. Ця рослина є сильним алергеном; її пилок викликає алергічні реакції у людей під час цвітіння (липень-вересень) [1, 2].

Вперше амброзію полинолисту виявили в Україні у 1914 році, коли німецький колоніст А. Крікер вирощував її поблизу станції Кудашівка Дніпропетровської області як заміник хіни. Пізніше, у 1925 році, її зафіксували на околицях Києва, на території елеватора. Після 1950-х років амброзія почала активно поширюватися на північ та захід України. Амброзія полинолиста швидко поширюється, засмічуючи польові культури, городи, сади, виноградники, луки та пасовища. Вона розмножується насінням, яке визріває у серпні-вересні та легко обсіпається, засмічуючи ґрунт. Одна рослина може дати до 100 тисяч насінин, які здатні проростати ще 10-15 років після визрівання [3].

Станом на 1 січня 2008 року, амброзія була зареєстрована в Автономній Республіці Крим та 23 областях України, крім Івано-Франківської, охоплюючи площу 1,328 млн га [3].

У 2019 році амброзія полинолиста лідирувала за площами поширення серед усіх карантинних бур'янів в Україні, охоплюючи 3,08 млн га та зафіксована у 24 областях. Станом на 01.01.2025 року, амброзія полинолиста охоплює площу 2,8 млн га, що показує зменшення порівняно з минулими роками [4, 16].

Найбільше поширення амброзії полиноистої спостерігається в південних та центральних областях України. Зокрема, в Харківській області найбільші площі зараження зафіксовані в Сахновщанському, Близнюківському та Лозівському районах [4]. Таким чином, амброзія полинолиста є серйозною загрозою для сільського господарства та здоров'я населення України, вимагаючи постійного моніторингу та ефективних заходів боротьби.

Ценхрус довгоголковий (*Cenchrus longispinus*) – однорічна трав'яниста рослини родини злакових, яка досягає висоти до 1 метра. Вона має прямі, плоскі стебла, які легко вкорінюються у вузлах, утворюючи числові розгалуження. Листки лінійні, шорсткі, з довгими піхвами. Суцвіття – колосоподібна волоть, що складається з колючих колосків, які легко чіпляються до одягу, шерсті тварин та транспорту, сприяючи поширенню рослин. Він є інвазивним бур'яном, який швидко розмножується, засмічує посіви культурних рослин, луки та пасовища, пригнічуючи ріст культурних рослин. Особливо небезпечний у посівах соняшника, овочевих, баштанних культур та виноградників. Крім того, його плоди, вкриті шипами, можуть пошкоджувати шкідливі тварини, ранивши шлунково-кишковий тракт та ротову шкіру, що завдає шкоди тваринництву [5].

В Україні Ценхрус довгоголковий обмежено розширений, але його виявляють у різних варіантах. Вперше в Україні ценхрус довгоголковий був виявлений у 1950 році в Скадовському районі Херсонської області на необроблених придніпровських пісках. Станом на 2019 рік площа зараження ценхрусом довгоголковим становила 20,09 тис га, зафіксованих у 6 регіонах України. На період 01.01.2025 року площа зараження складає 20,1 тис га [6, 16].

Ценхрус довгоголковий є небезпечним карантинним бур'яном, який завдає значної шкоди сільському господарству та тваринництву України. Його використання потребує постійного моніторингу та впровадження ефективних заходів боротьби.

Гірчак повзучий (*Acroptilon repens* L.) відомий також як гірчак рожевий або степовий, є багаторічною коренепаростковою рослиною родини айстрових. Він створює щільні зарості з прямостоячих або висхідних стебел, висотою 30–80 см. Листя ланцетне або еліптичне, з цільними або зубчастими краями. Квітки рожеві, зібрані в кошики діаметром 1–2 см, які розташовані на верхівках стебел. Плід – сім'янка з чубчиком. Гірчак пов'язаний з агресивним бур'яном, який швидко поширюється через його глибокі кореневища, які можуть проникати на глибину до 7 метрів. Ця особливість дозволяє рослинам витіснити культурні види та утворювати монодомінантні зарості. Гірчак повзучий містить алелопатичні речовини, які пригнічують ріст інших рослин. Крім того, він є зруйнованим для багатьох тварин, особливо для коней, що робить його небезпечним для пасовищ [7].

Гірчак повзучий походить із Середньої Азії, але нині поширений у багатьох країнах світу, включаючи Україну. В Україні він обмежено розповсюджений, але стає значною проблемою в південних регіонах. Станом на 1 січня 2006 року площа зараження гірчаком повзучим в Україні становила 443,9 тисга. У 2019 році площа зараження зменшилася до 224,22 тис га. У Запорізькій області у 2021 році було запроваджено карантинний режим через гірчак, повзучий на площі 18,25 тис га. У 2019 році гірчак повзучий продовжував поширюватися в Україні, засмічуючи посіви культурних рослин, луки та пасовища його площа зараження становила 224,22 тис га, зафіксованих у 5 областях України. На період 01.01.2025 року площа зараження складає 220,2 тис га [8, 16].

Сорго алепське (*Sorghum halepense* L.) – багаторічний коренепаростковий бур'ян який може досягати висоти до 1,5 м. Рослина теплолюбна, віддає перевагу пухким, родючим підставам, але не вичерпує засолених, сухих і щільних підстав. Суцвіття – розлога волоть завдовжки до 40 см, багатоколоскова. Колоски двостатеві, сидячі, яйцеподібні, опушені, з колінчастим остюком довжиною до 14 мм. Коренева система складається з підземних стебел із вегетативними бруньками, здатними проникати в ґрунт на глибину до 80 см [9].

В Україні має обмежене поширення. Станом на 1 січня 2020 року площа засмічення бур'яном складала 865,4 га, причому вогнища були зареєстровані лише в Одеській області. Батьківщиною Сорго алепського є країни Середземномор'я та Близького Сходу. В Україні його вперше зафіксували в 2003 році в Одеській області на площі 55 га, після чого було запроваджено карантинний режим. Станом на 01.01.2025 року площа зараження складає 843 га [10, 16].

Повитиця (*Cuscuta* spp.) – рід паразитичних рослин родини повитицевих (*Cuscutaceae*), які не мають власних коренів і листя, повністю залежать від рослин-господарів для отримання живильних речовин. Вона обвиває стебла інших рослин, проникаючи в їх тканини спеціальними присосками (гаусторіями), що призводить до виснаження та загибелі культури. Повитиця може паразитувати на понад 100 видах рослин, включаючи зернові, бобові та овочеві культури. Її присутність викликає суттєві втрати в сільському господарстві, позбавляє її врожайності, знижує якість продукції та ускладнює механізоване збирання врожаю [11].

Повитиця поширена в Україні, особливо на полях із зерновими, бобовими культурами та овочами. За даними Держпродспоживслужби, у 2019 році повитиця була зафіксована в 16 областях України на загальній площі 22,86 тисячі гектарів. У 2019 році площі зараження повитицею залишилися значними, особливо в південних регіонах України, таких як Одеська та Миколаївська. Станом на 01.01.2025 року площі зараження складає 22,7 тисга [4, 16].

Паслін колючий (*Solanum rostratum*) – однорічна рослина родини пасльонових, яка може досягати висоти від 40 до 150 см. Рослина густо вкрита колючками, які легко відламуються, що робить її легко впізнаваною та небезпечною при контакті. Листя нагадує листя картоплі, також вкрите колючками. Квіти великі, жовтого кольору. Плід – куляста напівсуха ягода,

вкрита колючками, яка містить 70-80 насінин.Паслін колючий є токсичним для багатьох сільськогосподарських тварин, оскільки його листя містить отруйні речовини. Засмічення пасовищ цим бур'яном знижує їх продуктивність, оскільки тварини відмовляються поїдати траву, змішану з пасльоном. Крім того, рослина є резерватом для шкідників, таких як колорадський жук, та сприяє розвитку вірусних захворювань картоплі і томатів [12].

Батьківщиною пасльону колючого є Північна Америка, звідки його було завезено до Європи. В Україні перші виявлення цього бур'яну датуються 1928 роком. Наразі він поширений у південних та східних областях України, зокрема в Одеській, Херсонській, Донецькій та Луганській областях.З того часу він активно поширюється, засмічуючи межі, городи, баштани, виноградники, люцерну, а також зріджені посіви як озимих, так і ярих культур.У 2019 році паслін колючий продовжував поширюватися на нові території України, зокрема на зернових полях південних і центральних областей.Станом на 01.01.2025 року площі зараження складає 134 тис га. Його присутність створювала значні труднощі при механізованому збиранні врожаю через колючки, які можуть травмувати працівників та пошкоджувати обладнання. Крім того, засмічення пасльоном знижувало якість кормів, роблячи їх непридатними для годівлі тварин [12, 16].

Карантинні бур'яни становлять серйозну загрозу для сільськогосподарських культур та екосистем, оскільки ці бур'яни активно конкурують із культурними рослинами за поживні речовини, вологу та світло, знижують врожайність та погіршують якість продукції. Бур'яни активно поглинають воду, поживні речовини та сонячне світло, необхідні для росту культурних рослин. Це призводить до обмеження доступу культур до цих ресурсів, що негативно впливає на їх розвиток та врожайність. Зокрема, Амброзія полинолиста та Сорго алепське розвивають потужну кореневу систему і надземну масу, споживаючи з ґрунту велику кількість поживних речовин. Наявність бур'янів на полях спричиняє зниження врожайності сільськогосподарських культур. Крім того, бур'яни можуть погіршувати якість продукції, наприклад, засмічуючи зерно або знижуючи харчову цінність кормів для тварин. Також можуть змінювати структуру та функціонування екосистем, витісняючи місцеві види рослин і знижуючи біорізноманіття. Це може призвести до дисбалансу в екосистемах та негативно вплинути на тварин, які залежать від місцевої флори. Наприклад, поширення Амброзії полиноистої не тільки пригнічує розвиток сільськогосподарських культур, але й спричиняє алергійні захворювання людей у період цвітіння. Боротьба з бур'янами вимагає значних фінансових витрат на гербіциди, механічну обробку та інші заходи контролю. Без належного контролю бур'яни можуть призвести до зниження продуктивності полів і збитків для сільськогосподарських господарств.Таким чином, карантинні бур'яни становлять серйозну загрозу для сільського господарства та екосистем, вимагаючи постійного моніторингу та ефективних заходів боротьби для мінімізації їх негативного впливу [13].

Методи боротьби з карантинними бур'янами. Ефективна боротьба з карантинними бур'янами потребує комплексного підходу, що включає агрохімічні, біологічні, механічні та інтегровані методи. Кожен із них має свої особливості та ефективність залежно від виду бур'яну, умов вирощування культур і природних факторів.

Агрохімічні методи. Застосування гербіцидів є одним із найпоширеніших методів боротьби з карантинними бур'янами. Використовують ґрунтові гербіциди (вносяться перед або після висіву для запобігання проростанню бур'янів) і післясходові (впливають на рослини у фазі їх активного росту). Вибір препарату залежить від виду бур'яну та культури. Надмірне використання хімічних засобів може спричинити резистентність рослин та забруднення навколишнього середовища, тому агрохімічні методи доцільно поєднувати з іншими засобами контролю [14].

Біологічні методи. Цей підхід передбачає використання природних ворогів карантинних бур'янів, таких як комахи-фітофаги, патогенні мікроорганізми або рослини-конкуренти. Наприклад, певні види грибів і бактерій здатні вражати бур'яни без шкоди для культурних рослин. Біологічні методи екологічно безпечні, але потребують тривалого часу для досягнення ефекту та ретельного підбору біоагентів [14].

Механічні методи. Фізичне знищення бур'янів включає оранку, скошування, мульчування та ручне видалення. Оранка й боронування допомагають знищити кореневища багаторічних бур'янів і виснажити їхню кореневу систему. Скошування ефективне проти однорічних рослин, але потребує регулярного повторення. Мульчування обмежує проростання насіння бур'янів, зменшуючи їхню чисельність [14].

Інтегровані методи управління бур'янами. Найбільш ефективним є поєднання різних методів боротьби в межах інтегрованої системи управління. Це включає чергування культур, використання стійких сортів, поєднання хімічних, механічних та біологічних заходів. Такий підхід дозволяє мінімізувати негативний вплив на довкілля та забезпечити довгостроковий контроль над карантинними бур'янами [14].

Проблеми та перспективи контролю за карантинними бур'янами. Карантинні бур'яни становлять значну загрозу для сільського господарства України, вони витісняють культурні рослини, знижують урожайність. Останніми роками в Україні, внаслідок зниження рівня культури землеробства, різко зросла забур'яненість сільськогосподарських угідь. Потенційна засміченість орного шару пояснюється більшою в середньому на третину і становиться в зонах достатнього зволоження – 1,47, нестійкого зволоження – 1,71 і недостатнього зволоження – 1,14 млрд шт./га. Однією з головних труднощів є висока пристосованість до нових умов, утворення стійких популяції та активне розмноження. Недостатній моніторинг та контроль, а також кліматичні зміни сприяють розширенню ареалу інвазивних рослин, що особливо помітно в південних і центральних регіонах України. Перспективи боротьби з карантинними бур'янами пов'язані з впровадженням новітніх технологій, таких

як супутниковий моніторинг та геоінформаційні системи, які можуть швидко з'явитися поширення нових осередків. Розвиток біологічних методів, зокрема використання природних ворогів бур'янів, може значно зменшити їхню популяцію. Інтегрований підхід, що впливає на механічні, агрохімічні та біологічні методи, є найефективнішим способом контролю. Наприклад впровадження сидератів та використання стійких сортів культури допомагають зменшити кількість карантинних бур'янів без сильного застосування хімічних препаратів [15].

Важливо також проводити просвітницьку роботу серед аграріїв, організовувати семінари та тренінги для підвищення рівня обізнаності про проблему. Створення нових екологічно безпечних гербіцидів та розробка генномодифікованих культур, стійких до бур'янів, також може стати ключовим напрямком боротьби у майбутньому. Комплексний підхід, що включає інноваційні технології, ефективний моніторинг та освітні заходи, дозволяє мінімізувати шкоду від інвазивних видів та забезпечити стійкість сільського господарства України.

Висновок. Карантинні бур'яни становлять серйозну загрозу для аграрного сектору України, спричиняючи втрату врожаю та додаткові витрати на їх контроль. Основними викликами є швидке поширення цих рослин, адаптація до змінних умов довкілля та формування стійкості до хімічних засобів боротьби. Ефективний контроль за карантинними бур'янами потребує комплексного підходу, що включає агротехнічні, механічні, хімічні та біологічні методи. Впровадження сучасних технологій моніторингу, використання природних ворогів бур'янів та підвищення обізнаності аграріїв сприятиме зниженню шкоди, завданої інвазивними видами.

З огляду на постійне зростання площі заражених бур'янами необхідно вдосконалити національні програми контролю, посилити законодавче регулювання та розширити наукові дослідження в цій сфері. Тільки комплексні заходи дозволяють зберегти врожайність і стає виробництво сільськогосподарської

Список використаної літератури

1. Амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.): веб-сайт: URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%B1%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%96%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0
2. Амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.) URL: https://nppg.gov.ua/uk/node/115?utm_source=chatgpt.com
3. Розповсюдження Амброзії полинолиста в Україні: веб-сайт: https://www.rivneprod.gov.ua/2019/05/07/zelenyj-agresor-ambroziyapolynolysta/?utm_source=chatgpt.com
4. Площі поширення інвазивних бур'янів : веб-сайт: https://superagronom.com/news/9915-viznacheno-yaki-karantinni-buryani-lidiruyutza-ploschami-poshirenniya-v-ukrayini?utm_source=chatgpt.com

5. Ценхрус довгоголковий (*Cenchrus longispinus*): веб-сайт:
https://www.fitolab.volyn.ua/informuiemo/580-tsenkhrus-dovhoholkovyi-cenchruslongispinus-fernald?utm_source=chatgpt.com.
6. Ценхрус довгоголковий поширення: веб-сайт:
https://dpssc.gov.ua/fitosanitariia-kontrol-u-sferi-nasinnnytstva-tarozsadnytstva/aktualna-informatsiia/1736/uvaha-karantynnyi-burian-tsenkhrusiakirtsevyi.html?utm_source=chatgpt.com
7. Гірчак повзучий (*Acroptilon repens* L.): веб-сайт:
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9%D0%B3%D1%96%D1%80%D1%87%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%87%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D0%B9?utm_source=chatgpt.com
8. Гірчак повзучий площі зараження: веб-сайт:
https://agrotimes.ua/agronomiya/na-zaporizhzhzi-zaprovadyly-karantynnyj-rezhymcherez-nebezpechnyj-buryan/?utm_source=chatgpt.com
9. Сорго алепське (*Sorghum halepense* L.): веб-сайт:
https://superagronom.com/bur-yani-bagatorichni/gumay-sorgo-alepskeid16873?utm_source=chatgpt.com.
10. Сорго алепське площі зараження: веб-сайт:
https://www.fitolab.volyn.ua/informuiemo/444-sorho-alepske-humai-nebezpechnakarantynna-otruina-roslyna?utm_source=chatgpt.com
11. Повитиця (*Cuscuta* spp.): веб-сайт:
<https://voldpss.gov.ua/viewNews/stryhy-striga-spp-ta-povytytsi-cuscuta-sppnebezpechni/>
12. Паслін колючий (*Solanum rostratum*): веб-сайт:
https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%87%D0%B8%D0%B9?utm_source=chatgpt.com
13. Загроза з сторони карантинних бур'янів: веб-сайт:
<https://propozitsiya.com/ua/karantinni-buryani-v-umovah-ukrayini-0> Ефективні заходи контролю: веб-сайт: <https://fitolab.zhitomir.org/2017/02/08/borotba-z-karantynnymy-buryanamy/> Контроль карантинних бур'янів. веб-сайт: <https://kyinskagromada.gov.ua/news/1600842828/>
14. Огляд поширення карантинних організмів в Україні: веб-сайт:
https://dpss.gov.ua/fitosanitariya-kontrol-u-sferi-nasinnictva-ta-rozradnictva/fitosanitarij-kontrol/oglyad-poshirennja-karantinnih-organizmiv-vukrayini?utm_source=chatgpt.com

Яна ДОВГАЛЮК⁹,
Студентка 2-го курсу,
Факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ЗДАТНІСТЬ РОСЛИН ФУНКЦІОНУВАТИ В УМОВАХ ПОСУХИ ТА ВАЖЛИВІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ

***Анотація.** Дана стаття присвячується посухостійкості рослин та важливість поживних речовин. Поживні елементи відіграють вирішальну роль у підвищенні ефективності використання води та стійкості до посухи в умовах обмеженого водопостачання. І найголовніше - забезпечення рослин правильними макро- та мікроелементами, навіть в умовах несприятливих факторів, дає змогу отримувати стабільно високі врожайі. Важливо зазначити, що стабільність врожайності сільськогосподарських культур тісно пов'язана з даною здатністю рослин переживати не сприятливі температури та обмежену вологість, а також є важливим показником рослин в сільському господарстві.*

***Ключові слова:** поживні речовини, макроелементи, мікроелементи, посухостійкість рослин.*

***Annotation.** This article focuses on plant drought tolerance and the importance of nutrients. Nutrients play a crucial role in increasing water use efficiency and drought resistance in conditions of limited water supply. And most importantly, providing plants with the right macro- and micro-nutrients, even in the face of unfavorable factors, allows for consistently high yields. It is important to note that the stability of crop yields is closely related to this ability of plants to survive unfavorable temperatures and limited humidity, and is an important indicator of plants in agriculture.*

***Keywords:** nutrients, macronutrients, micronutrients, drought tolerance of plants.*

Вступ. Посухостійкість являє собою здатність культурних рослин підтримувати ріст і розвиток в умовах посухи. Рослини здатні боротися з посухою на клітинному рівні, як додаткові засоби може бути мінеральне живлення. Посухостійкість у рослин дуже складна і часто поєднує в собі різні категорії механізмів, які забезпечують посухостійкість на різних стадіях розвитку.

Мета. Дослідити роль та значення основних макро- та мікроелементів у забезпеченні стійкості рослин до посухи, урожайності та імунітету рослин.

⁹ Науковий керівник – Мазур О.В, к.с.-г.н., доцент, завідувач кафедри рослинництва та садівництва

Виклад основного матеріалу. Коли води не вистачає, рослини зазнають значних змін у метаболізмі. Внутрішньоклітинна вільна вода зменшується, а концентрація клітинного соку збільшується. Підвищується проникність мембран, знижується активність ферментів, руйнується структура білків та інших полімерів і, зрештою, відбувається їх денатурація. Гідроліз різних органічних речовин переважає над синтезом. Накопичуються низькомолекулярні білки, розкладаються полісахариди і збільшується концентрація розчинних вуглеводів. З одного боку, це осмотично активні речовини, і їх підвищений вміст сприяє збільшенню концентрації вакуолярного клітинного соку та осмотичного тиску, збільшуючи таким чином поглинання води. З іншого боку, склад клітини змінюється і значна частина іонів залишає клітину, що призводить до пригнічення синтезу та інактивації ферментів. Як наслідок, виникає дисбаланс між виробленням активних форм кисню (АФК) і захисних антиоксидантів, що призводить до накопичення АФК і окислювального пошкодження білків, мембранних ліпідів та інших клітинних компонентів. Як наслідок, сповільнюється ріст, пригнічується поділ і подовження клітин, а клітини стають меншими. При обмеженні водопостачання пригнічується фотосинтез рослин, що призводить до закриття продихів, зменшення надходження вуглекислого газу та пригнічення структури мітохондрій і синтезу хлорофілу. Крім того, під час посухи в клітинах накопичуються токсичні речовини. Важливим є своєчасне постачання макроелементів для підвищення ефективності використання води рослинами [1].

Рис. 1. Поживні елементи

Позакореневе підживлення добривами на основі екстрактів морських водоростей – це біостимулятор, наприклад, сіамін, що надає стресостійкості рослині, як і продуктивності та розвитку кореневої системи, а також амінокислотними препаратами, що являють собою ефективні засоби підвищення посухостійкості [2].

Перелік елементів, які допомагають підвищити стійкість рослин елементів і є необхідними для рослини:

Калій (K) є важливим елементом для багатьох фізіологічних процесів у рослинах. Хоча він не входить до складу органічних молекул, він виконує важливі функції, які підтримують загальний стан здоров'я рослин. Калій необхідний для підтримки здорового росту, розвитку та продуктивності рослин. Правильне внесення калію покращує врожайність, якість продукції та стійкість до посухи, високих і низьких температур.



Рис. 2. Вплив біостимуляторів

Мідь (Cu) є важливим мікроелементом для рослини і виконує кілька ключових функцій, необхідних для здорового росту, і розвитку рослин. Вона також входить до складу білків та ферментів, що беруть участь у фотосинтезі. Мідь також покращує поглинання поживних речовин і води та допомагає рослинам з кріпитися в ґрунті, адже вона необхідна для синтезу лігніну, який зміцнює клітинні стінки і таким чином підвищує стійкість рослин до фізичних ушкоджень і патогенів. Цей елемент є ключовим компонентом кількох важливих ферментів, у тому числі тих, що беруть участь у клітинному диханні, синтезі білків та вуглеводному обміні. Окрім вище зазначених переваг, мідь також бере участь у формуванні кореневої системи та розвитку корневих волосків, що сприяє закріпленню рослин у ґрунті та кращому засвоєнню поживних речовин і води. Саме тому моно- добрива використовуються для позакореневого підживлення.

Марганець (Mn) – присутній у рослинах переважно у відновленому окисленому стані. Переміщується переважно у вигляді соку ксилеми, як вільний не комплексний іон і має високу рухливість висхідного напрямку. Відіграє

важливу роль у підтримці здорового росту і розвитку рослин, ефективному фотосинтезі метаболізмі азоту та захисті від окислювального стресу.

Кремній (Si) є важливим елементом, і в багатьох культурах, особливо зернових, кремній має значний вплив на ріст рослин і стійкість до різних стресів. Рослини поглинають Si виключно у формі моносилікатів, шляхом дифузії та поглинання з коренів, відомого як масовий потік.

Таким чином, перераховані поживні речовини допомагають рослинам бути більш стресостійкими, підвищують стійкість до хвороб і шкідників, сприяють проходженню всіх фізіологічних процесів і в цілому підвищують врожайність, якість продукції та стійкість до несприятливих погодних умов. Однак завжди слід пам'ятати, що жодна поживна речовина не може замінити вологу. Адже збільшення концентрації мінеральних добрив в умовах дефіциту вологи може зашкодити рослині [3].

Ці добрива містять компоненти, які сприяють формуванню більш розвиненої кореневої системи та покращують використання води.

Антистресовий ефект проявляється в регуляції функції продихів і транспірації, синтезі антиоксидантних ферментів, синтезі фенольних сполук та підвищенні міцності клітинної стінки, що знижує чутливість рослин до дефіциту води. Позакореневе внесення відповідних добрив може регулювати мінеральне живлення і підготувати рослину до посухи.

Важливі механізми посухостійкості:

- Рослини швидко розвиваються, випереджаючи час, коли умови стають надто посушливими, що свідчить про їхню скоростиглість.

- Завдяки глибоким кореням вони можуть добувати воду з великих глибин.

- У періоди найсильнішої посухи рослини здатні знижувати метаболічну активність або переходити у стан спокою.

Запобігаючими діями при втраті водие:

- Регулювання відкриття продихів допомагає зменшити втрату води через процес транспірації.

- Опушення, наявність товстої кутикули та інші адаптивні зміни структури листя також сприяють зниженню транспірації.

- Скорочення площі листової поверхні або скручування листків дозволяють зменшити вплив прямого сонячного випромінювання.

У процесі дослідження посухостійкості рослин було визначено три основні типи адаптаційних реакцій:

Перший тип пов'язаний із уникненням впливу стресових факторів завдяки скоростиглості або входженню у стан вимушеного спокою протягом окремих етапів вегетаційного періоду.

Другий тип включає механізми, які запобігають діям стресових чинників. Сюди належать постійне поглинання води рослинами з розвиненою глибокою кореневою системою та низьким опором висхідного руху води, мінімізація втрати вологи, через закриття продихів, наявність опушеного покриву,

потовщена кутикула, скручування листкових пластинок і зменшення площі листя.

Третій тип характеризується витривалістю до стресу, яка забезпечується балансом між синтетичними та гідролітичними процесами, осмотичним регулюванням тургору, стабільністю мембранних структур і подібними адаптивними механізмами [4].

Посуха є серйозною загрозою для сільського господарства та екосистем у всьому світі, викликаючи зниження врожайності, загибель рослин і деградацію ґрунтів. Тому впровадження ефективних заходів задля протистояння посусі й підтримання здорового стану рослин має вирішальне значення.

Одним із ключових рішень є використання посухостійких сортів рослин, що розробляються селекціонерами, спрямованими на адаптацію до тривалих періодів без опадів. Раціональне використання водних ресурсів також відіграє важливу роль: крапельне зрошення, мульчування та інші сучасні технології допомагають зменшити втрати вологи [5].

Агротехнічні заходи, такі як: глибока оранка чи раціональна обробка ґрунтів, сприяють утриманню вологи. Збалансоване живлення рослин, зокрема внесення фосфорних і калійних добрив, посилює їхню стійкість до стресових умов. Антистресанти й біостимулятори додатково допомагають підтримувати фізіологічні процеси рослин, мінімізуючи вплив негативних чинників.

Важливо забезпечувати захист посівів від хвороб і шкідників, адже здорові рослини краще адаптуються до несприятливих умов. Ще одним ефективним методом є створення захисних лісосмуг, які зменшують випаровування вологи й захищають рослини від сильного вітру.

Ключовим фактором успіху є правильний вибір часу посіву. Наприклад, ранні посіви допомагають рослинам максимально ефективно використовувати весняну вологу. Крім того, застосування технологій точного землеробства дозволяє оптимізувати витрати ресурсів і мінімізувати втрати води.

Моніторинг ґрунтів і стану посівів дає можливість своєчасно реагувати на зміни кліматичних умов і коригувати агротехнічні процеси. У контексті змін клімату комплексний підхід до адаптації сільського господарства стає все більш необхідним.

Тісна співпраця між науковцями, фермерами та урядами є ключовою умовою для ефективного впровадження інновацій. Крім того, важливо підвищувати обізнаність суспільства щодо раціонального використання водних ресурсів.

Ефективне управління водними ресурсами передбачає не лише будівництво водосховищ і розвиток систем зрошення, а й врахування локальних природно-кліматичних умов при розробці технічних рішень. Використання органічних добрив допомагає покращити структуру ґрунтів і підвищити їх водоутримувальні властивості.

Системи прогнозування посух забезпечують фермерам можливість заздалегідь вживати необхідних заходів для мінімізації ризиків. Підтримка

біорізноманіття також відіграє значну роль, оскільки різноманітні екосистеми стійкіше переносять стресові фактори.

Не варто забувати про економічну доцільність заходів: інвестиції в сучасні технології й інфраструктуру є необхідною умовою для ефективного управління водними ресурсами. Системи страхування врожаю від посух також допомагають знизити ризики для сільськогосподарських виробників. Паралельно варто проводити освітні заходи та консультування фермерів щодо ефективних стратегій протидії посусі.

Висновки. Здатність рослин переносити посуху має вирішальне значення для забезпечення продовольчої безпеки в умовах мінливого клімату. Ефективне використання доступних поживних речовин відіграє ключову роль у підвищенні стійкості рослин до посухи. Розуміння механізмів, за допомогою яких рослини адаптуються до посухи, може допомогти розробити стратегії для покращення виживання рослин. Дослідження показують, що певні елементи, такі як калій і фосфор, допомагають регулювати водний баланс і осмотичний тиск у клітинах рослин. Використання сучасних технологій, таких як точне землеробство та застосування біостимуляторів, може допомогти поліпшити постачання поживних речовин рослинам у стресових умовах. Важливо також виводити сорти рослин, стійкі до посухи та ефективно використовувати наявні ресурси. Подальші дослідження в цій галузі сприятимуть розробці ефективних стратегій для забезпечення сталого сільського господарства в умовах посухи.

Список використаної літератури

1. Волошин М.Д., Черненко Я.М., Іванченко А.В., Олійник М.А. Мінеральні добрива. 2016 р., 351 с.
2. Домарацький Є.О., Базалій В.В., Бойко М.О. Агробіологічне обґрунтування вирощування зернових культур в зоні Степу за умов кліматичних змін, 2018 р., 334 с.
3. Колодійчук В.Д., Кривенко А.І., Шушківська Н. І. Центр навчальної літератури, Практикум із сільськогосподарської фітопатології, 2017 р., 232 с.
4. Скляр В.Г. Університетська книга, Екологічна фізіологія рослин, 2023 р., 271 с.
5. Злобін Б. А. Університетська книга, Курс фізіології і біохімії рослин, 2023 р., 463 с.

Роман ЗАЯЦЬ¹⁰,
студент 1 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ДІАТОМОВІ ВОДОРОСТІ: МОРФОЛОГІЯ, ФІЗІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

***Анотація.** Діатомові водорості (Bacillariophyta) є ключовими організмами водних екосистем, що напряду впливають на їхню продуктивність і стабільність. У статті детально розглянуто морфологію діатомей, зокрема будову кремнієвих фрустул. Проаналізовано фізіологічні процеси – фотосинтез, поглинання поживних речовин і кремнієвий обмін. Висвітлено роль діатомей у біогеоценозах як первинних продуцентів із детальним аналізом їхньої взаємодії з іншими організмами. Окремо розглянуто екологічне значення, включно з трофічними зв'язками та процесом біоіндикації. На основі літератури обґрунтовано перспективи їхнього вивчення.*

***Ключові слова:** діатомові водорості, морфологія, фізіологія, біогеоценоз, екологічне значення, біоіндикація.*

***Annotation.** Diatoms (Bacillariophyta) are key organisms in aquatic ecosystems, influencing their productivity and stability. The article thoroughly examines diatom morphology, particularly the structure of silica frustules. Physiological processes – photosynthesis, nutrient uptake, and silica metabolism – are discussed. The role of diatoms in biogeocenoses as primary producers is explored, with an in-depth analysis of their interactions with other organisms. Their ecological significance, including trophic relationships and the bioindication process, is also addressed. Based on literature, prospects for further research are substantiated.*

***Keywords:** diatoms, morphology, physiology, biogeocenosis, ecological significance, bioindication.*

Вступ. Діатомові водорості (Bacillariophyta) є однією з найчисленніших і екологічно значущих груп мікроскопічних організмів, що населяють водні екосистеми – від прісних озер і річок до морів та океанів. Їхня унікальність полягає в наявності кремнієвої клітинної стінки – фрустули, яка не лише забезпечує механічний захист, а й відіграє ключову роль у кругообігу кремнію в природі. Як первинні продуценти, діатомеї формують основу трофічних ланцюгів водних біогеоценозів, продукуючи значну частину органічної речовини та кисню завдяки фотосинтезу. За оцінками вчених, ці організми забезпечують до 20-25% глобальної первинної продукції, що робить їх

¹⁰ Науковий керівник – Яковець Л.А. кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

незамінними для підтримки біосферних процесів і стабільності екосистем [1]. Їхня здатність адаптуватися до широкого спектра умов середовища, включаючи температуру, солоність і концентрацію поживних речовин, свідчить про високу еволюційну пластичність, що зумовлює їхнє повсюдне поширення.

Екологічна роль діатомових водоростей не обмежується продукуванням біомаси. Вони є чутливими біоіндикаторами, що реагують на зміни якості води, такі як забруднення органічними речовинами, важкими металами чи закислення. [3].

Метою цієї статті є систематизація сучасних знань про морфологію, фізіологію, біогеоценоз і екологічне значення діатомових водоростей на основі відкритих літературних джерел, переважно українських авторів. Завдання дослідження включають: аналіз будови фрустули та її адаптивного значення, розгляд фізіологічних процесів, таких як фотосинтез і кремнієвий обмін, оцінку ролі діатомей у біогеоценозах як первинних продуцентів, а також визначення їхнього екологічного значення, зокрема як біоіндикаторів і учасників глобальних циклів.

Окремим завданням є окреслення перспектив подальших досліджень у напрямі вивчення адаптацій діатомей до антропогенних змін і їхнього практичного використання.

Виклад основного матеріалу. *Морфологія діатомових водоростей.* Морфологія діатомових водоростей (*Bacillariophyta*) визначається унікальною будовою їхньої клітинної стінки – фрустулою, яка складається з аморфного діоксиду кремнію (SiO_2).

Фрустула утворена двома основними частинами: епітекою (верхньою стулкою) і гіпотекою (нижньою стулкою), що з'єднуються за допомогою пояскових обручів. Ця структура нагадує коробку з кришкою, де епітека дещо більша за гіпотеку, що дозволяє клітині ділитися шляхом мітозу.



Рисунок 1. Будова *Naviculalanceolat*

Поверхня фрустули пронизана численними порами (ареолами), які утворюють складні візерунки –стрії, ребра або канали, залежно від виду.

Ці візерунки є ключовими таксономічними ознаками, що дозволяють класифікувати діатомеї на два основні типи: центричні (з радіальною симетрією) та піннатні (з двобічною симетрією) [1].

Розміри діатомових клітин варіюють у широких межах – від 2 мкм у дрібних планктонних видів (наприклад, *Chaetoceros simplex*) до 2 мм у великих бентосних форм (наприклад, *Coscinodiscus granii*). Форма фрустули також надзвичайно різноманітна: кругла, овальна, трикутна, видовжена, зірчаста чи навіть голчаста, що залежить від екологічної ніші виду. Кремнієвий панцир виконує захисну функцію, оберігаючи клітину від хижаків (наприклад, копепод) і механічних пошкоджень, а також регулює плавучість у воді, що є критичним для планктонних видів [2]. Після загибелі клітин фрустула осідає на дно, формуючи діатомові мули, які з часом перетворюються на осадові породи, відомі як діатоміт.

Конкретним прикладом піннатного виду є *Navicula lanceolata*, поширений у прісних водоймах України, зокрема на Дніпрі та Десні. Цей вид має видовжену ланцетоподібну форму з двобічною симетрією: довжина клітини становить 3050 мкм, ширина – 6-8 мкм, товщина фрустули – близько 1 мкм. Стулки вкриті паралельними стріями (10-12 на 10 мкм), які складаються з ареол діаметром 0,2-0,3 мкм. У центральній частині фрустули розташована рафе – поздовжня щілина довжиною 20-30 мкм, що забезпечує рух клітини по субстрату завдяки виділенню слизу через спеціальні канали. Кінці стулочок загострені, що полегшує ковзання в бентосному середовищі. Внутрішня структура клітини включає хлоропласти, розташовані вздовж стінок, і ядро в центрі, оточене цитоплазмою. Така будова адаптує *Navicula lanceolata* до життя на поверхні мулу чи каменів, де вона активно переміщується зі швидкістю до 10 мкм/с [3].

Іншим прикладом є центричний вид *Thalassiosira weissflogii*, типовий для морських екосистем, зокрема Чорного моря. Цей вид має дископодібну форму з радіальною симетрією, діаметр клітини становить 10-20 мкм, а товщина фрустули – 0,8-1,2 мкм. Поверхня стулочок вкрита ареолами (діаметр 0,3-0,5 мкм), розташованими концентричними рядами (8-10 ареол на 10 мкм), що утворюють сітчастий візерунок. У центрі фрустули є невелика депресія, від якої розходяться тонкі кремнієві ребра (довжина 2-3 мкм), що надають додаткову міцність. Пояскові обручі мають мікроскопічні шипи (висота 0,1-0,2 мкм), які сприяють з'єднанню клітин у ланцюжки довжиною до 100 мкм. Ця структура забезпечує плавучість і стійкість у товщі води, що є критично важливим для планктонного способу життя *Thalassiosira weissflogii* [4]. Хлоропласти розташовані по периферії клітини, оптимізуючи поглинання світла.

На рисунку 1 зображено схему будови фрустули *Navicula lanceolata*, що ілюструє її піннатну симетрію та рафе. На рисунку 2 зображено її вигляд під електронним мікроскопом. На рисунку 3 зображено схему будови фрустули *Thalassiosira weissflogii*, що демонструє її центричну симетрію та сітчастий візерунок.

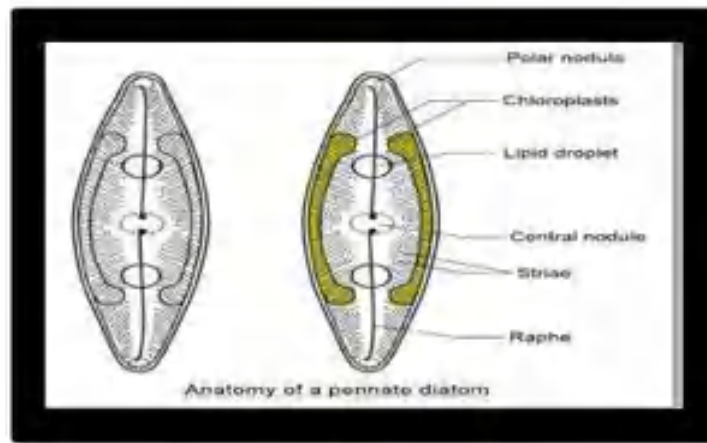


Рисунок 2. *Naviculalanceolata*

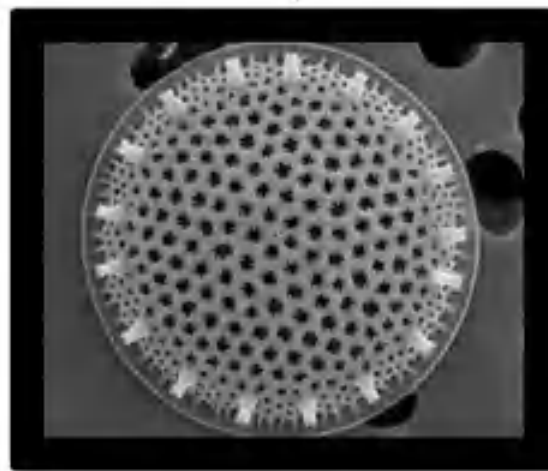


Рисунок 3. *Thalassiosira weissflogii*

Морфологічна різноманітність діатомей є результатом еволюційних адаптацій до різних умов середовища. Наприклад, піннатні види, такі як *Navicula lanceolata*, пристосовані до бентосного життя завдяки рафе та видовженій формі, тоді як центричні види, як *Thalassiosira weissflogii*, оптимізовані для планктонного існування через дископодібну форму й легку фрустулу. Ці особливості не лише визначають екологічну нішу виду, а й впливають на його фізіологічні процеси, такі як поглинання поживних речовин і фотосинтез [5]. Крім того, складність візерунків фрустули використовується в таксономії для ідентифікації видів за допомогою світлової чи електронної мікроскопії.

Фізіологія. Фотосинтез є основним джерелом енергії для діатомових водоростей. У цьому процесі світлова енергія перетворюється на хімічну, що використовується для синтезу органічних сполук із вуглекислого газу (CO_2) і води (H_2O), при цьому виділяється кисень (O_2). Загальне рівняння фотосинтезу виглядає так:



У діатомей фотосинтез залежить від наявності пігментів, зокрема хлорофілу *a*, хлорофілу *c* і фукоксантину. Фукоксантин поглинає світло в синьозеленій частині спектру (450-550 нм) і надає діатомеям характерного буроватого кольору. Розташування хлоропластів у клітині залежить від способу

життя: у планктонних видів вони розміщені по периферії для максимального поглинання світла, а у бентосних – можуть концентруватися в певних ділянках для захисту від надмірної інсоляції.

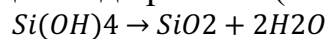
До прикладу вид *Thalassiosira pseudonana* – дрібна центрична діатомея (діаметр 4-6 мкм), поширена в морських екосистемах, у оптимальних умовах продукує до 20 мкг кисню на клітину за годину. Вміст хлорофілу *a* становить близько 0,5 пг/клітину, а фукоксантину – 0,2 пг/клітину, що забезпечує високу ефективність фотосинтезу, завдяки чому *T. pseudonana* часто домінує у весняних цвітіннях фітопланктону.

Для росту і фотосинтезу діатомеям потрібні макроелементи (нітрати NO_3^- , фосфати PO_4^{3-} , кремній Si) та мікроелементи (Fe, Zn, тощо). Поглинання відбувається через пори у фрустулі та за допомогою спеціалізованих транспортних систем у клітинній мембрані.

Цікавий приклад: *Cyclotella meneghiniana* – вид, поширений у прісних і солонуватих водоймах (діаметр 5-15 мкм), який поглинає фосфати зі швидкістю до 0,05 пмоль/клітину·год за концентрації PO_4^{3-} 0,02 мМ. У разі дефіциту фосфору цей вид синтезує фосфатази – ферменти, що розщеплюють органічні фосфати для отримання додаткового фосфору.

Крім того, *C. meneghiniana* здатна до гетеротрофного живлення, поглинаючи розчинені органічні сполуки у темряві або за низької освітленості.

Кремнієвий обмін – унікальна особливість діатомей, що забезпечує формування їхньої кремнієвої оболонки (фрустули). Діатомеї поглинають розчинену ортокремнієву кислоту ($\text{Si}(\text{OH})_4$) з води, після чого вона полімеризується в аморфний діоксид кремнію (SiO_2):



Цей процес регулюється транспортними білками і залежить від концентрації кремнію в середовищі. Фрустула захищає клітину від хижаків і механічних пошкоджень, а також впливає на кругообіг кремнію в екосистемах.

Екологічне значення діатомових водоростей. Діатомові водорості відіграють надзвичайно важливу роль у природі, впливаючи на екосистеми як на локальному, так і на глобальному рівнях. Їхнє екологічне значення охоплює кілька ключових аспектів: вони є біоіндикаторами якості води, беруть участь у глобальних біогеохімічних циклах, стабілізують водні екосистеми та мають практичне значення для людини.

Біоіндикація. Діатоми широко використовуються як біоіндикатори для оцінки екологічного стану водойм завдяки їхній високій чутливості до змін умов середовища, таких як рН, солоність, концентрація поживних речовин і рівень забруднення. Різні види діатомей мають чітко виражені екологічні преференції, що дозволяє за їхнім видовим складом визначати якість води.

Приклад 1: Вид *Eunotia exigua* переважає в кислих водоймах із рН нижче 5,5, що є ознакою закислення. Наприклад, у малих озерах Карпатського регіону України цей вид часто домінує в умовах природного закислення через високий вміст гумусових кислот [1].

Приклад 2: Вид *Navicula cryptocephala* вказує на евтрофікацію (надлишок поживних речовин) у водоймах із концентрацією розчиненого органічного вуглецю понад 20 мг/л. У нижній течії річки Дніпро (Херсонська область) присутність цього виду свідчить про помірне органічне забруднення через стоки сільськогосподарських угідь [1].

Для кількісної оцінки стану водойм на основі діатомей застосовують індекс сапробності (SI), який розраховується за формулою:

$$SI = \frac{\sum (si \cdot ni)}{\sum ni}$$

де *si* – сапробність виду, *ni* – його чисельність. Значення SI від 1 (чиста вода) до 4 (сильне забруднення) вказує на стан водойми [1].

Діатомеї також зв'язують CO₂, зменшуючи парниковий ефект, і формують діатоміт для промисловості [10]. Наприклад:

У верхів'ях Дніпра SI становить 1,5-2,0, що вказує на слабке забруднення, у нижній ж течії Дніпра SI досягає 2,5-3,0 через промислові та побутові стоки [1]. Процес біоіндикації за допомогою діатомей:

- Взяття зразків води та осаду з водойми.
- Аналіз видового складу діатомей за допомогою світлової або електронної мікроскопії.
- Обчислення SI або інших екологічних індексів (наприклад, індексу трофності).
- Визначення екологічного стану (чиста, слабо забруднена, сильно забруднена водойма).

Участь у кругообігу речовин. Діатомові водорості є ключовими учасниками кругообігу кремнію, вуглецю та кисню, впливаючи на глобальні біогеохімічні процеси.

Кругообіг кремнію: Діатомеї використовують розчинену ортокремнієву кислоту (Si(OH)₄) для створення своїх кремнієвих панцирів. Після загибелі клітин ці фрустула осідають на дно, де частина кремнію повертається у воду через розчинення, а частина "захоронюється" в осадах. У світовому океані діатомеї щорічно виводять із кругообігу близько 240 мільйонів тонн кремнію, що впливає на його доступність для інших організмів [5]

Кругообіг вуглецю: Під час фотосинтезу діатомеї поглинають CO₂, синтезуючи органічні сполуки. Після осідання їхньої біомаси на дно частина вуглецю «захоронюється» в осадових породах, сприяючи зменшенню концентрації CO₂ в атмосфері. За оцінками, в океанах діатомеї щорічно «захоронюють» 30-50 мільйонів тонн вуглецю [6].

Кругообіг кисню: Завдяки фотосинтезу діатомеї продукують значну кількість кисню. У морських екосистемах вони забезпечують 20-25% кисню, що виділяється фітопланктоном [5].

Роль діатомей у кругообігу кремнію:

- Діатомеї засвоюють Si(OH)₄ із водного середовища.
- Синтез кремнієвих панцирів (SiO₂).

• Після загибелі клітин фрустула опускаються на дно водойми. □ Розчинення фрустул у воді або їхнє «захоронення» в осадах.

Також діатомові водорості відіграють важливу роль у підтриманні стабільності водних екосистем завдяки їхній участі в трофічних ланцюгах і регуляції поживних речовин.

У прісноводних водоймах бентосні діатомеї, такі як *Navicula lanceolata*, формують біоплівки на поверхні мулистого дна. Ці біоплівки запобігають ерозії субстрату і створюють сприятливе середовище для мікроорганізмів (інфузорій, нематод, тощо) та личинок комах [4].

У планктонних екосистемах швидке розмноження діатомей під час цвітіння забезпечує їжу для зоопланктону, що, у свою чергу, підтримує популяції риб і молюсків.

Також діатомові водорості мають значний потенціал для використання людиною. Кремнієві панцирі діатомей формують осадову породу – діатоміт, який застосовується як фільтрувальний матеріал (наприклад, у пивоварінні), абразив (у зубних пастах) і теплоізолятор у будівництві. Деякі види діатомей, що містять до 40% ліпідів, розглядаються як сировина для виробництва біопалива [10]. Унікальна структура фрустул використовується для синтезу наночастинок і створення біосенсорів.

Висновок. Отже, діатомові водорості (*Bacillariophyta*) є незамінними компонентами водних екосистем, які відіграють величезну роль у природі та маючи значний потенціал для науки і практики. Як первинні продуценти, вони формують основу трофічних ланцюгів, продукуючи до 25% глобальної первинної продукції та підтримуючи біорізноманіття водойм. Їхня унікальна морфологія, зокрема кремнієва фрустула, забезпечує захист клітин і є основою для таксономічної класифікації, тоді як фізіологічні особливості, такі як фотосинтез і обмін кремнію, сприяють адаптації до різноманітних умов середовища. Завдяки чутливості до змін довкілля діатомеї виступають цінними біоіндикаторами, що використовуються для моніторингу екологічного стану водойм. Їхня участь у глобальних кругообігах кремнію та вуглецю підкреслює важливість для регуляції кліматичних процесів.

Список використаної літератури

1. Щербак В. І., Кравцова О. В. Діатомові водорості як біоіндикатори: огляд сучасних підходів. Гідробіологія. 2018. № 54.
2. Іванов О. П. Кремнієвий обмін у діатомових водоростей: біохімічні аспекти. Вісник Київського університету. Серія: Біологія. 2020. № 76.
3. Білик Т. І. Морфологія діатомових водоростей у прісних водоймах України. Наукові записки Тернопільського педагогічного університету. Серія: Біологія. 2019. № 2.
4. Ковальчук А. А. Таксономія та екологія діатомей річок Західної України. Екологія та ноосферологія. 2017. Т. 28, № 1.
5. Проценко Ю. В. Роль фітопланктону в кисневому балансі водойм. Вісник Харківського університету. Серія: Екологія. 2021. № 25.

6. Семенюк Н. Є. Фізіологічні адаптації діатомових водоростей до змін умов. *Біологія та екологія*. 2020. Т. 6, № 2.
- 7.Гринько Р. М. Динаміка фітопланктону в екосистемах України.*Гідробіологічний журнал*. 2016. Т. 52, № 3.
- 8.Литвиненко О. І. Діатомові відклади та їхнє значення.*Геологія України*. 2019. № 4.
9. Кравець О. П. Вплив діатомей на кругообіг вуглецю. *Екологічні науки*. 2021. № 35.
- 10.Зуб Л. М. Біотехнологічний потенціал діатомових водоростей.*Біотехнологія*. 2018. Т. 11, № 2.

Дар'я ЗОЦ¹¹,
студентка 2 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ГРУНТ ЯК ЕКОСИСТЕМА: ЖИВІ КОМПОНЕНТИ ГРУНТУ ТА ЇХНЯ РОЛЬ

Анотація. У даній статті розглядається ґрунт як унікальна природна екосистема, що забезпечує життєдіяльність рослин, мікроорганізмів і тварин. Живі компоненти ґрунту, зокрема бактерії, гриби, безхребетні організми та корені рослин, відіграють ключову роль у підтримці його родючості та екологічної стійкості. Особлива увага приділена процесам гуміфікації, аерації та формуванню структури ґрунту під впливом біологічних факторів. Дослідження цієї теми дозволяє глибше зрозуміти роль ґрунтових біоценозів у збереженні довкілля та раціональному використанні земельних ресурсів.

Ключові слова: ґрунт, органічні речовини, аерація, гуміфікація, мікроорганізми, родючість, екосистема.

Annotation. This article considers soil as a unique natural ecosystem that supports the life of plants, microorganisms and animals. Living components of the soil, in particular bacteria, fungi, invertebrates and plant roots, play a key role in maintaining its fertility and ecological stability. Special attention is paid to the processes of humification, aeration and the formation of soil structure under the influence of biological factors. The study of this topic allows us to better understand the role of soil biocenoses in environmental conservation and rational use of land resources.

¹¹ Науковий керівник – Броннікова Л.Ф., ст. викладач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії

Keywords: *soil, organic matter, aeration, humification, microorganisms, fertility, ecosystem.*

Вступ. Ґрунт є основою життя на Землі, виконуючи важливі екологічні, біологічні та господарські функції. Він не тільки забезпечує ріст і розвиток рослин, а й слугує середовищем існування для безлічі організмів, які беруть участь у процесах ґрунтоутворення, кругообігу поживних речовин і підтримці екологічної рівноваги. Взаємодія цих живих компонентів сприяє підтриманню структури ґрунту, його родючості та водного балансу, а також відіграє важливу роль у глобальних біохімічних процесах. Життя в ґрунті представлене численними мікроорганізмами, грибами, безхребетними тваринами та корінням рослин. Бактерії та актиноміцети здійснюють розкладання органічних залишків і мінералізацію поживних речовин, гриби формують симбіотичні зв'язки з рослинами, покращуючи їхнє живлення, а ґрунтові безхребетні беруть участь у перемішуванні часток ґрунту, аерації та формуванні його структури. Завдяки цим процесам ґрунт виконує свої екологічні функції, такі як очищення води, акумуляція вуглецю, регулювання газообміну та підтримка біорізноманіття.

Однак під впливом людської діяльності, такої як інтенсивне землеробство, хімічне забруднення та урбанізація, біологічна активність ґрунту часто порушується. Це призводить до деградації, втрати гумусу, зниження продуктивності та порушення природних екосистем. У зв'язку з цим вивчення ґрунту як живої екосистеми є надзвичайно важливим для розробки заходів щодо його збереження, відновлення та сталого використання природних ресурсів [1, 4].

Виклад основного матеріалу. Ґрунт – це природне орґано-мінеральне утворення, що сформувалося у верхньому шарі літосфери під впливом природних і людських чинників. Його унікальні морфологічні та генетичні особливості забезпечують необхідні умови для життя та розвитку рослин.

Сучасне ґрунтознавство розглядає ґрунт як складову педосфери разом із ґрунтоподібними утвореннями (педолітами), ґрунтовими плівками та підґрунтовим ярусом біосфери. В межах докучаївського генетичного ґрунтознавства широко використовується субстанційно-функціонально-атрибутивне визначення, згідно з яким ґрунт є складною, багатофазною відкритою системою у верхньому шарі кори вивітрювання гірських порід. Він виконує поліфункціональну роль, характеризується структурною організацією та родючістю, а його формування зумовлене взаємодією гірської породи, організмів, клімату, рельєфу та часу [1].

Педосфера – ґрунтовий покрив Землі, що є одним з найважливіших компонентів екосистеми і біосфери [3].



Рис. 1. Педосфера [7]

Пригадаємо, з чого складається ґрунт. Так, його основні складові: мінеральні солі, вода, пісок, глина, органічні рештки, повітря та живі організми.

Мінеральні солі, необхідні для живлення рослин, це азот, фосфор, калій, в меншій кількості - сірка, кальцій, магній та деякі мікроелементи.

Ґрунт як середовище існування має ряд характерних особливостей: вода і повітря розташовані в порах між частками ґрунту, а склад ґрунтового повітря відрізняється від атмосферного. Освітлення в ґрунті відсутнє, його вологість завжди перевищує вологість повітря, а добові й сезонні коливання температури є незначними.

У ґрунті проживають представники різних груп тварин, таких як найпростіші, круглі й кільчасті черви, членистоногі, павукоподібні, ракоподібні, комахи та хребетні. Серед них є види, що постійно мешкають у ґрунті (наприклад, черви, кліщі), ті, що перебувають у ґрунті лише на певному етапі свого розвитку (личинки), а також тварини, які живуть як у ґрунті, так і в наземному середовищі (мурашки, ящірки). Багато тварин, зокрема комахи та гризуни, зимують у ґрунті.

Організми, що населяють ґрунт, мають значний вплив на його родючість. Рослини через корені вивільняють органічні речовини, які покращують проникність ґрунту для води і повітря. Бактерії, гриби та тварини споживають ці виділення, а також частини живих і мертвих організмів. Тварини створюють у ґрунті систему ходів і тріщин, через які повітря і вода можуть досягати коренів рослин. Ґрунтові тварини постійно переміщують ґрунт, виносячи частки з нижніх шарів на поверхню, тим самим змінюючи хімічний склад і структуру ґрунту. Важливу роль у цьому процесі відіграють черв'яки. Бактерії живляться залишками органічних матеріалів, розкладаючи їх, причому деякі з них здатні розкласти кількість речовини, що в тисячу разів перевищує їхню власну масу [2].

Наприклад дощові черв'яки відіграють важливу роль у підготовці ґрунту для проростання рослин. Завдяки їхній діяльності ґрунт стає більш аерованим.

Вони розпушують його та рівномірно перемішують, створюючи умови, схожі на ті, які створює садівник під час обробки ґрунту для посадки рослин.

Виділяють дві групи функцій, що виконують ґрунти у біосфері: глобальні та біогеоценотичні.



Рис. 2. Аерація ґрунту [4]

Глобальні екологічні функції ґрунтів:

- Ґрунт є ключовим середовищем для розвитку і еволюції життя на нашій планеті. Усього в одному грамі ґрунту можна знайти до одного мільярда бактеріальних клітин, мільйони амеб і джгутиконосців, а також близько тисячі інфузорій. У верхньому шарі родючого ґрунту біомаса бактерій може досягати 400-5000 кг на гектар.

- Ґрунт здійснює важливу роль у великому геологічному та малому біологічному кругообігу речовин на поверхні Землі. Він акумулює біогенні елементи, зберігаючи їх і запобігаючи їхньому швидкому виведенню в гідросферу.

- Ґрунт відіграє важливу роль у регулюванні хімічного складу атмосфери та гідросфери. Він постійно обмінюється газами з нижнім шаром тропосфери, поглинаючи кисень та вивільняючи вуглекислий газ та інші гази. Ґрунтове «дихання», разом із процесами фотосинтезу та дихання живих організмів, підтримує стабільний склад атмосфери. Крім того, ґрунт впливає на формування сольового складу Світового океану.

Ґрунт є найважливішим компонентом біогеоценозів і виконує в ньому біогеоценотичні функції. Ґрунт це умова існування і еволюції організмів:

- Життєвий простір, житло і притулок, механічна опора та депо насіння — це важливі функції ґрунту. Він забезпечує організмам необхідне середовище для життя, служить місцем для їхнього існування та розвитку. Крім того, ґрунт дає механічну підтримку кореням рослин, а також є сховищем для насіння, яке може зберігатися в ньому до моменту проростання.

- Ґрунт є джерелом елементів живлення для рослин, забезпечуючи їх необхідними мінералами та поживними речовинами. Він також виступає як депо вологи, елементів живлення та енергії, що накопичуються та поступово звільняються для організмів. Крім того, ґрунт може діяти як стимулятор або інгібітор різних біохімічних та інших процесів, що відбуваються в екосистемах, впливаючи на їхнє протікання та інтенсивність.

- Ґрунт виступає як адсорбатор, здатний поглинати речовини з атмосфери та ґрунтових вод. Він утримує різноманітні гази, мікроелементи та забруднювачі, запобігаючи їхньому надмірному виведенню в навколишнє середовище та забезпечуючи певний рівень стабільності хімічного складу [1].

Родючість ґрунту є ключовою для росту рослин і безпосередньо впливає на їхню врожайність. Початково родючі землі становлять значну перевагу для фермерів, але їх необхідно підтримувати в хорошому стані, щоб запобігти виснаженню ґрунту.

Родючість полів визначається їх здатністю забезпечувати високі врожаї. Родючі землі містять достатню кількість поживних речовин, необхідних для нормального розвитку рослин. Завдяки наявності макро- та мікроелементів, сільськогосподарські культури ростуть швидше і краще протистоять шкідникам та хворобам.

Родючі поля містять велику кількість гумусу, і чим його більше, тим вища родючість ґрунту. Гумус утворюється з органічних залишків рослинного та тваринного походження в результаті діяльності ґрунтових мікроорганізмів [5]. Основні складові, від яких залежить родючість ґрунту:

- Вміст гумусу.
- Методи обробки поля.
- Мінімальна ерозія ґрунту або її відсутність.
- рН землі на полі.
- Баланс поживних речовин.

Обробка ґрунту, внесення добрив та застосування сівозміни дозволяють людині покращити родючість земель і досягати високих урожаїв. Вплив людини на ґрунт настільки значний, що більшість сучасних оброблюваних ґрунтів можна вважати штучними, оскільки вони не мають аналогів у природному процесі формування ґрунтів. Зміни ґрунту не обмежуються лише його обробітком. Значний вплив на його стан мають вирубування лісів, випасання худоби, зміни водного режиму, забруднення навколишнього середовища та інші аспекти людської діяльності.

Проте деякі дії людини можуть поліпшити якість ґрунту та підвищити його родючість. До таких заходів належать правильний обробіток землі, удобрення, осушення та зрошення, захист від ерозії, контроль за випасанням худоби, полезахисне лісорозведення та інші методи. Водночас інші дії можуть спричинити погіршення якості ґрунту, що веде до втрати родючості та скорочення його площ. Особливо небезпечними є ерозія, забруднення хімічними речовинами, засолення, заболочення та пряме знищення ґрунтів під будівлі, водосховища тощо. Негативний вплив людини на ґрунт набуває загрозливих масштабів, і скорочення площі родючих земель відбувається значно швидше, ніж їхнє природне відновлення[6].

Висновок. Ґрунт є не лише середовищем для розвитку рослин, а й ключовим компонентом екосистем, що забезпечує підтримку життя на планеті. Його здатність регулювати кругообіг речовин, підтримувати баланс хімічних елементів та зберігати вологу робить його надзвичайно важливим для сільського господарства та біосфери загалом.

Проте через антропогенний вплив, зокрема інтенсивне землеробство, використання хімічних добрив і забруднення, ґрунти можуть втрачати свою родючість, що призводить до деградації земель. Для збереження та покращення

властивостей ґрунту важливо впроваджувати екологічно безпечні методи, такі як сівозмінна, органічне удобрення, збереження природного біорізноманіття та раціональне використання ресурсів.

Отже, відповідальне ставлення до ґрунту та його охорона є необхідними для підтримки екологічної рівноваги, сталого розвитку сільського господарства та забезпечення продовольчої безпеки майбутніх поколінь.

Список використаної літератури

1. Ґрунт. *Wikipedia*. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D2%90%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82> (дата звернення 06.03.2025).
2. Пархоменко Н.Н. Ґрунт як середовище існування живих організмів. *Всеосвіта*. URL: <https://vseosvita.ua/lesson/grunt-ia-k-seredovyshche-isnuvanniazhyvykh-orhanizmiv-346938.html> (дата звернення 07.03.2025).
3. Педосфера, роль ґрунтів в кругообігу речовини в природі і житті людей. *Studentam.net.ua*. URL: <https://studentam.net.ua/content/view/5812/129/> (дата звернення 09.03.2025)
4. Черлінка В. Аерація Ґрунту: Значення та Ефективні Методи. *EOS DATA ANALYTICS*. 31.07.2024. URL: <https://eos.com/uk/blog/aeratsiya-gruntu/> (дата звернення 11.03.2025).
5. Чарлінка В. Родючість Ґрунту: Як Зберегти Та Підвищити? *EOS DATA ANALYTICS*. 17.06.2024. URL: <https://eos.com/uk/blog/rodyuchist-gruntu/> (дата звернення 12.03.2025).
6. Панас Р.М. Екологія ґрунтів. Навчальний посібник. Львів. 2021.с.51-54. (дата звернення 15.03.2025)
7. Україна — серед лідерів у світі за кількістю претендентів на родючі ґрунти. *AgroPolit*. 25.10.2017. URL: <https://agropolit.com/news/6252-za-kilkistyupretendentiv-na-rodyuchi-grunti-ukrayina-sered-lideriv-u-sviti> (дата звернення 17.03.2025)

Артур ІВАНЦОВ¹²,
студент 3 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

МАРМУРОВИЙ КЛОП

***Анотація.** Коричнево–мармуровий клоп – це шкідник, який останнім часом активно поширюється і завдає значної шкоди сільському господарству. Його особливості будови, поведінка та спосіб життя – усе це необхідно добре*

¹² Науковий керівник – Вергелес П.М, к. с.-г. н., доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

знати, щоб ефективно боротися з ним. Адже цей клоп пристосовується до нових умов, швидко розмножується та може пошкоджувати сотні видів культур. Ми не можемо ігнорувати його вплив, тому важливо дослідити методи контролю та заходи боротьби, щоб мінімізувати його вплив на рослини. Для цього необхідно розглянути як хімічні, так і біологічні способи захисту, з дотриманням всіх фітосанітарних норм.

Ключові слова: клоп, шкідник, культура, рослина, листя.

Annotation. *The brown–marmorated stink bug is a pest that has been spreading rapidly and causing significant damage to agriculture. Its structural features, behavior, and lifestyle are all crucial to understand in order to combat it effectively. This bug adapts to new conditions, reproduces quickly, and can damage hundreds of crop species. We cannot ignore its impact, so it is important to research control methods and countermeasures to minimize its effect on plants. This requires considering both chemical and biological protection methods while adhering to all phytosanitary standards.*

Keywords: *stink bug, pest, crop, plant, leaves.*

Вступ. Коричнево–мармуровий клоп (*Halyomorpha halys*) є представником родини клопів щитників Pentatomidae та отримав свою назву за оригінальне забарвлення. Комаха коричневого кольору, спина і голова мають незвичайне “вкраплення”, що візуально створює мармуровий відтінок.

Батьківщиною клопа є країни Південно–Східної Азії: Китай, Японія, Тайвань, В’єтнам. Вперше, у 90–х роках минулого століття клоп вийшов за межі природного існування та потрапив на територію США, там акліматизувався, а згодом шкідник потрапив до Європи [1].

Виклад основного матеріалу. На території України вперше його появу зареєстрували у 2018 році в Дніпропетровській області на загальній площі 55,77 га. Перший осередок мармурового клопа зареєстровано у серпні місяці 2023 року площею в 300 га на території Комунарського та Дніпровському районі міста Запоріжжя, У зв’язку з цим фахівцями Держпродспоживслужби було запроваджено карантин у цій місцевості з застосуванням всіх фітосанітарних заходів з локалізацією та ліквідацією шкідника.

Загалом на території Запорізької області на сьогодні виявлено ураження рослин мармуровим клопом території загальною площею в 361,16 га. У жовтні 2024 року на території міста Первомайськ Миколаївської області вперше було виявлений спалах шкідника державними фітосанітарними інспекторами та запроваджений карантин по його знешкодженню [5].

На сьогодні у зв’язку з поширенням мармурового клопа завдяки сприятливим погоднім умовам, та швидкій акліматизації шкідник розповсюдився на площу в 2513 га. Фітосанітарна служба Миколаївської області застосовує усі можливі засоби по його знешкодженню та ліквідації.

У нашій країні на кінець 2024 року виявлений мармуровий клоп на загальній території 3000 га в 3 областях: Запорізькій, Дніпропетровській та Миколаївській (рис. 1)

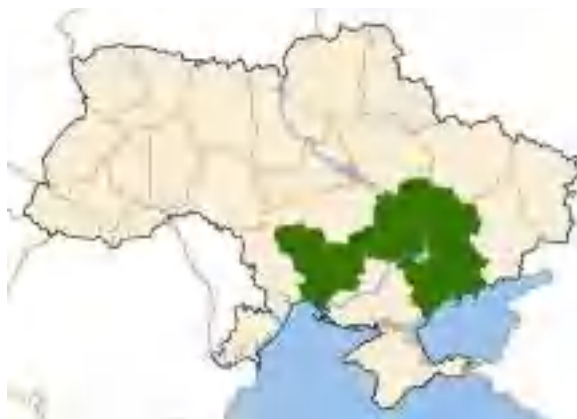


Рис. 1. Поширення мармурового клопа в Україні

Офіційні обстеження на виявлення *H. halys* ще тривають. Однак, на основі проведеного аналізу фітосанітарного ризику прогнозується, що регіонами, які є найвразливішими, ймовірно, можуть бути: Вінницька, Чернівецька, Івано–Франківська, Тернопільська, Хмельницька, Житомирська та Рівненська області, а також частково Львівська, Закарпатська, Волинська, Київська Кіровоградська, Черкаська та Одеська області.

Морфологічні особливості комах: тіло комахи коричневого кольору, грушоподібної форми, приплюснуте, розміром 12–17 мм. Спинка та голова мармурового відтінку. Низ тіла – блідо коричневий, на краю черевця чорно–білий малюнок, на антенах – світлі зони. Ноги коричневі з білими смугами. Відкладені яйця світло–зеленого до білого, форма куляста, розміром від 1,3 до 1.6 мм (рис. 2). Самиця відкладає яйця з нижнього боку листа [6, 7].

Личинка: комаха має 5 личинкових віків. Вони схожі на дорослих комах, але не мають розвинених крил. Розмір залежить від віку, і дорівнює від 2,4 мм до 12 мм. Личинка має різне забарвлення: I віку – голова темна, черевце червонуватого кольору з чорними смугами з боків. II віку – темного або чорного забарвлення. III, IV, V – коричнево–білі, на ногах і вусиках з'являються білі смуги (рис. 3) [6, 7]



Рис. 2. Зовнішній вигляд мармурового клопа

Зимують дорослі комахи в сухих приміщеннях масовими скупченнями, а в природі – всередині пеньків, або в старих трухлявих стовбурах дерев. При температурі $+6...+8^{\circ}\text{C}$, клопи виходять із місць зимівлі в кінці зимівлі. Особливо в лісопосадках, які захищають поля з посівами від вітрів. При зниженні температури вони знову ховаються. Спарювання відбувається лише через 2 тижні після додаткового живлення. Коли нічна температура сягає $10-12^{\circ}\text{C}$, самиця може відкладати яйця по 15–50 яєць за один раз з інтервалом 5–14 днів (рис. 3). Продовжується яйцекладка 2–3 місяці. Плодючість самиць 250–300 яєць. Живляться німфи (личинки V стадії) стеблами, квітками, фруктами [6, 7].



Рис. 3. Кладка яєць мармурового клопа

Коричнево–мармуровий клоп пошкоджує близько 100 видів рослин із 48 родин. В Україні шкідник живиться в основному плодовими культурами: яблуня, шовковиця, абрикос, слива. Зернові культури: пшениця, кукурудза, овес, ячмінь. Овочі: томати, огірок, перець. Лісові та декоративні дерева.

Характерними пошкодженнями клопа є проколи листків, на плодах утворюються некротичні зони, з'являється бадилля. Він пошкоджує насіння, плоди, молоді пагони, листя овочевих, фруктових, декоративних, лісових культур, винограду, а також бур'янів.

Уражені мармуровим клопом плоди фруктів та овочів втрачають смакові якості та привабливий вигляд, нерідко перестають розвиватися та передчасно опадають. У місцях пошкодження з'являється горбистість і процеси загнивання.

Мармуровий клоп, використовуючи свій колючо-сисний хоботок, висмоктує клітинний сік із молодих пагонів, листя та плодів. Під час живлення він виділяє ферменти, які сприяють кращому засвоєнню соку, але водночас призводять до відмирання тканин і появи некротичних плям. Ознаки ураження стають помітними лише через 2–3 тижні після живлення клопа. Внаслідок цього відбувається осипання листя та плодів, на яких утворюються невеликі некротичні плями, борозенки та коричневі зміни кольору. У м'яких тканинах розвиваються бактеріози, що псують товарний вигляд і смакові властивості плодів. Пошкодження часто схожі на сліди від граду, однак їх можна відрізнити за тим, що ураження тканини спостерігається в межах 1 см від поверхні плоду

(рис.4) [2].



Рис. 4. Приклад ураження плоду після мармурового клопа

Особливо велику шкоду мармуровий клоп приносить зерновим культурам. Розглянемо на прикладі пшениці та кукурудзи. У зерні пшениці, яке пошкоджене шкідником виникають процеси, що призводять до погіршення його якості, пов'язані з дією протеолітичних і амілолітичних ферментів. Під дією дуже сильного гідролітичного ферменту, тринтизи, руйнується білок, який міститься в ендоспермі зерна пшениці. Ферменти, що входять до складу шкідника, гідролізують не лише білки, а й вуглеводи зерна, що піддаються дії надзвичайно активних амілаз. У борошні під час замішування тіста зазначені ферменти активізуються і починають розщеплювати білкові молекули. Внаслідок цього клейковина, що містить високомолекулярні білкові структури, втрачає свої еластичні властивості, стає липкою, тягнеться, а також набуває сірого або темносірого кольору. Миттєво знижується протеолітична активність, зростає вміст водо-спирторозчинних і не осадних трихлорцитових кислот азотних речовин (ТХО). Встановляємо, що у враженому шкідником зерні в 3,5 разів збільшується протеолітична активність (13,85% проти нормальної 45,39%) і в 1,5 рази підвищується вміст вільних амінокислот.

Крім того в ураженому зерні збільшується мікробіологічна забрудненість, виникають глибокі фізіологічні зміни, що впливають на зниження посівних якостей насіння, зокрема енергії проростання. Тому щоб зберегти пошкоджене зерно його максимально зневоднюють і зберігають в охолоджену стані, при цьому вдається загальмувати фізіологічні та ферментативні процеси.

Також страждає кукурудза. Пошкодження листя та стебел кукурудзи призводить до помітних змін у розвитку рослини. У разі незначних ушкоджень спостерігається уповільнення росту, тоді як пошкодження точки росту може стати причиною загибелі рослини. Якщо точка росту постраждала, рослина часто починає формувати бічні пагони (пасинки). Характерною ознакою ураження листя клопом є низка овальних дірок із жовтими краями. Такі дірки утворюються внаслідок одного проколу складеного листка. У випадку пошкодження стебла місце ураження зазвичай покрите слизом, а тканини поступово розкладаються. Це викликано дією слини клопів, яка полегшує процес травлення.

Один із характерних симптомів впливу шкідників – утворення пасинків. Бічні пагони починають рости приблизно через 10 днів після ушкодження і можуть досягати розмірів основної рослини. У таких випадках замість волоті на пасинках можуть розвиватися качани неправильної форми. Основні качани також страждають від атаки клопів. Якщо клоп пошкодив качан на стадії його формування, він може викривитися або набути асиметричної форми. Найбільшу шкоду спостерігають, коли ушкоджуються качани на ранніх етапах розвитку (розміром близько 2 см). Пошкоджене обгортання припиняє свій ріст, що робить качани вразливими до несприятливих погодних умов і інших шкідників. Це часто призводить до всихання зернівок або їх повної відсутності. Качани, які не розвиваються належним чином, стають сприятливими для зараження спорами пухирчастої сажки [4].

Залежно від пори року мармурового клопа можна знайти або на кормових рослинах, або в місцях його зимівлі. На час виходу клопів із діапаузи впливають такі фактори, як умови зимівлі, температура, рівень освітлення тощо, через що початок активності шкідника може розтягуватися на місяць і більше. Найзручніший період для його виявлення – вегетаційний сезон. Огляд рослин здійснюють раз на 10 днів.

Активно літаючих клопів у природі можна помітити не раніше середини квітня, а масовий вихід із зимових укриттів зазвичай відбувається в першій та другій декаді травня. Навесні вони найбільш поширені на лавровишні та шовковиці, віддаючи перевагу затіненим ділянкам крон, нижньому боці листя та зав'язі плодів.

Для виявлення личинок під час обстеження кормових рослин застосовують метод струшування в «ентомологічну парасольку» або на світлу тканину, розстелену під рослиною. За низької чисельності шкідника доцільно використовувати феромонні пастки, а в посівах зернових культур – метод "косіння" ентомологічним сачком.

У промислових садах та на полях встановлюють одну пастку на 0,5–1 га, у зонах підвищеного ризику – одну пастку на 4 га, а в приватних господарствах – по одній пастці на садову ділянку.

Моніторинг триває з травня по жовтень. З середини вересня до початку весняної активності клопів здійснюють систематичний огляд місць зимівлі, таких як господарські будівлі, горища, підвали, гаражі, склади з лісоматеріалами, дровами та інші подібні об'єкти.

Переміщення мармурового клопа в Україну та поширення по території нашої країни відбувається:

1. Автомобілями, транспортними засобами та обладнанням;
2. Контейнери для транспортування та пакування;
3. Садивний матеріал і зрізи квітів чи гілок з місць поширення клопа;
4. Свіжі овочі та фрукти з місць поширення клопа;
5. Морські судна та літаки;
6. Ґрунт, лісова підстилка та тріски деревини чи кора з місць поширення шкідника

7. Туризм, багаж, особисті речі з місць поширення клопа
8. Меблі та інші предмети з країн де поширений шкідник

Еволюційні відносини в місцях проживання шкідника не дають йому змоги вийти з-під преса навколишнього середовища. Він може уражатися різними хижаками, серед яких відзначимо клопів родини Pentatomidae: Подізуса і Періллуса. Поїдають клопа птахи, зокрема домовик кропив'яник, дятел та інші види. Також на клопа впливають паразити з підряду Apocrita, богомоли, мурахи (Formicidae), хижі клопи різних родів Reduviidae.

Найефективнішим способом боротьби зі шкідником є хімічний метод контролю. Проти імаго клопа добре зарекомендували себе препарати піретроїдної, фосфорорганічної та неонікотиноїдної груп.

Одним із дієвих засобів є препарат на основі лямбда-цигалотрину, з рекомендованою концентрацією робочого розчину – 4 мл на 10 л води. Застосовується дворазова обробка, яка ефективна проти личинок старших вікових груп та імаго.

Оптимальний час для обробки зимуючих клопів – вечірні години, коли їхня активність знижується. Другу обробку проводять у період масового відродження личинок першої генерації. За потреби додаткову обробку здійснюють під час появи другої генерації личинок [3].

Особливу увагу необхідно приділити фітосанітарним заходам з метою запобігання проникнення мармурового клопа (*H.halys*).

Рослини, транспортні засоби, контейнери, упаковки та інші товари та вантажі при потраплянні на територію України з країн з розповсюдженням *H.halys* мають відповідати вимогам Закону України “Про карантин рослин”. За умови виявлення клопа весь вантаж підлягає знезараженню або поверненню. Проводиться інспектування та ретельний огляд ввезених зернових, овочів, фруктів тощо. Відбираються проби з фітосанітарною експертизою. Щорічно проводяться обстеження трьох кілометрової зони прилеглої до пунктів введення в Україну імпортованих вантажів.

Висновок. Коричнево–мармуровий клоп є небезпечним інвазійним видом, що швидко поширюється та завдає значної шкоди аграрному сектору. Його здатність адаптуватися, споживати різні види рослин і швидко розмножуватися створює серйозну загрозу для сільськогосподарських культур. Для ефективної боротьби з цим шкідником необхідний комплексний підхід, який включає використання хімічних засобів, біологічних методів, агротехнічних заходів і суворий фітосанітарний контроль. Лише системний моніторинг та своєчасні заходи дозволять зменшити шкоду, якої цей вид може завдати сільському господарству України.

Список використаної літератури

1. Коричнево-робочих розчинів. Мармуровий клоп *Halyomorpha halys* // FMC Україна. URL: <https://fmc.com.ua/articles/korichnevo-robochih-rozchivinmarmurovij-klop-haly>.

2. Мринський І. Жовто-бурий мармуровий клоп – ще один небезпечний карантинний шкідник // Пропозиція. URL: <https://propozitsiya.com/ua/zhovtoburyy-marmurovyy-klop-shche-odyn-nebezpechnyy-karantynnyy-shkidnyk>.
3. Карантин рослин // SuperAgronom. URL: <https://superagronom.com/shkidniki-napivtverdokrili-hemiptera/korichneviymarmuroviy-klop-id16705>
4. Bugdamageoncorn // Pioneer. URL: https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Ukraine_Intl/agronomy/bugdamage-on-corn.pdf.
5. У Миколаївській області на території цілого міста оголошено карантин через небезпечного клопа // Новини-N. URL: <https://novostin.org/ua/news/U-Mykolayivskij-oblasti-na-terytoriyi-czilogo-mista-ogoloshenokarantyn-cherez-nebezpechnogo-klopa-303036>.
6. Жовто-бурий мармуровий клоп (Halyomorpha halys Stål) // Держпродспоживслужба України. 2020. URL: <https://dpssko.gov.ua/blog/2020/08/27/жовтобурий-мармуровий-клоп-halyomorpha-halys-stal>.
7. Коричневий мармуровий клоп в Україні – реальна загроза для культурної рослинності // Держпродспоживслужба України. URL: <https://dpsscn.gov.ua/fitosanitariia-kontrol-u-sferi-nasinnnytstva-tarozsadytstva/aktualna-informatsiia/3316/korychnevyi-marmurovyi-klop-v-ukrainirealna-zahroza-dlia-kulturnoi-roslynnosti>.

Дмитро КАЛІНА¹³,
студент 2-го курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВПЛИВ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ПОПУЛЯЦІЇ ОСНОВНИХ ШКІДНИКІВ РІПАКУ ОЗИМОГО

***Анотація.** У статті розглянуто проблему впливу кліматичних змін на динаміку популяцій основних шкідників ріпаку озимого в Україні. Проаналізовано основні екологічні та біологічні фактори, що спричиняють зміни у чисельності фітофагів, їхньому ареалі поширення та циклах розвитку. Окрему увагу приділено наслідкам підвищення середньорічних температур, змінам режиму опадів, а також зростанню частоти екстремальних погодних явищ. Розглянуто питання розширення ареалу інвазивних видів та збільшення генеративної*

¹³ Науковий керівник – Рудська Н.О., доцент, кандидат с.-г. наук, кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

активності окремих груп шкідників у відповідь на сприятливіші для них кліматичні умови. Досліджено адаптаційні можливості сільськогосподарських технологій та заходів інтегрованого захисту рослин, які можуть мінімізувати негативний вплив кліматичних змін на врожайність ріпаку. Запропоновано комплексні підходи до моніторингу, прогнозування та контролю чисельності шкідливих комах у нових екологічних умовах. Стаття містить науковообґрунтовані рекомендації щодо адаптації агротехнічних заходів та біологічного контролю, спрямованих на зниження ризиків зростання шкодочинності ентомокомплексу ріпаку озимого. Окреслено перспективи подальших досліджень у сфері прогнозування популяційної динаміки шкідників у зв'язку з глобальними змінами клімату.

Ключові слова: Зміни клімату, ріпак озимий, шкідники, агроєкосистеми, моніторинг, ентомофаги, температурний вплив, інтегрований захист рослин, адаптаційні заходи.

Annotation. his article examines the impact of climate change on the dynamics of pest populations in winter oilseed rape crops in Ukraine. The key ecological and biological factors influencing changes in pest numbers, their distribution areas, and development cycles are analyzed. Special attention is given to the consequences of rising average annual temperatures, changes in precipitation regimes, and increased frequency of extreme weather events. The expansion of invasive species' ranges and the increased generative activity of certain pest groups in response to more favorable climatic conditions are discussed. The adaptive potential of agricultural technologies and plant protection measures that can minimize the negative effects of climate change on rapeseed yields is explored. Comprehensive approaches to pest population monitoring, forecasting, and control under new environmental conditions are proposed. The article provides scientifically grounded recommendations on the adaptation of agronomic practices and biological control methods aimed at reducing the risks associated with increasing pest pressures in winter rapeseed crops. The prospects for further research into predictive models of pest population dynamics in the context of global climate change are outlined.

Keywords: Climate change, winter oilseed rape, pests, agroecosystems, monitoring, entomophages, temperature impact, integrated plant protection, adaptation measures.

Вступ. Ріпак озимий (*Brassica napus*) є однією з основних олійних культур в Україні, яка займає значну площу в структурі посівів олійних культур та відіграє важливу роль у сільськогосподарському виробництві. Він використовується не лише як джерело високоякісної рослинної олії, але й як кормова та технічна культура. В останні десятиліття через зміни клімату в Україні відбуваються значні трансформації агроєкосистем, які суттєво впливають на біологічне різноманіття, фенологію рослин і трофічні зв'язки між видами. Зокрема, кліматичні зміни створюють сприятливі умови для збільшення чисельності шкідників, зміни їхніх циклів розвитку та ареалів поширення [1, 3].

Підвищення середньорічних температур, м'якші зими, нерівномірний розподіл опадів і збільшення кількості екстремальних погодних явищ впливають на біологію та екологію багатьох видів фітофагів, що завдають значних втрат врожаю ріпаку. Збільшення кількості поколінь деяких шкідників, скорочення періоду діпаузи, а також посилення резистентності до пестицидів роблять традиційні методи контролю менш ефективними. У зв'язку з цим виникає необхідність детального дослідження впливу кліматичних змін на динаміку популяцій шкідників ріпаку озимого, розробки сучасних методів їхнього моніторингу та адаптації інтегрованих стратегій захисту рослин [2, 4].

Метою цієї статті є аналіз змін чисельності та поширення основних шкідників ріпаку озимого під впливом кліматичних факторів, виявлення основних екологічних загроз і розробка науково обґрунтованих рекомендацій для зменшення негативних наслідків змін клімату на агроecosистеми ріпаку. Ріпак озимий (*Brassica napus*) є однією з основних олійних культур в Україні, що відіграє важливу роль у забезпеченні агропромислового комплексу сировиною для виробництва олії та біопалива[5]. Однак із підвищенням середньорічних температур, змінами режиму опадів і збільшенням екстремальних погодних явищ відбувається трансформація біоценозів, що призводить до змін у чисельності та видовому складі шкідників. Підвищення температури сприяє збільшенню кількості поколінь комах, їхній швидшій адаптації та розширенню ареалу поширення. Отже, дослідження впливу змін клімату на популяції шкідників є надзвичайно актуальним для розробки ефективних стратегій захисту ріпаку [6].

Виклад основного матеріалу. Ріпак озимий є однією з основних культурних рослин, що вирощуються у сільському господарстві, проте його продуктивність значною мірою залежить від рівня пошкодження шкідниками. Серед основних фітофагів, що завдають шкоди посівам, виділяють капустяного прихованохоботника (*Ceutorhynchus napi*), який пошкоджує стебла, спричиняючи порушення їхнього нормального функціонування, що в кінцевому підсумку впливає на розподіл поживних речовин та зменшує врожайність [7]. Капустяний стебловий прихованохоботник (*Ceutorhynchus pallidactylus*) вражає кореневу систему та основу стебел, що сприяє розвитку вторинних інфекцій і загальному пригніченню росту рослин. Ріпакова листоїдка (*Phaedon cochleariae*) активно пошкоджує листовий апарат, що суттєво знижує ефективність фотосинтетичних процесів, а капустяний білан (*Pieris brassicae*) на стадії гусениць об'їдає листки, що також зменшує загальну продуктивність культури [8], а також ріпаковий квіткоїд (*Meligethes saeneus* F.). В окремі роки підвищується шкідливість клопів – ріпакового (*Eurydema oleraceae* L.), капустяного (*E. Ornata* L.), ріпакового пильщика (*Athaliacolibr i*Christ.), совкигамми (*Phytometra gamma* L.). Озима совка (*Agrotis segetum*) є небезпечним ґрунтовим шкідником, який живиться корінням і сходами ріпаку, а в критичних умовах може спричинити повну загибель посівів. Хрестоцвіті білшки (*Phyllotreta spp.*) активно пошкоджують листову поверхню, що зменшує площу асиміляції та знижує стійкість рослин до стресових факторів. Чисельність цих шкідників

змінюється залежно від кліматичних умов, що потребує постійного моніторингу та розробки ефективних заходів контролю [9].



Рис. 1. Імаго та личинка *Ceutorhynchus napi* [10]

Зміни клімату, зокрема підвищення середньорічних температур, мають значний вплив на біологію шкідників та їхнє поширення. Одним із основних наслідків глобального потепління є прискорення розвитку личинок та скорочення тривалості окремих стадій життєвого циклу, що призводить до збільшення кількості поколінь шкідників протягом одного вегетаційного сезону [11]. В умовах теплішого клімату також спостерігається підвищення зимової виживаності комах, оскільки відсутність сильних морозів сприяє збереженню зимуючих стадій, що призводить до значного зростання чисельності шкідників навесні. Крім того, зростання середніх температур сприяє розширенню ареалів теплолюбних видів, що раніше не зустрічалися в північних регіонах України, а тепер поступово поширюються у нові географічні зони [12]. Одним із важливих факторів є зміщення строків активності шкідників: вони починають з'являтися раніше навесні та залишаються активними довше восени, що значно ускладнює систему контролю та збільшує навантаження на захисні заходи.

Окрім температурного фактора, зміни у режимі опадів також впливають на динаміку популяцій шкідників. Нерівномірний розподіл вологи у ґрунті та періоди посухи сприяють збільшенню чисельності видів, які є стійкими до сухих умов, наприклад, хрестоцвітих блішок, які здатні переносити тривалі періоди посухи без значного зниження активності [13]. З іншого боку, надмірні опади можуть сприяти розвитку грибкових хвороб, що вражають певні групи шкідників, зменшуючи їхню чисельність у природних умовах. Висока вологість є особливо сприятливим фактором для розвитку ґрунтових шкідників, таких як озима совка, оскільки в умовах підвищеної вологості її личинки отримують більше ресурсів для розвитку та виживання [14].

Зміна кліматичних умов потребує перегляду існуючих методів контролю чисельності шкідників та розробки нових адаптаційних стратегій. Одним із ключових напрямків є моніторинг і прогнозування популяцій шкідників шляхом використання сучасних технологій, таких як феромонні пастки, кліматичні моделі та дистанційне зондування, що дозволяє більш ефективно оцінювати загрози та планувати захисні заходи [15]. Біологічний контроль набуває все більшого значення, оскільки застосування ентомофагів, таких як паразитичні оси

та хижі жуки, а також біологічних препаратів на основі грибів і бактерій сприяє зменшенню чисельності шкідників без шкоди для довкілля. Важливу роль відіграють агротехнічні заходи, серед яких оптимізація строків сівби, правильний обробіток ґрунту з метою знищення зимуючих стадій шкідників, а також створення сприятливих умов для розвитку природних ворогів шкідливих комах [16].

Рациональне застосування пестицидів передбачає чергування різних груп діючих речовин для запобігання розвитку резистентності, що є серйозною проблемою в умовах постійного хімічного навантаження. Одним із перспективних напрямків є виведення генетично стійких сортів ріпаку, які будуть менш чутливими до атак комах-шкідників та здатними зберігати врожайність навіть у несприятливих умовах [17].

Подальші наукові дослідження у цій сфері мають бути спрямовані на розробку детальних моделей впливу кліматичних факторів на динаміку популяцій шкідників, що дозволить прогнозувати можливі ризики та розробляти ефективні стратегії захисту [19]. Необхідно глибше вивчати взаємозв'язок між абіотичними факторами та біологічними особливостями комах, що дасть змогу розробити інноваційні методи боротьби, зокрема на основі інтегрованого підходу. Велике значення матиме оптимізація інтегрованих стратегій захисту з урахуванням змін у кліматичних умовах та їхній вплив на різні групи шкідників, особливо небезпечних шкідників генеративних органів. Серед цієї групи фітофагів найпоширенішим і шкідливим є ріпаківий квіткоїд, жуки і личинки якого живляться бутонами та квітками. В окремі роки заселеність посівів шкідником досягає 90–100% при середній чисельності 5–9 жуків на рослину і пошкодженості бутонів 26–43%. За таких умов різко знижується врожай насіння.

Використання цифрових технологій, таких як автоматизовані системи моніторингу, машинне навчання для аналізу даних та мобільні додатки для агрономів, відкриває нові можливості для оперативного реагування на загрози, що виникають у процесі вирощування ріпаку [20].

Список використаної літератури

1. Rudska N., Zabarnyi O. Control of the main pests of winter oilseed rape in the conditions of Vinnytsia region. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. №4 (31). С. 137–157.
2. Баранник В. В. Ентомологічний моніторинг та інтегрований захист сільськогосподарських культур. Харків: Видавництво ХНАУ, 2020. 248 с
3. Волкова Л. М. Вплив кліматичних змін на шкідників ріпаку та методи їх контролю. *Вісник аграрної науки*. 2021. №7. С. 35–41.
4. Гнатюк О. В. Інтегрований захист рослин від шкідників у контексті глобальних змін клімату. *Журнал агрономії та біології*. 2020. №3. С. 54–60.
5. Станкевич С.В., Кава Л.П. Шкідники ріпаків озимого і ярого у Східному та Центральному Лісостепу України. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Сер.: Фітопатологія та ентомологія*. 2013. № 10. С. 163-168.

6. Інсектицидний захист озимого ріпаку. Інсектицид VS шкідник. URL: <https://superagronom.com/articles/353-insektitsidniy-zahist-ozimogo-ripakuinsektitsid-vsshkidnik> (дата звернення: 25.02.2025).
7. Гордєєва О. Ф. Шкідники на ріпаку та способи боротьби з ними. Агровісник. Україна. 2019. № 10. С. 19-21.
8. Ковальов, О. В. Шкідники ріпаку та їх моніторинг у різних агрокліматичних зонах. *Аграрний журнал*. 2022. №4. С. 21–29.
9. Рудська Н.О. Контроль чисельності основних шкідників у посівах ріпаку озимого в умовах Вінниччини. *Аграрна галузь України в умовах в умовах євроінтеграції: сучасний стан та перспективи розвитку*. Всеукраїнська науково-практична конференція (ВНАУ, Вінниця, 24–25 травня, 2023 р.).
10. Ріпак озимий *Brassic napus*. URL: <https://superagronom.com/blog/912tehnologiya-viroschuvannya-ozimogo-ripaku-pidgotovka-ta-sivba> (дата звернення: 18.02.2025)
11. Лях В. В. Вплив підвищення температури на цикли розвитку комахшкідників. Фітосанітарний моніторинг. 2021. №2. С. 12–18.
12. Мельник П. С., Гнатюк О. В. Раціональне використання пестицидів у захисті ріпаку. Одеса: Аграрна освіта, 2021.
13. Моргун В. В., Красиленко Л. В. Генетично стійкі сорти ріпаку як елемент боротьби зі шкідниками. Харків: Аграрний світ, 2022.
14. Пінчук Н.В., Вергелес П.М., Коваленко Т.М. Ефективність захисту посівів озимого ріпаку від шкочинних організмів. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 22. с. 119-134.
15. Протасов О. В. Вплив кліматичних умов на поширення ріпакових прихованохоботників. *Вісник біологічних наук*. 2021. №5. С. 45–50.
16. Риженко, П. М. Вплив змін у режимі опадів на чисельність ґрунтових шкідників. *Український аграрний журнал*. 2020. №6. С. 78–83.
17. Селективне вирощування ріпаку в умовах кліматичних змін. НАН України, Інститут біології. Київ, 2022.
18. Ентомофаг Хрестоцвітна білішка (*Phyllotreta crusiferae*)
URL: <https://imexagro.com.ua/digest/hrestocvitni-blishky-ta-efektyvni-sposobyborotby.htm> (дата звернення: 09.03.2025)
19. Довгаль В. О., Литвиненко І. В. Фітофаги хрестоцвітих культур: сучасний стан та перспективи контролю. Дніпро: Аграрний інститут, 2022. 168 с.
20. Хмельов, С. Ю. Використання цифрових технологій для моніторингу шкідників. *Сучасне сільське господарство*. 2021. №3. С. 62–70.

Богдан КИРИЛЮК¹⁴

студент 1 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

МЕХАНІЧНИЙ СКЛАД ҐРУНТУ: ЙОГО ВЛИВ НА ВОДНОПОВІТРЯНИЙ РЕЖИМ І ВРОЖАЙНІСТЬ

Анотація. У даній статті розглянуто механічний склад ґрунту як один із ключових факторів, що визначає його фізичні властивості та агрономічну цінність. Він формується співвідношенням частинок різного діаметра – піску, пилу та глини, що впливає на структурність, щільність, водо- та повітропроникність ґрунту. Від механічного складу залежать вологосмність, швидкість інфільтрації води, випаровування вологи, а також аерація кореневої зони. Механічний склад ґрунту також впливає на доступність поживних речовин, його родючість та рівень урожайності. У статті також розглянуто особливості різних типів ґрунтів, їхній вплив на водно-повітряний режим, а також агротехнічні заходи для покращення фізичних властивостей ґрунту. Оптимізація механічного складу ґрунтів сприяє підвищенню продуктивності сільськогосподарських угідь та забезпеченню сталого розвитку агроecosystem.

Ключові слова: механічний склад ґрунту, водно-повітряний режим, урожайність, ґрунтова структура, агротехнічні заходи.

Annotation. This article examines the mechanical composition of the soil as one of the key factors determining its physical properties and agronomic value. It is formed by the ratio of particles of different diameters – sand, dust and clay, which affects the structure, density, water and air permeability of the soil. The moisture capacity, water infiltration rate, moisture evaporation, as well as aeration of the root zone depend on the mechanical composition. The mechanical composition of the soil also affects the availability of nutrients, its fertility and the level of yield. The article also examines the features of different types of soils, their impact on the water-air regime, as well as agrotechnical measures to improve the physical properties of the soil. Optimization of the mechanical composition of soils contributes to increasing the productivity of agricultural lands and ensuring the sustainable development of agroecosystem.

Keywords: mechanical composition of the soil, water-air regime, yield, soil structure, agrotechnical measures.

Вступ. Ґрунт є основним компонентом агроecosystem, який забезпечує рослини необхідними умовами для росту та розвитку. Одним із ключових його

¹⁴ Науковий керівник – Бронікова Л.Ф., ст. викладач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії

параметрів є механічний склад, що визначається співвідношенням піщаних, пилуватих і глинистих частинок. Він впливає на фізичні властивості ґрунту, зокрема на водопроникність, вологоємність, аерацію та структурність. Від цих показників залежить здатність ґрунту утримувати вологу, забезпечувати доступність поживних речовин та сприяти нормальному розвитку кореневої системи рослин. Піщані ґрунти швидко пропускають воду, що може призводити до дефіциту вологи, тоді як глинисті ґрунти затримують її, але мають проблеми з повітропроникністю. Найбільш сприятливими для вирощування сільськогосподарських культур є суглинкові ґрунти, які забезпечують оптимальний баланс між водо- та повітряним режимами. Водночас неправильне використання ґрунтів, їхнє ущільнення чи виснаження можуть значно знизити врожайність [1].

Виклад основного матеріалу. Механічний склад ґрунту (текстура, гранулометричний склад) – це вміст у ґрунті елементарних частинок різного розміру, виражений у відсотках до ваги абсолютно сухого ґрунту. Від механічного складу залежать фізичні властивості ґрунту, такі як вологоємність, водопроникність, водопідйомна здатність, пористість, а також повітряний і тепловий режими. Класифікація ґрунтів за механічним складом базується на співвідношенні фізичного піску і фізичної глини. Найбільш досконалою є класифікація, розроблена М.А. Качинським. Згідно з цією класифікацією, ґрунти поділяються на:

- Легкі ґрунти: піщані та супіщані. Вони мають гарну водопроникність і аерацію, але низьку волого- та поживну ємність.
- Середні ґрунти: суглинисті. Вони збалансовані за властивостями між легкими та важкими ґрунтами і добре підходять для більшості сільськогосподарських культур.
- Важкі ґрунти: глинисті та важкосуглинисті. Вони характеризуються високою вологоємністю та здатністю утримувати поживні речовини, але мають низьку водопроникність і складніші в обробітку. Розуміння механічного складу ґрунту є важливим для визначення його агрономічних властивостей та вибору відповідних методів обробітку і вирощування культур [2].

Таблиця 1 Фракції ґрунту

Діаметр, мм	Назва
Більше 3	Кам'яниста частина ґрунту
Від 3 до 1	Гравій
Від 1 до 0,1	Пісок крупний
Від 0,2 до 0,25	Пісок середній
Від 0,25 до 0,05	Пісок дрібний
Від 0,05 до 0,01	Пил крупний
Від 0,01 до 0,005	Пил середній
Від 0,005 до 0,001	Пил дрібний
До 0,001	Мул

Примітка: Сформовано автором на основі джерела [3].

Механічний склад ґрунту визначається співвідношенням твердих частинок різного розміру: піску, пилу та глини. Він суттєво впливає на фізичні властивості ґрунту, зокрема водопроникність, вологостійкість, аерацію та родючість. За вмістом цих частинок виділяють кілька основних типів ґрунтів: піщані, супіщані, суглинкові та глинисті. Піщані ґрунти містять понад 80% піску, що забезпечує хорошу водопроникність, але вони погано утримують вологу та поживні речовини. Супіщані ґрунти мають більший вміст пилюватих частинок, що трохи покращує їхню вологостійкість. Суглинкові ґрунти є оптимальними для вирощування більшості культур, оскільки мають збалансовані фізичні властивості. Глинисті ґрунти, з високим вмістом дрібних частинок, утримують багато вологи, але мають слабку аерацію. Класифікація механічного складу ґрунтів використовується в агрономії для вибору методів обробітку та підбору культур, адаптованих до конкретних умов [4].

Таблиця 2 Класифікація ґрунтів за механічним складом

Назва ґрунту за мех. складом		Вміст ФГ, %	Вміст ФП, %
Піщаний	Пухкий	0-5	100-95
	Зв'язний	5-10	95-90
	Супіщаний	10-20	90-80
Суглинковий	Легкий	20-30	80-70
	Середній	30-45	70-55
	Важкий	45-60	55-40
Глинистий	легкий	60-75	40-25
	Середній	75-85	25-15
	важкий	Понад 85	Менше 15

**Примітка: Сформовано автором на основі джерела [5].*

Механічний склад ґрунту визначає його водно-повітряний режим, тобто здатність утримувати та пропускати вологу, а також забезпечувати кореневу систему рослин киснем. Піщані ґрунти, що містять велику кількість крупних частинок, мають високу водопроникність, але низьку вологостійкість, через що швидко висихають. Глинисті ґрунти, навпаки, утримують значну кількість води, однак вона не завжди доступна для рослин, оскільки заповнює пори і витісняє повітря. Суглинкові ґрунти мають збалансоване співвідношення піщаних, пилюватих і глинистих частинок, що забезпечує оптимальний водний і повітряний режим. У таких ґрунтах волога добре утримується та поступово віддається кореням рослин, а повітряні пори забезпечують необхідну аерацію. Надмірний вміст глини може призводити до застою води, що викликає анаеробні

умови, шкідливі для більшості культур. Механічний склад також впливає на випаровування води: у легких ґрунтах воно відбувається швидше, а у важких – повільніше. Крім того, від нього залежить здатність ґрунту до капілярного підняття води, що важливо для підтримання вологості в посушливих умовах. Таким чином, механічний склад ґрунту визначає не тільки його фізичні властивості, а й продуктивність сільськогосподарських культур [6].

Волого зберігаючі властивості ґрунту залежать від його механічного складу, оскільки різні частинки по-різному утримують та віддають вологу. Ґрунти з великою кількістю піщаних частинок мають низьку вологоємність, оскільки великі пори між частинками сприяють швидкому просочуванню води в глибші шари та її випаровуванню. Такі ґрунти швидко висихають і потребують частого зрошення. Глинисті ґрунти, навпаки, характеризуються високою вологоємністю через значний вміст дрібних частинок, які утримують вологу в капілярах. Проте надмірна щільність та погана проникність повітря можуть призводити до застою води, що негативно впливає на кореневу систему рослин. Суглинкові ґрунти мають оптимальні вологозберігаючі властивості, оскільки містять збалансоване співвідношення піску, пилу та глини. Окрім механічного складу, на здатність ґрунту утримувати вологу впливають його структура, органічна речовина та агротехнічні заходи. Внесення органічних добрив, мульчування та застосування сидератів сприяють покращенню водного балансу в ґрунті [7].

Повітряний режим ґрунту визначає умови газообміну між ґрунтом і атмосферою, що є важливим для росту рослин та діяльності ґрунтових мікроорганізмів. Механічний склад ґрунту суттєво впливає на його аерацію, оскільки визначає пористість та водопроникність.

- Піщані ґрунти мають велику кількість макропор, що забезпечує хороший газообмін, проте вони швидко висихають і можуть не утримувати достатньо води.
- Глинисті ґрунти, навпаки, мають велику кількість мікропор, що сприяє накопиченню води, але водночас обмежує циркуляцію повітря, що може призводити до застою газів і дефіциту кисню для кореневої системи рослин.
- Суглинкові ґрунти мають збалансований механічний склад, що дозволяє підтримувати оптимальне співвідношення води та повітря. Поліпшення повітряного режиму можна досягти шляхом проведення агротехнічних заходів, таких як розпушування, внесення органічних речовин та дренаж. [8].

Механічний склад ґрунту визначає його фізичні властивості, зокрема вологоємність, водопроникність, аерацію та тепловий режим. Від нього залежить рівень забезпечення рослин водою, повітрям і поживними речовинами, що безпосередньо впливає на врожайність сільськогосподарських культур. Легкі (піщані) ґрунти мають високу водопроникність і аерацію, але погано утримують вологу та поживні речовини. Це може спричиняти дефіцит води для рослин, особливо в посушливі періоди. Навпаки, важкі (глинисті) ґрунти добре утримують вологу, але через слабку водопроникність у них часто спостерігається перезволоження, що може призводити до нестачі кисню для кореневої системи.

Найбільш сприятливими для вирощування сільськогосподарських культур є суглинкові ґрунти, які мають збалансований механічний склад. Вони поєднують оптимальну водоутримувальну здатність і гарну аерацію, що сприяє рівномірному розвитку кореневої системи та забезпечує високу врожайність [9].



Рис. 1. Процес глибокого розпушування ґрунту [14].

Для покращення фізичних властивостей ґрунту застосовують різні агротехнічні прийоми: Заходи для покращення піщаних ґрунтів.

Для покращення їх властивостей застосовують комплекс агротехнічних заходів. Основним методом є внесення органічних добрив (гній, компост, торф), які підвищують вологоутримувальну здатність ґрунту та сприяють накопиченню гумусу. Також ефективним є застосування глинизації – додавання глинистих частинок для покращення структурності. Внесення зелених добрив (сидератів) допомагає збагачувати ґрунт органічною масою. Мульчування поверхні органічними матеріалами (солома, тирса) запобігає швидкому випаровуванню вологи. Важливим заходом є також застосування поліпшеного зрошення – крапельного або дощувального, яке забезпечує рівномірне зволоження ґрунту. Завдяки цим заходам можна підвищити родючість піщаних ґрунтів і створити сприятливі умови для вирощування культур [10]. □ Заходи для покращення глинистих ґрунтів.

Покращення таких ґрунтів передбачає їх розпушення та структурування. Основним заходом є внесення органічних добрив (гній, компост, торф), які сприяють розпушенню ґрунту та покращують його дренажні властивості. Додавання піску або дрібного гравію допомагає підвищити водопроникність і зменшити злипання частинок ґрунту. Глибока оранка або перекопування на зиму сприяє поліпшенню структури та зниженню щільності ґрунту. Також ефективним методом є вирощування сидератів (люпин, гірчиця, редька олійна), які покращують ґрунтову структуру та збагачують його органікою. Мульчування поверхні соломою або тирсою допомагає зберігати оптимальну вологість і запобігає утворенню кірки після дощів. Використання вапнування на кислих глинистих ґрунтах сприяє покращенню їх фізико-хімічних властивостей [11].

□ Заходи для покращення суглинкових ґрунтів.

Суглинкові ґрунти є одними з найкращих для сільського господарства, оскільки мають збалансований склад піску, глини та мулистих частинок. Проте для підвищення їхньої родючості рекомендується внесення органічних добрив (компост, перегній), які покращують структуру та збагачують ґрунт поживними речовинами. Для покращення водопроникності та аерації до важких суглинків можна додавати пісок або тирсу. Якщо ґрунт схильний до ущільнення, рекомендується регулярне розпушування та мульчування, що зменшує випаровування вологи. Також важливо підтримувати правильний баланс рН, вапнуючи ґрунт у разі підвищеної кислотності [12,13].

Висновки. Механічний склад ґрунту є визначальним фактором, що впливає на його фізичні властивості, зокрема водно-повітряний режим, родючість та врожайність сільськогосподарських культур. Від співвідношення піщаних, пилуватих і глинистих частинок залежить здатність ґрунту утримувати вологу, забезпечувати кореневу систему рослин повітрям та сприяти ефективному використанню поживних речовин. Піщані ґрунти добре пропускають воду, але швидко висихають, що знижує їхню родючість. Глинисті ґрунти, навпаки, утримують багато вологи, проте можуть мати проблеми з аерацією, що негативно впливає на корені рослин. Найоптимальнішими для сільського господарства є суглинкові ґрунти, які забезпечують баланс між водо- та повітропроникністю. Покращення механічного складу ґрунтів можливе завдяки агротехнічним заходам, таким як внесення органічних і мінеральних добрив, мульчування, глибока оранка, дренаж і використання сидератів. Використання цих методів сприяє підвищенню врожайності культур та стійкості ґрунтів до деградації. Розуміння механічного складу ґрунту дозволяє агрономам ефективно планувати сівозміни, застосовувати відповідні методи обробітку та підтримувати екологічну стійкість агроecosистем.

Список використаної літератури

1. Назаренко І.І., Польчина С.М., Нікорич В.А. «Ґрунтознавство». 2004. с. 32-33.
2. Механічний склад ґрунту. *Bikinedia*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4_%D2%91%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82%D1%83 (дата звернення 04.03.2025).
3. Губіна К.Є., Маслов О.А. Текстура-механічний склад ґрунту. *АГРОТЕСТ*. URL: <https://agrotest.com/article/tekstura-mehanichnyj-sklad-gruntu/> (дата звернення 04.03.2025).
4. Класифікація ґрунтів і порід за механічним складом. *VUZLIT*. URL: https://vuzlit.com/2087691/klasifikatsiya_gruntiv_porid_mehanichnim_skladom?utm_source (дата звернення 05.03.2025).

5. Херсонський державний аграрний університет. Класифікація ґрунтів за механічним складом(за М.О. Качинським). *STUDFILES*.URL: <https://studfile.net/preview/5513338/page:5/> (дата звернення 05.03.2025).
6. Фізичні та фізико-механічні властивості ґрунтів. *МОЯ ОСБИТА*. 27.05.2015. URL: https://moyaosvita.com.ua/geografija/fizichni-ta-fizikomexanichni-vlastivosti-%D2%91runtiv/?utm_source (дата звернення 06.03.2025).
7. Медведєв В.В., Булігін С.Ю., Вітвіцький С.В.. Фізика ґрунту. НУБІП України, 2018. с. 86-89.
8. Водний, повітряний та поживний режими ґрунту, прийоми їх регулювання. *ТЕХНОЛОГІЯ ГАЛУЗІ*. 26.10.2011. URL: <https://tehngaluzy.wordpress.com/2011/10/26/2-%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%82%D1%80%D1%8F%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D1%82%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D0%B6%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%B9-%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B8%D0%BC/> (дата звернення 06.03.2025).
9. Механічний склад ґрунтів. *SUPERAGRONOM*.URL: https://superagronom.com/slovník-agronoma/mechanichniy-sklad-gruntiv20180?utm_source (дата звернення 07.03.2025).
10. Пугачова Л. Як покращити піщаний ґрунт для вирощування рослин. *PROSTOWAY*.URL: https://dim.prostoway.com/yak-pokrashchtytypishchanyy-grunt-dlia-vyroshchuvannia-roslyn#google_vignette (дата звернення 09.03.2025).
11. Як поліпшити глинистий ґрунт, які розпушувачі підійдуть. *UKR.MEDIA*.07.06.2021. URL: <https://ukr.media/garden/433250/> (дата звернення 10.03.2025).
12. Типи ґрунтів і заходи щодо їх поліпшення. *Каталоги проектів*.URL: <https://sad.ukr.bio/ua/articles/5711/> (дата звернення 12.03.2025).
13. Басанець О.10 способів покращення стану ґрунтів. *SUPERAGRONOM*.13.08.2020. URL: <https://superagronom.com/articles/407-10sposobiv-pokraschennya-stanu-gruntiv> (дата звернення 13.03.2025).
14. Чому глибоке розпушування ґрунту краще за оранку. *AGROTIMES* 21.01.2022.URL: <https://agrotimes.ua/tehnika/chomu-glybokerozpushuvannya-gruntu-krashhe-za-oranku/> (дата звернення 14.03.2025).

Дмитро КЛЕШКО¹⁵,
студент 2 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

РОЛЬ БУЛЬБ У ВЕГЕТАТИВНОМУ РОЗМНОЖЕННІ КАРТОПЛІ

Анотація. Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є однією з найважливіших продовольчих та кормових культур у світі, що вирощується у різних агрокліматичних умовах. Однією з її ключових особливостей є здатність до вегетативного розмноження через бульби – спеціалізовані підземні органи, які виступають не тільки як сховище поживних речовин, але й як основний засіб генеративного оновлення культури. Вегетативне розмноження картоплі забезпечує генетичну стабільність сорту, підвищує ефективність розмноження і дає змогу отримати більш однорідні врожаї. Бульби містять запасні речовини, необхідні для швидкого старту росту рослин, а також зародкові бруньки, які забезпечують розвиток пагонів. Ефективність вегетативного розмноження картоплі залежить від численних факторів, включаючи фізіологічний стан бульб, їх розмір, масу, рівень накопичення поживних речовин, умови зберігання, температурний режим та наявність патогенних мікроорганізмів. У цій статті проаналізовано біологічні та агротехнічні аспекти вегетативного розмноження картоплі через бульби. Розглянуто основні фізіолого-біохімічні процеси, що відбуваються у бульбах перед проростанням, фактори, які визначають їх життєздатність, а також методи передпосадкової підготовки, що сприяють підвищенню врожайності. Крім того, розглянуто потенційні ризики, пов'язані з накопиченням хвороб у посадковому матеріалі, та стратегії мінімізації негативних наслідків шляхом використання сучасних біотехнологічних підходів. Висвітлено перспективи подальших досліджень у напрямку вдосконалення методів розмноження картоплі, підвищення її продуктивності та адаптації до стресових факторів довкілля [1].

Ключові слова: картопля, бульби, вегетативне розмноження, продуктивність, агротехніка, фізіологія, насіннева картопля.

Annotation. Potato (*Solanum tuberosum* L.) is one of the most important food and fodder crops worldwide, cultivated in various agroclimatic conditions. One of its key features is the ability to vegetatively reproduce through tubers, which serve not only as storage organs for nutrients but also as the primary means of generative renewal of the crop. Vegetative propagation of potatoes ensures genetic stability of the variety, increases propagation efficiency, and allows for more uniform yields. Tubers

¹⁵ Науковий керівник – Яковець Л.А. кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

contain reserve substances necessary for rapid plant growth initiation, as well as dormant buds that ensure shoot development. The effectiveness of vegetative propagation in potatoes depends on numerous factors, including the physiological condition of the tubers, their size, mass, nutrient accumulation levels, storage conditions, temperature regime, and the presence of pathogenic microorganisms.

This article analyzes the biological and agronomic aspects of vegetative potato propagation through tubers. The main physiological and biochemical processes occurring in tubers before sprouting, factors determining their viability, and preplanting preparation methods that enhance yield potential are examined. Additionally, potential risks associated with disease accumulation in planting material and strategies for mitigating negative effects through modern biotechnological approaches are considered. The article also highlights prospects for further research aimed at improving propagation methods, increasing productivity, and enhancing the crop's adaptability to environmental stress factors.

Keywords: potatoes, tubers, vegetative propagation, productivity, agricultural technology, physiology, seed potatoes.

Вступ. Картопля займає провідне місце серед сільськогосподарських культур завдяки своїм високим агрономічним та харчовим характеристикам. Вона є важливим джерелом вуглеводів, білків, мікроелементів та вітамінів, що робить її цінним компонентом раціону населення багатьох країн. Крім того, картопля використовується у кормовиробництві та промисловій переробці, що ще більше розширює її значення для економіки. Основним способом її вирощування є вегетативне розмноження через бульби, що забезпечує швидке відновлення рослин і можливість отримання високих врожаїв без необхідності використання насіння [2].

Бульби картоплі – це потовщені підземні пагони, які служать резервуарами поживних речовин і забезпечують ефективне розмноження рослини. У природних умовах та у сільськогосподарському виробництві. Цей метод є одним із найефективніших, оскільки дозволяє зберігати та передавати цінні сортові характеристики без генетичних змін. Завдяки цьому забезпечується висока схожість та рівномірність сходів, що є важливими показниками у комерційному вирощуванні картоплі. Проте вегетативне розмноження також має певні недоліки, зокрема накопичення патогенів та вірусних захворювань, що знижує врожайність і може призводити до дегенерації сорту.

Один із найважливіших аспектів вегетативного розмноження картоплі – це якість посадкового матеріалу. Розмір бульб, їхня фізіологічна зрілість, ступінь накопичення крохмалю та інших поживних речовин визначають енергію проростання та загальну продуктивність рослин. Вибір оптимального посадкового матеріалу дозволяє не лише підвищити врожайність, а й забезпечити стійкість до несприятливих умов середовища, таких як посуха, низькі температури, патогенний тиск. Тому дослідження методів зберігання, підготовки та стимуляції росту бульб перед посадкою є важливими для підвищення ефективності картоплярства [3].

У цій статті розглядаються ключові аспекти вегетативного розмноження картоплі через бульби, аналізуються фактори, що впливають на схожість, ріст і розвиток рослин, а також методи покращення життєздатності посадкового матеріалу. Висвітлюється роль фізіологічних процесів у бульбах, а також сучасні підходи до підвищення їхньої продуктивності. Крім того, приділено увагу питанням фітосанітарного стану насіннєвого матеріалу, а також перспективам використання біотехнологічних методів для підвищення життєздатності бульб у процесі розмноження картоплі.

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є однією з найважливіших сільськогосподарських культур у світі, що вирощується у багатьох кліматичних зонах. Однією з її ключових особливостей є вегетативне розмноження за допомогою бульб, які виступають як основний орган відновлення та розповсюдження. Бульби містять запасні поживні речовини та зародкові бруньки, що забезпечують швидкий ріст і розвиток рослини без потреби у насіннєвому розмноженні. У цій статті розглянуто фізіологічні, біохімічні та агротехнічні аспекти використання бульб у вегетативному розмноженні картоплі, їхній вплив на продуктивність та врожайність культури. Проаналізовано фактори, що впливають на якість та схожість бульб, а також методи їхньої підготовки до посадки для забезпечення оптимального росту [4].

Виклад основного матеріалу. Вегетативне розмноження картоплі через бульби є складним процесом, що залежить від фізіологічних, агротехнічних та екологічних факторів. Його оптимізація вимагає глибоких знань про біохімічні процеси в бульбах, особливості їх зберігання, підготовки до посадки та захисту від хвороб. Впровадження сучасних технологій дозволяє підвищити врожайність та якість картоплі, що має ключове значення для світового сільського господарства.



Рис. 1. *Solanum tuberosum* [5].

Вегетативне розмноження картоплі здійснюється головним чином через бульби, які є видозміненими підземними пагонами з високим вмістом запасних речовин, переважно крохмалю. Бульби містять бруньки (вічка), з яких після посадки формуються нові пагони. Цей процес залежить від температурних умов, вологості ґрунту, освітлення та наявності поживних речовин.

Якість посадкового матеріалу відіграє ключову роль у продуктивності картоплі. Оптимальний розмір бульб, їхня маса та фізіологічна зрілість

впливають на енергію проростання, рівномірність сходів та врожайність. Дрібні бульби можуть забезпечити недостатню кількість поживних речовин для раннього росту, що може призвести до затримки розвитку рослин і зменшення кінцевого врожаю. Великі бульби, навпаки, мають високий потенціал росту, але можуть бути більш чутливими до механічних пошкоджень та хвороб [6].

Стан спокою бульб – важливий фактор, який впливає на вегетативне розмноження. Бульби картоплі проходять три основні фази: фізіологічний спокій, перехідний стан та активний ріст. Тривалість спокою залежить від сорту, умов зберігання та температурного режиму. Прискорення виходу зі стану спокою можна досягти шляхом яровизації – передпосівного прогрівання бульб, що стимулює їхнє проростання та покращує рівномірність сходів.

Перед проростанням у бульбах картоплі відбувається низка складних фізіолого-біохімічних процесів, які готують їх до активного росту. Бульби картоплі містять значні запаси крохмалю, який у процесі проростання під впливом ферментативної активності розкладається до простих цукрів – мальтози та глюкози. Цей процес каталізується амілазами – α -амілазою та β -амілазою, які активізуються у відповідь на температурні зміни та підвищення вологості ґрунту. Глюкоза слугує джерелом енергії для клітинного дихання та синтезу нових структур у зародкових бруньках [7].

На ранніх стадіях проростання активізується метаболізм нуклеїнових кислот та білків. У бульбах спостерігається інтенсивний синтез рибонуклеїнової кислоти (РНК), що є необхідним для активації транскрипції та запуску біосинтезу білків. Ріст пагонів і коренів регулюється фітогормонами, зокрема ауксинами, гіберелінами та цитокінінами. Ауксини (індолілоцтова кислота, ІОК) стимулюють поділ клітин та формування меристематичних тканин. Гібереліни прискорюють подовження стебел та активують ферменти, які беруть участь у гідролізі крохмалю. Цитокініни регулюють поділ клітин та ініціюють формування кореневої системи.

Важливу роль у процесі проростання відіграють зміни у водному балансі бульб. У фазі спокою вони характеризуються низьким вмістом вільної води, що перешкоджає передчасному росту. Під час проростання внаслідок підвищення температури та вологості відбувається збільшення осмотичного тиску, що сприяє активному поглинанню води клітинами та запуску ростових процесів. Водночас активізується дихання, у результаті чого в мітохондріях підвищується інтенсивність окисного фосфорилування, що забезпечує клітини енергією у вигляді АТФ [8].

Життєздатність бульб картоплі залежить від низки факторів, серед яких ключову роль відіграють їх фізіологічний стан, морфологічні особливості, умови зберігання та обробка перед посадкою. Бульби, що перебувають у стані спокою, не здатні до проростання через високий рівень інгібіторів росту (абсцизової кислоти) та низьку активність ферментативних систем. Вихід зі стану спокою стимулюється зниженням концентрації абсцизової кислоти та збільшенням рівня гіберелінів. Старіння бульб супроводжується зниженням їхньої життєздатності, втратою тургору, підвищеною чутливістю до патогенів та зменшенням

активності ферментативних систем. Оптимальна маса бульб для посадки становить 50-80 г. Великі бульби містять більше запасних речовин, що сприяє швидкому росту, однак їх висока енергетична цінність може призводити до передчасного виснаження та розвитку аномальних пагонів. Кількість і розташування вічок на бульбах впливає на кількість сформованих пагонів. Бульби з рівномірно розподіленими вічками забезпечують рівномірний розвиток рослини [9].

Оптимальна температура зберігання насінневої картоплі становить 2-4°C, що запобігає передчасному проростанню та знижує ризик розвитку патогенів. Висока вологість (85-90%) необхідна для підтримання тургору бульб, проте її надлишок сприяє розмноженню грибкових інфекцій. Світловий режим впливає на біохімічні процеси: при зберіганні в темряві в бульбах накопичується більше крохмалю, тоді як освітлення стимулює синтез хлорофілу та соланіну. Для стимуляції проростання застосовують яровизацію – витримування бульб у світлі та теплі (12-15°C) протягом 20-30 днів перед посадкою. Це прискорює вихід із стану спокою та покращує енергію проростання. Хімічна обробка фунгіцидами та біостимуляторами сприяє підвищенню стійкості до хвороб і стимулює коренеутворення.

Таким чином, життєздатність бульб визначається комплексом фізіологобіохімічних процесів, умовами їх зберігання та методами передпосадкової обробки. Оптимізація цих факторів дозволяє підвищити продуктивність картоплі, покращити рівномірність сходів і зменшити втрати врожаю від патогенів.

Однією з основних проблем вегетативного розмноження є накопичення вірусних та бактеріальних інфекцій у посадковому матеріалі. Це призводить до поступового зниження врожайності та якості картоплі. Тому застосування оздоровленого насінневого матеріалу та використання методів мікроклонального розмноження дозволяє зберігати високий рівень продуктивності культури. Насіннева картопля, отримана через методи біотехнології, забезпечує високу стійкість до хвороб та стабільну врожайність.

Крім того, агротехнічні прийоми, такі як підготовка ґрунту, внесення добрив, контроль вологості та боротьба зі шкідниками, мають визначальний вплив на ефективність вегетативного розмноження. Передпосадкова обробка бульб стимуляторами росту, антистресовими препаратами та фунгіцидами сприяє підвищенню стійкості до несприятливих факторів довкілля та інфекційних захворювань. Також важливе значення має схема посадки – глибина загортання, густина та орієнтація бульб у ґрунті [1].

Висновок. Отже, вегетативне розмноження картоплі за допомогою бульб є ефективним способом підтримання сортових характеристик і забезпечення високої врожайності культури. Якість посадкового матеріалу, фізіологічний стан бульб, методи їхньої підготовки до посадки та агротехнічні заходи значною мірою визначають продуктивність рослин. Використання оздоровленого насінневого матеріалу, дотримання оптимальних умов вирощування та застосування сучасних технологій обробки бульб дозволяють значно підвищити

ефективність цього процесу. Подальші дослідження у цій сфері спрямовані на покращення методів вирощування картоплі, зниження впливу патогенів та оптимізацію процесів розмноження для отримання стабільно високих урожаїв.

Список використаної літератури

1. Spooner, D. M., McLean, K., Ramsay, G., Waugh, R., & Bryan, G. J. A single domestication for potato based on multilocus amplified fragment length polymorphism genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2005. С. 14694-14699.
2. Картопля.URL: <https://surl.li/vmstru> (Дата звернення 13.03.2025).
3. Navarre, D. A., Pavek, M. J., Shaky, R., & Holden, J. Developing the potato as a functional food. *In Advances in Potato Chemistry and Technology*. 2009. С. 395-424.
4. Ranalli, P. Improvement of *Solanum tuberosum*: conventional and molecular approaches. *Potato Research*. 2007. С. 119-137.
5. *Solanum tuberosum*.URL: <https://landlord.ua/news/vegetables/vukrayini-kartoplya-dorozhchaye-do-rekordnyh-rivniv/> (Дата звернення 13.03.2025).
6. Jansky, S. H. Breeding for disease resistance in potato. *Annual Review of Phytopathology*. 2009. С. 1-25.
7. Kloosterman, B., Abelenda, J. A., Gomez, M. D. M. C., Oortwijn, M., de Boer, J. M., Kowitzanich, K., ... & Bachem, C. W. B. Naturally occurring allele diversity allows potato cultivation in northern latitudes. *Nature*. 2013. С. 246-250.
8. FAO. International year of the potato 2008: New light on a hidden treasure. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. 2008. 143 с.
9. Larkin, R. P., Griffin, T. S., & Honeycutt, C. W. Rotational and cover crop effects on soilborne potato diseases, tuber yield, and soil microbial communities. *Plant Disease*. 2011. С. 355-368.

Микола КОЗАР¹⁶,
студент 2 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА В УМОВАХ ГАЙСИНСЬКОГО РАЙОНУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

***Анотація.** Технологія вирощування соняшника в Гайсинському районі Вінницької області має на меті оптимізацію агрономічних процесів з урахуванням місцевих кліматичних і ґрунтових умов. Соняшник є важливою*

¹⁶ Науковий керівник – Поліщук М.І., к.с.-г. н., доц. викладач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії

олійною культурою, що забезпечує високу рентабельність і відповідає зростаючому попиту на рослинну олію. Адаптивні сорти, стійкі до посухи та захворювань, відіграють ключову роль у забезпеченні високих врожайів. Процес підготовки ґрунту, своєчасний посів і належний догляд за рослинами сприяють формуванню оптимальних умов для розвитку культури. Дотримання технологічних вимог і використання сучасних методів агрономії позитивно впливають на економічну ситуацію в регіоні, покращуючи прибутковість сільгоспвиробництва. Вивчення та впровадження ефективних технологій вирощування соняшника має стратегічне значення для розвитку аграрного сектора Гайсинського району та забезпечення стабільного продовольчого постачання.

Ключові слова. Соняшник, вирощування, технологія, олійна культура, агрономія, сорти, кліматичні умови, ґрунтові умови, добрива, посів.

Annotation. The technology of growing sunflower in the Haisyn district of Vinnytsia region aims to optimize agronomic processes taking into account local climatic and soil conditions. Sunflower is an important oilseed crop that provides high profitability and meets the growing demand for vegetable oil. Adaptive varieties that are resistant to drought and diseases play a key role in ensuring high yields. The process of soil preparation, timely sowing and proper plant care contribute to the formation of optimal conditions for crop development. Compliance with technological requirements and the use of modern agronomic methods have a positive impact on the economic situation in the region, improving the profitability of agricultural production. The study and implementation of effective technologies for growing sunflower is of strategic importance for the development of the agricultural sector of the Haisyn district and ensuring a stable food supply.

Keywords. Sunflower, cultivation, oilseed crop, agronomy, varieties, climatic conditions, soil conditions, fertilizers, sowing, care, harvest.

Вступ. Вирощування соняшника в Гайсинському районі Вінницької області відкриває широкий спектр можливостей для розвитку аграрного сектора регіону. Соняшник, як одна з ключових олійних культур, займає важливе місце в агрономічній практиці України, що зумовлено його високою рентабельністю, універсальністю використання та попитом на ринку. Гайсинський район, з його сприятливими кліматичними умовами, родючими ґрунтами та багатим агрономічним досвідом, створює ідеальні передумови для ефективного вирощування цієї культури.

Важливим аспектом успішного вирощування соняшника є вибір сортів, здатних адаптуватися до змінних умов навколишнього середовища. Сучасні агрономічні дослідження показують, що стійкість до посухи та захворювань є критично важливими характеристиками, які можуть значно вплинути на продуктивність. У зв'язку з цим, фахівці постійно працюють над удосконаленням сортового складу, щоб забезпечити максимальний врожай при мінімальних витратах.

Підготовка ґрунту, внесення органічних і мінеральних добрив, правильні терміни посіву та ретельний догляд за рослинами – усі ці фактори формують комплексну технологію вирощування, яка враховує місцеві умови. Своєчасне збирання врожаю також є критично важливим для досягнення високих показників. Ефективна технологія вирощування соняшника не лише покращує економічну ситуацію в регіоні, але й забезпечує стабільний дохід для фермерів, що сприяє розвитку сільських територій [1].

В умовах зростаючого попиту на рослинну олію та необхідності забезпечення продовольчої безпеки, дослідження технології вирощування соняшника стає надзвичайно актуальним. Це не лише підвищує конкурентоспроможність української продукції на світовому ринку, але й зміцнює аграрну політику держави. Таким чином, ефективне вирощування соняшника в Гайсинському районі є важливим елементом аграрної стратегії, що сприяє сталому розвитку економіки та підвищенню добробуту населення.

Виклад основного матеріалу. Соняшник є однією з найрентабельніших культур для вирощування в Україні, і його популярність не знижується, незважаючи на коливання цін і складнощі з експортом. Ця культура активно входить до складу багатьох сівозмін, що свідчить про її значущість для аграрного сектора країни. Адаптивність соняшника дозволяє йому рости і розвиватися навіть в умовах стресу, однак дотримання технологій вирощування залишається важливим для отримання бажаного врожаю.

Підготовка ґрунту для соняшника є критично важливим етапом, що включає зяблевий обробіток, метою якого є накопичення вологи в кореневмісному шарі, мобілізація поживних речовин, активізація біологічних процесів у ґрунті та знищення бур'янів. Якщо попередником були зернові, то доцільно провести одноразове або дворазове лущення стерні, тоді як після кукурудзи рекомендується дискування та оранка. Важливо також вносити гербіциди, якщо це потрібно, а оранка має бути глибиною 20-30 см в залежності від типу ґрунту [2].

Альтернативою традиційному обробітку є безвідвальний, що передбачає глибоке рихлення на глибину до 35 см, що допомагає покращити аерацію ґрунту і зберегти вологу. Весняний обробіток ґрунту включає боронування для закриття вологи, ранню культивування з одночасним боронуванням і шлейфуванням. Використання комбінованих агрегатів також є важливим, адже соняшник чутливо реагує на переущільнення ґрунту.

Сівба соняшнику має бути рівномірною, щоб забезпечити дружні та вирівняні сходи. Швидкість сівалки не повинна перевищувати 5 км/год, а глибина загортання насіння коливається від 4 до 6 см. Заглиблення насіння більше 6 см може знизити схожість. Для досягнення оптимальних результатів сівба повинна проводитися при температурі ґрунту 10-12 °С. Досвідчені агрономи відзначають, що рання сівба в північних регіонах є більш вигідною, оскільки пізніше зволоження може негативно вплинути на розвиток рослин.

Удобрення соняшника також має свої особливості. Необхідна кількість елементів живлення залежить від багатьох факторів, включаючи особливості

гібриду, тривалість вегетаційного періоду, погодні умови та родючість ґрунту. Найкращі результати соняшник показує на чорноземних ґрунтах з рН 6,0-7,0. Соняшник споживає більше калію, ніж зернові, тому важливо правильно розподілити добрива протягом вегетації [3].

Процес засвоєння поживних речовин у соняшнику складається з трьох основних періодів: від появи сходів до формування кошика, від початку формування кошика до початку цвітіння та від початку цвітіння до наливу насіння. Азот, фосфор і калій грають ключову роль у різних етапах розвитку рослин. Особливо важливо контролювати рівень азоту, оскільки його нестача негативно впливає на формування кошика, а надлишок знижує вміст олії в насінні.

Нестача фосфору може призвести до зниження продуктивності, а калій забезпечує посухостійкість і регулює баланс вологи в рослині. Оскільки соняшник є культурою, чутливою до дефіциту мікроелементів, таких як бор і цинк, важливо проводити позакореневе підживлення у відповідні фази росту. Основне удобрення передбачає внесення фосфорних і калійних добрив під час оранки, а азотні добрива – навесні під час культивації. Соняшник добре реагує на органічні добрива, а також на застосування складних мінеральних добрив. Підживлення соняшнику рекомендується проводити на ранніх стадіях росту, щоб забезпечити максимальне засвоєння живильних речовин.

Оскільки попит на соняшник в Україні зростає, разом з цим зростає й ризик виникнення грибкових хвороб. Збільшення площ під соняшником і нехтування сівозмінами призводять до поширення патогенів, які можуть суттєво знизити урожай. Важливо регулярно обстежувати поля на предмет уражень, оскільки багато хвороб виявляються вже на ранніх стадіях розвитку рослин.

Загалом, успішне вирощування соняшника вимагає комплексного підходу, включаючи обробіток ґрунту, правильну сівбу, вдосконалене удобрення та контроль за захворюваннями, що дозволяє отримувати високі врожаї та підтримувати рентабельність цієї важливої культури [1].

Сільське господарство в Вінницькій області займає вагоме місце в економіці регіону, де аграрний сектор є основою для розвитку багатьох інших галузей. Вінницька область, посідаючи 12-те місце за площею серед усіх регіонів України та 4-те за обсягом виробництва зернових культур, має значний потенціал для вирощування різноманітних сільськогосподарських культур. У Гайсинському районі, зокрема, основними культурами, що вирощуються, є пшениця, кукурудза, буряк, овочі та, звісно, соняшник. Фермерські господарства, агрокомпанії та науково-дослідні установи активно працюють над інноваційними рішеннями, що підвищують продуктивність та якість сільгоспвиробництва.

Умови для вирощування соняшника в Гайсинському районі є досить сприятливими завдяки помірно континентальному клімату. Літні температури коливаються від +19 до +21 °С, що забезпечує рослинам оптимальні умови для росту. Середня річна кількість опадів становить 500-600 мм, що також є важливим фактором для успішного вирощування соняшника. Вода, яка

надходить з річок Південний Буг, Дністер та численних водойм, сприяє зволоженню ґрунту, що є критично важливим в періоди посухи [4].

Ґрунтовий покрив Гайсинського району характеризується переважанням чорноземів, які мають високу родючість. Чорноземи займають близько 60% території, що робить їх надзвичайно придатними для вирощування таких культур, як соняшник, який потребує багатого на поживні речовини ґрунту. Крім чорноземів, в районі є сірі лісові та дерново-підзолисті ґрунти, які також можуть використовуватися для вирощування різних сільськогосподарських культур, але з меншими показниками врожайності.

Технологія вирощування соняшника в Гайсинському районі передбачає кілька ключових етапів, які впливають на кінцевий урожай. Зокрема, важливими є обробіток ґрунту, сівба, удобрення та захист від шкідливих організмів. Сучасні методи обробітку, такі як безвідвальний обробіток, активно застосовуються для збереження вологи та поліпшення аерації ґрунту. Цей підхід особливо важливий у зв'язку зі змінами клімату та періодами посухи, які можуть вплинути на врожайність.

Удобрення соняшника є ще одним важливим аспектом агрономічної практики. Для досягнення високої продуктивності необхідно правильно визначити норми внесення азотних, фосфорних і калійних добрив. Це забезпечує рослинам необхідні елементи живлення на всіх етапах їх розвитку. У Гайсинському районі особливо важливо враховувати потребу в мікроелементах, оскільки їх нестача може негативно позначитися на формуванні врожаю. Правильне використання добрив дозволяє максимізувати врожайність, що є критично важливим для місцевих фермерів [2].

Вирощування сільськогосподарських культур у Гайсинському районі Вінницької області є ключовим елементом аграрної економіки регіону. Основними культурами, які вирощують на території району, є зернові, технічні, овочеві та кормові культури, що відображає сприятливі агрокліматичні умови та родючість ґрунтів.

Зернові культури займають провідне місце в структурі посівних площ. З 110,247 га земельних угідь в обробітку близько 35,410 га відведено під зернові, що становить 52,2% від загальної площі ріллі. Найпоширенішими зерновими є пшениця та кукурудза, які вирощуються через їх високу врожайність і попит на ринку. Завдяки помірно континентальному клімату з достатньою кількістю опадів, Гайсинський район забезпечує оптимальні умови для росту цих культур.

Кормові культури також мають значне значення для розвитку тваринництва в регіоні. Вони займають 22,6% (15,360 га) усіх ріллі, і включають такі види, як люцерна, конюшина та інші трави. Вирощування кормових культур забезпечує належне харчування для великої рогатої худоби та свиней, що позитивно впливає на продуктивність тваринництва.

Технічні культури, зокрема соняшник і буряк, займають 14,2% (9,634 га) посівних площ. Вирощування соняшника в районі є особливо вигідним, оскільки він користується високим попитом на олійно-жировому ринку. Ця культура є стійкою до посухи і добре адаптується до місцевих умов.

Овочі і картопля займають 11% (7,461 га) посівних площ. Овочівництво в районі розвивається завдяки запровадженню сучасних агротехнологій, які дозволяють отримувати високі врожаї. Фермери активно використовують теплиці та крапельне зрошення для покращення якості та кількості продукції [5].

Висновки. Вирощування соняшника в Гайсинському районі Вінницької області є унікальним не лише через сприятливі агрокліматичні умови, а й завдяки специфіці земельних ресурсів та традиційних практик. Гайсинщина, з її значними площами орних земель, пропонує унікальну можливість для розвитку соняшникового виробництва. Загальна площа сільськогосподарських угідь в районі становить приблизно 110 тис. га, з яких близько 70 тис. га займають ріллі. Соняшник, завдяки своїй витривалості та адаптивності, займає близько 35% від загального посіву олійних культур у районі. Виробництво соняшникового насіння в Гайсинському районі щороку становить близько 20-25 тис. тонн. Це свідчить про те, що район є одним із провідних виробників цієї культури в Україні, де середня врожайність коливається в межах 2,5-3,5 тонн з гектара. В окремих господарствах, що використовують сучасні технології, врожайність може досягати 4 тонн на гектар.

Однією з основних унікальних характеристик вирощування соняшника в Гайсинському районі є наявність родючих чорноземів, які становлять близько 60% від загального ґрунтового покриття. Це дозволяє отримувати високу врожайність та якість продукції. Додатково, завдяки помірно континентальному клімату з середньою річною температурою близько 10-12°C і достатньою кількістю опадів (500-600 мм на рік), створюються оптимальні умови для росту та розвитку рослин.

Процес вирощування соняшника включає кілька ключових етапів, таких як підготовка ґрунту, посів, обробка, збір та зберігання. У передпосівний період важливо провести глибоку оранку та боронування, щоб підготувати ґрунт до посіву. Зазвичай посів здійснюється в середині квітня, коли температура ґрунту досягає 8-10°C, що є оптимальним для проростання насіння.

Завдяки розвитку агрономічних практик, таких як сівозмінна та використання сортів, стійких до хвороб, фермери здатні знизити ризики втрат урожаю. Наприклад, застосування гібридів соняшника, стійких до фомозу та інших хвороб, може збільшити врожайність на 20-30%. Також, інтеграція сучасних технологій, таких як GPS-картування, дозволяє точно контролювати витрати на добрива та захист рослин, що підвищує економічну ефективність виробництва.

Важливо відзначити, що в Гайсинському районі активно розвивається система зберігання та переробки соняшникового насіння. Тут функціонує кілька олійниць, які забезпечують високий рівень переробки продукції, що сприяє доданій вартості для місцевих виробників.

Таким чином, технологія вирощування соняшника в Гайсинському районі є унікальною завдяки поєднанню природних ресурсів, інноваційних агрономічних практик та традицій, що забезпечує стабільний розвиток аграрного сектору та значний внесок у економіку регіону. Вирощування соняшника не

лише забезпечує продовольчу безпеку, але й є важливим джерелом доходів для місцевих фермерів, що сприяє розвитку соціальної інфраструктури району.

Список використаної літератури

1. Технологія вирощування соняшнику: етапи, нюанси від сівби до збирання. URL: <https://superagronom.com/articles/720-tehnologiyaviroschuvannya-sonyashniku-etapi-nyuansi-vid-sivbi-do-zbirannya> (Дата звернення: 05.03.2025)
2. Сільське господарство у Вінницькій області: тенденції, виклики та перспективи. URL: <https://www.myvin.com.ua/news/24799-silskehospodarstvo-u-vinnytskii-oblasti-tendentsii-vyklyky-ta-perspektyvy#> (Дата звернення: 06.03.2025)
3. Гайсинський Район. *Вікіпедія*. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B9%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD_\(1923%E2%80%94942020\)#](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B9%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD_(1923%E2%80%94942020)#) (Дата звернення: 09.03.2025)
4. Технологія живлення високо олійного соняшника. *Agrovio*. <https://agrovio.com.ua/article.php?id=126> (Дата звернення: 08.03.2025)
5. Вирощування соняшника в посушливих регіонах. *Євросем*. <https://evrosem.ua/uk/vyroshchuvannya-soniashnyka-v-posushlyvykh/> (Дата звернення: 10.03.2025)

Оксана МЕЛЬНИК¹⁷,
студентка 3-го курсу,
факультет агрономії, лісівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

АНАЛІЗ СОРТІВ СОЇ ЗА ПОХОДЖЕННЯМ В РЕЄСТРІ УКРАЇНИ НА 2024 РІК

***Анотація.** У статті проведено аналіз сортів сої, зареєстрованих в Україні станом на 2024 рік, з урахуванням їхнього походження. Визначено частку сортів вітчизняної та зарубіжної селекції, а також виділено домінуючі сорти та нові реєстрації за останні п'ять років. Проведено порівняльний аналіз представлених сортів за основними агрономічними характеристиками. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації вибору сортів сої в умовах сучасного аграрного виробництва України.*

¹⁷ Науковий керівник – Мазур О.В., завідувач кафедри с.-г.н., доцент кафедри рослинництва та садівництва

Ключові слова: соя, сорти, селекція, реєстр, агрономічні характеристики, Україна.

Annotation. *The article analyzes soybean varieties registered in Ukraine as of 2024, considering their origin. The share of domestic and foreign breeding varieties was determined, and dominant varieties and new registrations over the last five years were highlighted. A comparative analysis of the presented varieties based on key agronomic characteristics was conducted. The obtained results can be used to optimize the selection of soybean varieties in the context of modern agricultural production in Ukraine.*

Keywords: soybean, varieties, breeding, register, agronomic characteristics, Ukraine.

Вступ. Соя є однією з найважливіших культур у світовому аграрному секторі, що відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої та кормової безпеки. В Україні соя займає значну частку посівних площ, а її виробництво стрімко зростає завдяки підвищеному попиту на внутрішньому та зовнішньому ринках. У зв'язку з цим важливим завданням є аналіз зареєстрованих сортів сої, які використовуються в українському рослинництві, зокрема з точки зору їхнього походження – вітчизняної або зарубіжної селекції. Питання ефективного використання сортів сої є предметом численних наукових досліджень. Попередні роботи у цій галузі акцентують увагу на агротехнічних характеристиках сортів, їхній стійкості до стресових факторів та продуктивності. Однак недостатньо вивченим залишається питання динаміки змін у реєстрі сортів сої України, зокрема співвідношення між сортами вітчизняної та зарубіжної селекції, що може впливати на розвиток аграрного сектору країни.

Метою даної статті є аналіз сортів сої, зареєстрованих в Україні у 2024 році, з урахуванням їхнього походження, визначення частки вітчизняної та зарубіжної селекції, а також виокремлення домінуючих сортів та нових реєстрацій за останні п'ять років. Отримані результати можуть бути використані для розробки рекомендацій щодо вибору сортів, що сприятиме підвищенню ефективності вирощування сої в Україні.

Виклад основного матеріалу. Соя є однією з ключових стратегічних культур сільськогосподарського виробництва України, що відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки, розвитку олієпереробної галузі та виробництва кормів для тваринництва. Завдяки своїй високій економічній рентабельності та широкій адаптації до різних кліматичних умов, ця культура активно розвивається як вітчизняними, так і зарубіжними селекційними установами [7]. Станом на 2024 рік Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні, включає значну кількість сортів сої, які мають різне походження, терміни дозрівання, рівень стійкості до біотичних та абіотичних факторів, а також інші агрономічні характеристики. Аналіз структури зареєстрованих сортів сої дозволяє виділити кілька основних тенденцій. Поперше, зростає частка зарубіжних сортів, що пояснюється високим рівнем

інвестицій у селекцію та активним впровадженням світових технологій у вітчизняне рослинництво. По-друге, значна увага приділяється стійкості до несприятливих умов, включаючи посуху, хвороби та шкідників, що є важливим фактором у контексті змін клімату.

Сорти сої, зареєстровані у 2024 році, поділяються на дві основні групи: вітчизняної селекції та зарубіжної селекції. Вітчизняні сорти розроблені українськими науково-дослідними установами, серед яких провідну роль відіграють Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, Інститут зрошуваного землеробства НААН, Селекційно-генетичний інститут НААН, а також приватні селекційні компанії.

Таблиця 1 Терміни дозрівання та агрономічні особливості

Група сортів	Характеристика
Ранньостиглі сорти (85-110 днів)	Швидке дозрівання, ранній врожай, придатність для північних та центральних регіонів, нижча урожайність.
Середньостиглі сорти (110-130 днів)	Основна частина зареєстрованих сортів, оптимальне поєднання врожайності, білка та олії, висока стійкість до хвороб і стресів.
Пізнєостиглі сорти (130-150 днів)	Вирощуються у південних регіонах, висока продуктивність, якість зерна, тривалий вегетаційний період.

Основний акцент у розробці таких сортів робиться на їх адаптивність до кліматичних умов України, стабільну врожайність та високу якість зерна. Зарубіжні сорти представлені селекційними досягненнями з США, Канади, Франції, Німеччини, Австрії та інших країн. Вони характеризуються високою продуктивністю, підвищеним вмістом білка та олії, а також стійкістю до хвороб і шкідників [3]. Проте важливим аспектом впровадження таких сортів у виробництво є їх адаптація до ґрунтово-кліматичних умов України, що вимагає додаткових досліджень та коригування технології вирощування. Сучасні сорти сої також відзначаються високим рівнем стійкості до абіотичних та біотичних факторів. Велика частка нових реєстрацій має генетично зумовлену стійкість до хвороб, таких як фузаріоз, склеротиніоз, антракноз, бактеріальні інфекції, а також шкідників. Такі характеристики є результатом багаторічних селекційних досліджень, спрямованих на підвищення продуктивності та стабільності врожаїв. На основі аналізу реєстру було встановлено, що приблизно 60% зареєстрованих сортів мають іноземне походження, тоді як 40% є результатом вітчизняної селекції [1]. Це свідчить про активну інтеграцію світових досягнень у галузі селекції сої у вітчизняне аграрне виробництво.

Дані державного реєстру свідчать про тенденцію до постійного оновлення сортового складу сої. У період з 2019 по 2024 рік відбулося зростання кількості зареєстрованих сортів на 12%, що вказує на активний розвиток селекційних досліджень та підвищений інтерес до цієї культури. Водночас спостерігається

зменшення частки старих сортів, що поступаються місцем більш продуктивним, адаптивним і стійким до стресових умов новинкам. Крім того, упродовж останніх п'яти років відзначається посилення ролі ранньостиглих сортів, які мають важливе значення в умовах змін клімату, оскільки дозволяють уникати негативного впливу високих температур у період дозрівання.

Таблиця 2 Домінуючі сорти сої у виробництві

№	Сорт	Походження	Основні переваги
1	С Ментор	Франція (Lidea)	Висока врожайність, посухостійкість
2	Кентуккі	США	Високий вміст білка, добра адаптивність
3	Софія	Україна (ІЗЗ НААН)	Стійкість до посухи, висока стабільність врожаю
4	Кіото	Канада (Прогрейн)	Висока продуктивність, стійкість до хвороб
5	Юстас	Україна (ІКСГ Поділля НААН)	Висока якість зерна, стійкість до стресових факторів

Аналізуючи зміни у частках вітчизняних та зарубіжних сортів, можна зазначити, що частка іноземних сортів зросла на 8%, що свідчить про інтенсифікацію імпорту селекційного матеріалу та співпрацю з міжнародними компаніями. Водночас українські науково-дослідні установи зберігають лідерські позиції у розробці адаптованих до місцевих умов сортів, що мають високий потенціал продуктивності.

Серед сортів, які зарекомендували себе як найефективніші в умовах України, можна виділити як вітчизняні, так і зарубіжні досягнення.

Сучасна селекція сої в Україні спрямована на вирішення низки ключових завдань, що обумовлені як змінами клімату, так і зростаючими вимогами до якості зерна. Одним із головних напрямів є розширення спектру стійкості до абіотичних факторів. У зв'язку зі зміною клімату аграрії все частіше стикаються з екстремальними погодними умовами, включаючи тривалі посухи, нерівномірний розподіл опадів та підвищення середньорічної температури [5]. Це зумовлює необхідність виведення нових сортів, здатних адаптуватися до посушливих умов без значних втрат урожайності. Окрім цього, значну увагу приділяють підвищенню вмісту білка та олії у зерні сої, адже світовий ринок вимагає сортів із покращеними якісними характеристиками, що робить їх конкурентоспроможними як на внутрішньому, так і на міжнародному рівні. Виробники та селекціонери орієнтуються на підвищення харчової цінності зерна та його технологічних характеристик, що особливо важливо для виробництва соєвого шроту, олії та інших продуктів переробки. Ще одним важливим напрямом селекції є розвиток технологій ранньостиглих сортів [4]. В умовах зміни клімату та непередбачуваних погодних явищ аграрії все частіше обирають сорти, які забезпечують стабільний урожай у найкоротші терміни.

Впровадження нових ранньостиглих сортів дозволяє мінімізувати вплив негативних погодних факторів, а також оптимізувати структуру посівних площ.

Окрему роль у вдосконаленні сортового складу відіграє впровадження методів молекулярної селекції. Використання сучасних технологій дозволяє значно скоротити час створення нових сортів, а також підвищити їхню стійкість до основних хвороб і шкідників. Молекулярні маркери та геномні дослідження дають змогу ідентифікувати генетичні особливості, які відповідають за врожайність, стійкість до стресових факторів і якість продукції, що робить процес селекції більш точним та ефективним.

Протягом останніх п'яти років спостерігається нерівномірна динаміка змін у реєстрації нових сортів сої. Якщо у 2019-2021 роках кількість нових сортів, що пройшли кваліфікаційну експертизу, була відносно стабільною, то у 2022-2024 роках темпи реєстрації дещо сповільнилися. Це пояснюється як економічними та логістичними труднощами, так і загальним переглядом стратегій розвитку селекції в умовах сучасних викликів. Водночас структура зареєстрованих сортів змінилася. Зокрема, збільшилася частка зарубіжних сортів, що є наслідком активної інтеграції міжнародного селекційного матеріалу та підвищеного попиту на високопродуктивні сорти, які демонструють високу стійкість до хвороб і змін клімату. Українські аграрії дедалі частіше обирають сорти, які не лише забезпечують стабільні врожаї, а й відповідають міжнародним вимогам щодо якості [6]. Ще однією важливою тенденцією стало зростання уваги до ранньостиглих сортів, що дозволяють отримувати врожай у більш короткі терміни та ефективніше використовувати агротехнології, зокрема дворазовий посів у певних регіонах. Це рішення дає змогу значно підвищити продуктивність господарств і мінімізувати ризики, пов'язані з несприятливими погодними умовами.

Паралельно з цим спостерігається розширення використання біотехнологій у селекції. Вітчизняні установи активно впроваджують молекулярні методи, що дозволяють не лише прискорювати процес створення нових сортів, а й гарантувати їх високу продуктивність та стійкість до факторів навколишнього середовища.

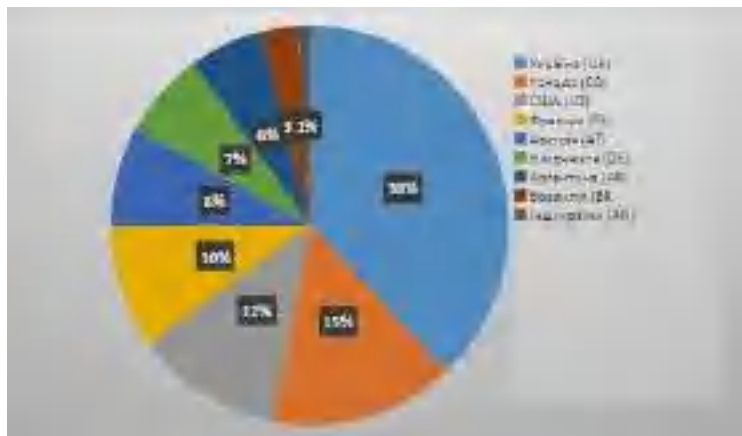


Рис. 1. Аналіз сортів сої за походженням в Реєстрі України на 2024 рік

Аналіз сортового складу сої, зареєстрованого в Україні у 2024 році, свідчить про значне домінування вітчизняної селекції, яка займає найбільшу частку в реєстрі. Це є підтвердженням ефективної роботи українських науководослідних установ, які займаються створенням сортів, максимально адаптованих до кліматичних умов країни. Серед українських сортів, які широко представлені у виробництві, варто відзначити такі, як «ААЦ Інвест 1605», що демонструє стабільну врожайність та високу стійкість до посухи, а також «Абака», який характеризується підвищеним вмістом білка та добрими показниками адаптивності. Сорт «Авантюрин» є прикладом ранньостиглої селекції, що дозволяє отримати високий урожай у короткі строки та зменшити залежність від погодних умов. Окрім значної частки українських сортів, важливу роль у реєстрі відіграють сорти зарубіжного походження, зокрема канадської селекції, яка представлена сортами, що мають високу морозостійкість та добре адаптовані до регіонів із нестабільними погодними умовами. Найбільш поширені серед них «AAC Ritcher», що характеризується підвищеним вмістом олії, а також «OAC Strive», який демонструє стабільну врожайність та відмінну стійкість до основних хвороб сої. Також велика кількість сортів походить із США, де особлива увага приділяється високопродуктивним та генетично стійким до хвороб видам. До таких належать «Asgrow AG24X7», що має високу врожайність та генетично закладену стійкість до захворювань, а також «Pioneer P21A22X», що добре адаптований до різних кліматичних умов і дозволяє отримати стабільний урожай навіть у складних агрокліматичних зонах.

Французька селекція також займає помітне місце у Реєстрі, завдяки високій продуктивності своїх сортів, серед яких виділяється «ES Mentor», що має високу посухостійкість і чудові показники врожайності. Австрійські сорти, які завоювали довіру українських аграріїв, демонструють стабільність та адаптивність, що підтверджується популярністю таких сортів, як «Stein 06X02», що характеризується високою стійкістю до хвороб та добрими показниками врожайності. Водночас німецька селекція представлена сортами, що відзначаються інноваційними підходами до генетичного покращення. Найяскравішим прикладом є «SG Medison», що має підвищену продуктивність і добре адаптується до змін кліматичних умов. Окрім європейських країн, до списку сортів, зареєстрованих в Україні, входять також представники аргентинської та бразильської селекції, хоча їхня частка є меншою порівняно з іншими країнами. Сорти з цих регіонів, такі як «Don Mario 5.9i» з Аргентини, відзначаються високим вмістом білка та хорошою стійкістю до шкідників, а бразильський сорт «Brasmax Potencia» демонструє відмінну витривалість у посушливих умовах та високу продуктивність. Хоча їхня присутність на ринку є відносно невеликою, вони набувають популярності серед фермерів, які шукають альтернативні варіанти для підвищення ефективності вирощування сої.

Загалом, аналіз сортового складу сої в Україні показує, що вітчизняні селекціонери продовжують активно конкурувати із закордонними виробниками, пропонуючи сорти, що відповідають сучасним викликам аграрного сектору. Водночас імпортні сорти також відіграють важливу роль у розширенні

можливостей агровиробників, забезпечуючи нові рішення для підвищення продуктивності та стійкості посівів.

Висновки. Перспективи розвитку селекції сої в Україні спрямовані на створення сортів, що відповідатимуть сучасним агрокліматичним умовам, ринковим вимогам та тенденціям світового сільськогосподарського виробництва. Одним із ключових напрямів є підвищення стійкості до змін клімату, оскільки екстремальні погодні умови, посухи та нерівномірний розподіл опадів суттєво впливають на врожайність. Відповідно, селекція буде зосереджена на розробці сортів із підвищеною адаптивністю до стресових факторів. Не менш важливим є поліпшення якісних характеристик зерна, зокрема підвищення вмісту білка та олії, що дозволить зробити сою більш конкурентоспроможною на внутрішньому та зовнішньому ринках. Зростаючий попит на високопродуктивні сорти стимулює селекційні установи до роботи над генетичним покращенням вмісту корисних речовин у насінні.

Використання біотехнологічних методів селекції, зокрема молекулярного маркерного аналізу та геномного редагування, дозволить прискорити процес створення нових сортів, підвищити їхню стійкість до хвороб і скоротити час до виведення у виробництво. Окрему роль відіграє розвиток ранньостиглих сортів, що дозволить оптимізувати терміни дозрівання та підвищити ефективність використання посівних площ. Таким чином, майбутнє селекції сої в Україні визначатиметься розробкою продуктивних, стійких до змін клімату, високоякісних сортів, що відповідатимуть сучасним вимогам сільськогосподарського виробництва та сприятимуть підвищенню конкурентоспроможності української сої на світовому ринку.

Список використаної літератури

1. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Міністерство аграрної політики та продовольства України. 2024. URL:<https://www.minagro.gov.ua> (дата звернення 16.01.2025 р.)
2. Процеси розвитку селекції сої в Україні. Пропозиція – Головний журнал для агробізнесу. 2024. URL:<https://propozitsiya.com> (дата звернення 25.12.2024 р.)
3. Рекомендовані сорти сої для вирощування в Україні. Херсонська філія Українського інституту експертизи сортів рослин. 2024. URL:<https://khbsr.gov.ua> (дата звернення 05.02.2025 р.)
4. Коваленко О.В., Петров І.В.. Сучасні селекційні підходи до створення нових сортів сої. Наукові праці Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2023. Вип. 324. С. 67–74.
5. Мартиненко В.С., Василенко О.Ю.. Тенденції селекції сої: стійкість до абіотичних факторів. Вісник аграрної науки. 2022. №4. С. 49–55.
6. Шевченко Л.М., Гриценко В.П.. Розвиток біотехнологічних методів у селекції сої. Сільське господарство та біотехнології. 2021. Т. 12, №2. С. 123–130.
7. Динаміка реєстрації нових сортів сої в Україні. SuperAgronom. 2023. URL:<https://superagronom.com> (дата звернення 19.01.2025 р.).

Тетяна ОЛЕКСАНДРОВИЧ¹⁸,
студентка 1 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

СВІЙ УРОЖАЙ ГРИБІВ: ВІД ІДЕЇ ДО РЕЗУЛЬТАТУ

Анотація. У статті розглядається процес вирощування грибів, зокрема печериць (*Agaricus bitorquis*), на присадибних ділянках та у приміщеннях. Найбільший акцент покладений на підкреслення переваг між двома способами вирощування. Розглядаються основні етапи створення сприятливих умов, включно з вибором субстрату, який є основою для росту грибів, забезпечення оптимальних умов вологості, температури та освітлення. Сучасні виробники міцелію постійно прагнуть вдосконалити свою продукцію, пропонуючи широкий вибір видів і штамів грибів. Наразі для культивування доступні: рейші (*Ganoderma lucidum*), лисички (*Cantharellus cibarius*), та інші. Для кожного виду потрібний свій підхід. Для мікоризних грибів важливо рости поруч з деревом, на відміну від грибів роду Плевротові (*Pleurotaceae*), які гарно розмістяться на листяних пеньках. Саме тому, у статті зазначено доступність процесу навіть для людей без спеціального досвіду. Через залежність від погодних умов, якості ґрунту та інших зовнішніх факторів, що впливають на ріст і розвиток рослин, присадибні ділянки поступаються приміщенням у стабільності врожайності.

Ключові слова: печериці, гриби, вирощування в домашніх умовах.

Annotation. The article examines the process of mushroom cultivation, specifically button mushrooms (*Agaricus scampestris*), in household plots and indoor environments. The primary stages of creating favorable conditions are discussed, including the selection of a substrate, which serves as the basis for mushroom growth, and ensuring optimal humidity, temperature, and lighting conditions. Modern mycelium producers continuously strive to improve their products, offering a wide range of mushroom species and strains. Currently available for cultivation are: reishi (*Ganoderma lucidum*), chanterelles (*Cantharellus cibarius*), and others. Each species requires a specific approach. For example, mycorrhizal fungi need to grow near trees, unlike fungi of the *Pleurotaceae* family, which thrive on deciduous stumps. The article highlights the accessibility of the process even for individuals without specialized experience. Due to dependencies on weather conditions, soil quality, and other external factors affecting plant growth and development, household plots are less stable in yield compared to indoor environments.

¹⁸Науковий керівник – Яковець Л.А., кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

Keywords: *button mushrooms, mushrooms, home cultivation.*

Вступ. У наш час, в умовах війни, проблема забруднення ґрунту стає особливо актуальною. Ліси можуть приховувати небезпеку, що значно зменшує можливість збирання грибів, а на деяких територіях це взагалі стає неможливим. У таких умовах вирощені власноруч гриби забезпечують впевненість у їх натуральності та безпеці. Домашній спосіб культивації також дозволяє уникнути використання хімічних добрив і пестицидів, що часто застосовуються у промисловому виробництві.

Мета. Проаналізувати переваги і недоліки між вирощуванням печериць на присадибній ділянці та у приміщенні.

Виклад основного матеріалу. Ліс – неоціненний дар природи. Він дарує безліч сировини для різних сфер нашого життя. Саме там можна знайти різноманіття трав, безліч ягід і чимало видів грибів. Гриби – це унікальні організми, які належать до окремого царства у біологічній систематиці. Вони мають величезне значення як для людини, так і для природи в цілому. Загалом, їхня роль позитивна, але деякі види несуть негативний вплив. Ліси України щороку дарують велику кількість грибів. Важливо знати, які з них їстівні, а які отруйні. Нажаль не всі добре обізнані з цими відомостями. Ці знання набуваються не лише теоретично, а й практично. При правильному використанні грибних ресурсів, людина отримує не лише багатий харчовий продукт, а й джерело лікарських речовин, органічні добрива та інше. Гриби, як і рослини та тварини, є незмінними супутниками людини та важливою частиною її життя і діяльності [4].

Насправді важко уявити скільки спроб було зроблено для того, що б дізнатись які гриби їстівні, а які отруйні. Проте, це підтверджує те, що людині цікавіші саме ті, які можна вживати у їжу. Цей цінний продукт харчування, при правильному збиранні та зберіганні, можна використовувати протягом року.

Найвідоміший їстівний гриб-печериця (*Agaricus bitorquis*). Зустрічається не лише в Україні, а й далеко поза її межами. В дикій природі ростуть у багатьох країнах із помірним кліматом. Культивовані, у промислових масштабах, ростуть в незалежності від розташування території[3].



Рис. 1. Печериця (*Agaricus bitorquis*)

Через свій ніжний смак, універсальність у кулінарії та невибагливість у вирощуванні, печериці відомі по всьому світі. Сам гриб доволі значного розміру. Шапка від 3 до 15 см у діаметрі. Спочатку кулястої форми з глибоко загнутим усередину краєм, проте згодом стає плоско-округла, і під кінець опукло розпростерта. За забарвленням шапка біла, брудно-біла, рідше жовтувата або біла з коричневим відтінком, матова, у центрі з малопомітними протиснутими лусочкам, до краю волокниста, з коркуватою шкіркою. Пластинки вільні, спочатку білі потім рожевуваті або брудно-рожеві, а при дозріванні темнокоричневі з фіолетовим відтінком. М'якуш білий і досить щільний, при розрізанні рожевіє. Ніжка висотою 4-7 і товщиною 2-4 см, пряма, кольору шапки, біля основи розширена та вздута, має широкі білі кільця, найчастіше розташоване близько до середини. Спорова маса пурпурно-коричнева. Спори кулясті, гладенькі. Печериці – добрий їстівний гриб. Їх можна пекти, смажити, сушити, робити з ними закрутки, та їсти свіжими. Проте з останнім методом вживання треба бути обережним. Варто зазначити, хоч печериці безпечні, потрібно дотримуватись загальних правил вживання [2].



Рис. 2. Печериця (*Agaricus bitorquis*)

Міцелій печериць вирощують у суворо стерильних умовах, що забезпечує відсутність хвороб і шкідників, а також високу якість матеріалу. Завдяки цьому процес вирощування цього виду грибів значно спростився, що дозволяє вирощувати печериці як у закритому, так і у відкритому ґрунті. Усе, що вам потрібно, – це придбати якісний міцелій і дотримуватися правил його посадки [1].

Однією з головних переваг вирощування печериць є їхній стрімкий ріст. У порівнянні з більшістю інших грибів, печериці здатні давати перший урожай вже через 1,5-2 місяці після посадки міцелію, що робить їх дуже привабливими для вирощування. Крім того, печериці не потребують складного догляду і можуть рости в умовах з контрольованою температурою та вологістю, що дозволяє отримувати врожай практично цілий рік. Важливим аспектом є і те, що печериці адаптовані для вирощування на різних субстратах [1].

На присадибній ділянці вирощувати гриби можна практично протягом усього року, проте, варто пам'ятати що погодні умови мають сприяти цьому

процесу. Найважливіше – уникати висадки в періоди, коли ґрунт замерзлий або надто заболочений, адже це значно ускладнює ріст грибів і може негативно вплинути на розвиток міцелію. Найкращим періодом для висадки грибів на відкритому ґрунті можна вважати весну, адже температура стає стабільно теплою, та осінь, коли зберігається висока вологість і помірна температура [3].

В умовах саду, городу та клумби, є певні переваги і недоліки. Значним недоліком є те, що врожайність непостійна та неконтрольована, проте перевага у розростанні по території (тобто куди людина не вносила міцелій власноруч) певної мірою покриває мінус. Печериці полюбують тінь, помірне тепло, та прохолоду влітку. На це потрібно звернути увагу, адже вибір місця є одним з найважливіших етапів у культивуванні. Якщо ділянка повністю відкрита можна зробити навіс, або ж додати затіняючу сітку. Для стабільності вологи територію майбутньої грибниці формують з бортиками. Для вирощування печериць грядку слід підготувати з особливою ретельністю. Її наповнюють заздалегідь підготовленим компостом, багатим на органічні речовини, який створює ідеальне середовище для росту грибів. Компост слід добре зволожити, але без перезволоження, щоб уникнути застою води. Потім рівномірно розподіліть міцелій печериць по поверхні грядки з розрахунку приблизно 50 г на 1 м². Після цього поверхню грядки необхідно присипати покривним ґрунтом шаром 3–4 см. Покривний ґрунт можна приготувати самостійно, змішавши садову землю, торф і вапно, або придбати готовий у спеціалізованому магазині. Щоб зберегти вологість і забезпечити необхідний мікроклімат, грядку накривають поліетиленовою плівкою. Це дозволяє підтримувати оптимальну температуру і вологість для проростання [1].

Кожні 3-5 днів потрібно відкривати та дивитись за станом грибниці. Рекомендовано брати дрібку ґрунту та перевіряти чи він не надто сухий. Якщо відчувається волога, непотрібно нічого робити, проте у протилежному випадку за допомогою пульверизатора розпиляємо по всій грядці теплу воду. Земля повинна бути теплою, бажано в межах +25-26°C. Мінімальна допустима температура +20°C. У разі похолодання можна використовувати ковдри, або ж лампи. Через 2-2,5 тижні на поверхні з'явиться білий наліт нитки міцелію. Тоді потрібно остаточно зняти плівку з поверхні. Для того, щоб розширити зону грибниці по саду – потрібно розмістити шматочки міцелію в місця, які підходять для вирощування.



Рис. 3. Печериця (*Agaricus bitorquis*) вирощена в саду

Урожай печериць з присадибних ділянок в залежності від природніх умов можна зібрати 1 раз навесні і 2 рази восени. Спочатку печериці виростуть певними гніздами по 3-7 і навіть по 15, але надалі, з часом, коли грибниця розростеться, вони рівномірно розподіляються на поверхні грядки[4].

Варто пам'ятати, що гриби потрібно збирати молодими, а саме поки натягнута плівка, що з'єднує краї капелюшка з ніжкою. Можна збирати і з порушеною плівкою, але коли пластинки шапки стануть темно-коричневими, а плодове тіло ніби в'ялим – небезпечно. Перезрілі печериці, як і всі гриби, здатні викликати отруєння. Тому, варто пам'ятати про це і піклуватись про своє здоров'я [3].

Вирощування печериць у приміщенні має ряд переваг, які роблять цей метод більш зручним та ефективним у порівнянні з відкритим ґрунтом. Ми можемо контролювати всі процеси, що впливають на ріст і розвиток грибів. Температура, світло, вологість – усе можна скорегувати. Не потрібно хвилюватись через пору року, чи погоду за вікном, через настання ранніх заморозків чи засухи. Приміщення захищає від хвороб і шкідників, які часто зустрічаються у відкритому ґрунті. Від бур'янів та патогенних мікроорганізмів, які можуть зашкодити врожаю.

Можна обрати будь-яке приміщення – сарай, комора, підвал, гараж, горище, застелений балкон, тощо. Головна перевага полягає в тому, що врожай можна отримувати цілий рік. Хоч з кожним разом гриби будуть трішки менші за попередній, грибниця плодоноситиме більше, ніж на відкритому ґрунті [1].

У наш час можна обрати найлегший спосіб -придбати готові грибні блоки. Ґрунт буде підготовлений, з потрібною концентрацією компосту чи перегною. Також такий варіант є досить зручним, адже блоки легші для встановлення і можуть розміститись навіть в квартирі.

Печериці можна вирощувати не лише в спеціальних блоках, а й в простих ящиках або поліетиленових мішках. При правильному обробітку плівкою можна виростити навіть в картонній коробці. Проте, можна зробити й власноруч, з підручних матеріалів. Головне що б бортики були заввишки 25см.

Субстрат формується пошарово. Перший – 10-12см землі. Це простий ґрунт, наприклад з грядки чи клумби. Цей шар потрібно рівномірно розподілити по площі. Саме після цього потрібно розсипати міцелій. Зазвичай розподіл не змінний – 50 г на 1 м² [1].

Другий шар – вкривається на 7-10 см перегноем або ж компостом. Перегній доступний не всім, тому легше зробити заздалегідь компост, хоча це на власний розсуд кожного. Для садового використання вистачить мінімальних затрат. Потрібний контейнер, зроблений самотужки, або ж придбаний. Основні групи відходів – «зелені» та «коричневі». Загалом це органічне сміття, та рештки з прибирання саду чи клумби. Наприклад: овочеві, або ж фруктові обрізки, листя, шкарлупка, тирса, квіти, тощо. Ці дві групи чергуються між собою, хоч насправді не надто важливо в якій послідовності [3].

Потрібно також пам'ятати про збереження вологи в грибниці. Не створюючи болота, але й не забуваючи про зволоження. Загалом схема така сама

як і на відкритому ґрунті – за допомогою пульверизатора розпиляти по всій грядці теплу воду. У випадку з приміщенням, потрібно дивитись аби ґрунт не зацвів. Таке може трапитись, проте не слід хвилюватись. Необхідно забезпечити краще провітрювання. Після додавання компосту, все потрібно накрити плівкою на 15 днів. Почнуть з'являтися білі нитки й білий наліт міцелію, що розростатися на новому місці. Це буде головною ознакою успішності, і того, що плівку потрібно забирати. Основна дія, яку потрібно робити – зволожувати при необхідності. Печериці, які можна зрізати та використовувати в їжу з'являться через 2-2,5 місяці в залежності від сезону посадки. Якщо культивування відбулось навесні, або на початку осені – результат слід чекати раніше, ніж при посадці у зимну пору.



Рис. 4. Печериця(*Agaricus bitorquis*) вирощена в домашніх умовах

Коли почався врожай, його потрібно збирати кожні 2-3 дні, для забезпечення розвитку нових грибів[1].

Найкращий спосіб – викручування. В незалежності від місця вирощування, чи виду грибів. Зрізання ножом може призвести до неприємних наслідків. Інколи, залишки ніжки, яку ми хотіли зрізати залишаються, що спричиняє до гниття, та можливого зараження, адже загнивання створює сприятливе середовище для розвитку бактерій, грибків і плісняви, які можуть пошкодити грибницю. Результатом цього – маємо зменшений врожай, або повністю втрату.

Саме тому викручування обертальним рухом є найкращим способом збирання будь-яких грибів. Цей рух виконується правильно у напрямку за годинниковою стрілкою або проти неї (без різких рухів) і плавно витягуючи наш гриб.

Загалом потрібно перевірити чи не залишились залишки міцелію на поверхні, і обов'язково присипати це місце ґрунтом. Важливо не нашкодити грибниці, адже саме так, можна збирати врожай довго, і найголовніше він буде якісним та органічно чистим. Все, що вирощено з любов'ю – найсмачніше.

Висновок. Отже домашнє грибництво – це простий і цікавий спосіб урізноманітнити раціон якісними та екологічно чистими продуктами. Завдяки доступності сучасних матеріалів і простим методам вирощування, це заняття стало реальним для кожного, хто хоче отримати частинку природи у своєму домі.

Особливо у часи, коли до лісу ходити небезпечно. Печериці, гриби, які майже кожен використовує у приготуванні смачних страв. Тому багато охочих спробувати себе в ролі природи, та виростити смакоту власноруч.

Список використаної літератури

1. Садівництво. Енциклопедія. 1 том. Кишинів «Головна редакція Молдови» 2021 р. С. 336-337.
2. Печериці: як виростити гриби. URL: yaskravaklumba.com.ua/ua/stativideo/simena/shampin-ony-kak-vyrastit-griby-na-gryadke-v-teplice-v-domashnihusloviyah-poshagovaya-nstrukciya?srsltid=AfmBOop159Xb66bxFoXvde8Dd2NNHCOP-My9RCAjdImC3nLh8q9IL6S (дата звернення 18.02.2025)
3. Зерова М.Я., Єлін Ю.Я., Козяков С.М. Гриби. Їстівні, умовно їстівні, неїстівні, отруйні. Київ «УРОЖАЙ» 2018р. С.5-10.
4. Вавриш П.Е., Горовий Л. Ф. Гриби в лісі і на столі. Київ «УРОЖАЙ». 2016 р. С. 18-35.

Максим ОПЛАКАНСЬКИЙ¹⁹,

студент 3-го курсу,
факультету агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

СЕРЕДЗЕМНОМОРСЬКА ПЛОДОВА МУХА (*CERATITIS* *CAPITATA*) В УКРАЇНІ. МОНІТОРИНГ, ПРОФІЛАКТИКА ТА КАРАНТИННІ ЗАХОДИ

***Анотація.** Середземноморська плодова муха (*Ceratitis capitata*) є одним із ключових карантинних шкідників, що завдає значної шкоди сільському господарству України, особливо в Одеській області. У статті проаналізовано основні аспекти моніторингу, профілактичних заходів та карантинних стратегій, спрямованих на протидію цьому шкіднику. Висвітлено причини появи мухи на території України, особливості її поширення, а також ризики для фруктових культур. У статті аналізуються ключові підходи до моніторингу, профілактики та запровадження карантинних заходів, спрямованих на протидію середземноморській плодовій мусі на території України. Особливу увагу приділено важливості карантинних заходів у стримуванні розповсюдження середземноморської мухи. Додатково наголошено на значенні міжнародної співпраці та координованих заходів на державному рівні для зниження негативного впливу цього шкідника на аграрний сектор України.*

¹⁹ Науковий керівник – Вергелес П.М., кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

Ключові слова: середземноморська плодова муха, карантин, профілактика, моніторинг, сільське господарство, карантинні заходи.

Annotation. *The Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*) is one of the key quarantine pests that causes significant damage to Ukrainian agriculture, especially in Odesa region. The article analyzes the main aspects of monitoring, preventive measures, and quarantine strategies aimed at counteracting this pest. The reasons for the appearance of the fly on the territory of Ukraine, the peculiarities of its spread, as well as the risks to fruit crops are highlighted. The article analyzes the key approaches to monitoring, prevention and implementation of quarantine measures aimed at counteracting the Mediterranean fruit fly in Ukraine. Particular attention is paid to the importance of quarantine measures in curbing the spread of the Mediterranean fruit fly. In addition, the importance of international cooperation and coordinated measures at the state level to reduce the negative impact of this pest on the agricultural sector of Ukraine is emphasized.*

Keywords: *Mediterranean fruit fly, quarantine, prevention, monitoring, agriculture, quarantine measures.*

Вступ. Середземноморська плодова муха (*Ceratitis capitata*) є одним із найнебезпечніших шкідників плодових культур, спричиняючи значні збитки для аграрного сектору. Її виділяє висока плодючість та здатність до стрімкого поширення, що створює суттєву загрозу для сільськогосподарських насаджень, особливо в регіонах з теплим кліматом.

В останні роки цей шкідник активно поширюється і в Україні, зокрема в Одеській області, що спонукало до впровадження низки карантинних заходів для боротьби з ним. Велика ймовірність тривалого поширення середземноморської мухи в Україні обумовлена не тільки природними факторами, але й людською діяльністю, зокрема імпортом сільськогосподарської продукції.

Найчастіше муха потрапляє до країни через порти, які є ключовими пунктами ввезення товарів із південних регіонів Європи та Африки. Умови в Одеській області, зокрема теплий клімат і недосконалий моніторинг на початкових етапах інвазії, сприяли перетворенню цього регіону на осередок її поширення. Протягом останніх років, а саме у 2024-2025 роках, в Україні було зафіксовано декілька випадків активного розмноження цього шкідника. Така тенденція становить серйозну загрозу для місцевого сільського господарства та економічного благополуччя фермерів.

Завдяки даним моніторингу стало можливим оцінити масштаби поширення мухи та проаналізувати ефективність карантинних заходів, що вже були застосовані. У цій статті висвітлено основні методи боротьби із середземноморською плодовою мухою, включаючи заходи моніторингу, профілактики та специфіку карантинних стратегій. Також запропоновано рекомендації щодо застосування сучасних препаратів і технологій, які можуть сприяти ефективному контролю її поширення та мінімізації економічних ризиків.

Виклад основного матеріалу. Середземноморська плодова муха (*Ceratitis capitata*) є одним із найнебезпечніших шкідників, що загрожують сільськогосподарським культурам. Її здатність швидко поширюватися великими територіями призведе до значних втрат урожаю фруктів, овочів та інших важливих культур, завдаючи шкоди продовольчій безпеці. Масове зараження нерідко призводить до знищення великих обсягів врожаю, роблячи цього шкідника пріоритетною проблемою для країн із широким спектром плодівих культур [3].



Рис. 1. Середземноморська плодова муха

Особливо небезпечною є поведінка самки, яка відкладає яйця прямо всередині стиглих плодів. Личинки, що розвиваються в плодах, активно живляться соками, через що плоди швидко псуються. Це створює серйозну економічну проблему, адже результатом стають повні втрати врожаїв. У найбільш вразливих регіонах, таких як Одеська область, уже були зафіксовані масштабні збитки через активне поширення цього шкідника. Муха здебільшого зустрічається в країнах із теплим кліматом – її ареал охоплює Південну Європу, Північну Африку та частину Близького Сходу.



Рис. 2. Карта всесвітнього поширення середземноморської плодової мухи (за даними ЕРРО)

В Україні вона вперше була виявлена на території Одеської області. Чорноморськ, де екологічні умови сприяли її розмноженню. Теплий клімат регіону та велика кількість плодівих садів створили ідеальні умови для розвитку популяції, що негативно позначилося на місцевому агровиробництві. Перші спалахи поширення середземноморської мухи в Україні зафіксували у портах Чорного моря, особливо в Одеському порту[1].

Завдяки активним міжнародним торговим зв'язкам шкідник потрапив на українську територію разом з імпортованими фруктами та іншими сільськогосподарськими товарами. Недостатній контроль карантинних заходів привезенні продукції сприяв його проникненню та утворенню осередків зараження. Теплий клімат Одещини, багатство фруктових садів і виноградників забезпечують ідеальне середовище для розмноження мухи. У наслідок цього регіон став першим в Україні, де сформувалася стійка популяція цього шкідника, що завдає значної шкоди сільському господарству та викликає занепокоєння серед місцевих фермерів.

Однією з ключових характеристик середземноморської мухи є її надзвичайно швидке розмноження. За рік вона може продукувати до трьох поколінь, що призводить до стрімкого зростання популяції. Це створює додаткові труднощі у боротьбі зі шкідником, адже для стримування його чисельності потрібен постійний моніторинг та застосування комплексних спеціалізованих заходів.

Середземноморська плодова муха розвивається з яйця і аж до імаго з проміжними стадіями личинки та лялечки. Ембріональний розвиток займає один – два дні. Період спарювання закінчується відкладанням самкою яєць, що є небезпечним періодом для визріваючих плодів, бо саме в них самиця їх і викладає. Це можуть бути плоди яблук, груш, цитрусових. Самка пронизує шкірку плоду яйцекладом і відкладає 1-20 яєць. Іноді самки відкладають яйця в одну і ту ж порожнину. Плодючість однієї самки доходить до 300 яєць. Нижче можемо бачити стадії розвитку середземноморської плодової мухи.



Рис. 3. Стадії розвитку Середземноморської плодової мухи

Наявність мухи в Україні змусила державні органи прийняти термінові заходи. Було визначено карантинні зони, у яких проводиться регулярний контроль та моніторинг для виявлення джерел зараження. Кількість карантинних зон станом на 2024 рік – 2 об'єкти. У документах та відповідних розпорядженнях оголошено про запровадження карантинних режимів по середземноморській плодовій мусі по території Одеської області с. Бурлача Балка. Загальна площа вогнищ – ≈ 2 га. Попри це на території Чорноморська та зокрема села в якому знаходяться вогнища карантинного об'єкту запроваджена система фітосанітарних заходів по врегулюванню ситуації та ліквідації мухи. Як наслідок, аграрії змушені збільшувати витрати на боротьбу зі шкідником, що призводить до значних збитків через скорочення врожаїв і погіршення якості

продукції. Ефективна боротьба із середземноморською мухою включає суворе дотримання карантинних заходів, таких як ізоляція заражених ділянок, обробка культур спеціальними засобами та використання біологічних методів контролю.

Таблиця 1 Сучасний карантинний стан вогнища плодової мухи регіону м. Чорноморськ, с. Бурлача Балка

Область	Заражено					Площа зараження (га)				К-сть карантинних зон (одиниць)
	Районів	Міст	Населених пунктів	Присадібних ділянок	Госп-в усіх форм власності	На присадібних ділянках	В госпвах всіх форм власності	На ін. землях	Всього	
Одеська	1	1	2	83	1	11,2	0,7	NA	11,9	2
Всього	1	1	2	83	1	11,200	0,700	NA	11,9	2

Дані таблиці 1 більш детально описують рівень шкодочинності по району. Як було зазначено вище, то завдяки активним міжнародним торговим зв'язкам шкідник потрапив у область та зокрема в селище Бурлача Балка Одеської області разом з імпортованими фруктами та іншими сільськогосподарськими товарами. І не дивно, оскільки даний регіон є абсолютно сприятливим для акліматизації даного карантинного об'єкту.

Відтак, щоб протидіяти даному шкіднику Одеська районна державна адміністрація видала розпорядження, я якому запровадила карантинний режим та низку карантинних заходів, що відіграють визначальну роль у боротьбі із середземноморською плодовою мухою, спрямовані на стримування її поширення. Серед них – створення карантинних зон, постійний моніторинг і контроль за переміщенням потенційно заражених плодів.

Особливу увагу приділяють даній області, девперше були зафіксовані випадки інвазії цього шкідника [4].

Система фітосанітарних заходів з локалізації та ліквідації вогнищ регульованого шкідливого організму – середземноморської плодової мухи на території Бурлачобалківської сільської адміністрації рекомендована до імплементації:

- один із ключових методів боротьби – **обмеження транспортування** інфікованих плодів, які можуть стати джерелом поширення мухи, для цього встановлено систему перевірок як при імпорті, так і під час перевезення товарів усередині країни; на спеціально організованих карантинних пунктах фахівці ретельно оглядають продукцію, імпортовану до країни, а також ту, що переміщується між регіонами. На цих пунктах регулярно проводяться діагностичні перевірки для виявлення середземноморської плодової мухи та попередження її розповсюдження.

- регулярний **моніторинг** є важливим етапом профілактики інвазій. В місцях імовірного поширення шкідника використовуються спеціальні пастки та методи обстеження для виявлення кладок яєць. Ця практика дозволяє оцінювати рівень зараження територій і розробляти ефективні заходи для зменшення чисельності популяції. Завдяки зовнішньому моніторингу нові осередки зараження виявляються на ранніх стадіях, закладки яйця та вилуплення личинки.

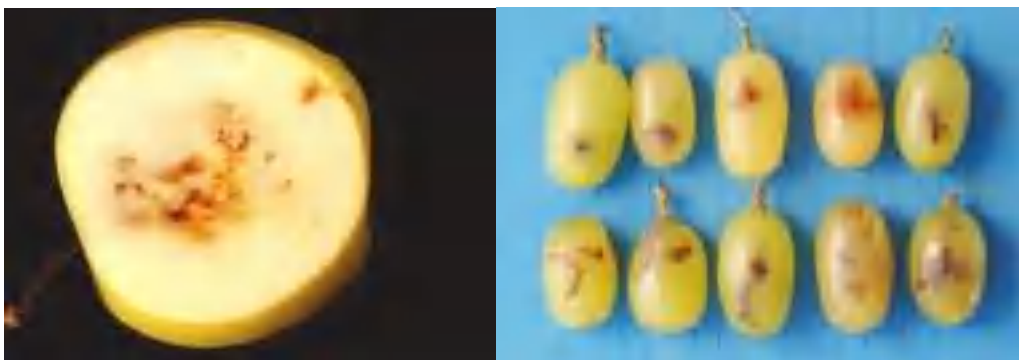


Рис. 4. Зовнішній вигляд уражень мухою на плодах яблука та винограду

- **профілактичні заходи** включають не лише моніторинг, але й активне зменшення ризиків проникнення мухи на нові території, з цією метою здійснюються регулярна дезінфекція транспортних засобів, що транспортують плоди, обробка складів і пунктів зберігання продукції. Оскільки муха часто потрапляє разом з імпортованими фруктами, важливу роль відіграє суворий контроль за санітарними умовами і якістю продукції на етапах її ввезення [2].

- ще одним напрямом карантинних заходів є **інформування населення та аграрного сектору** про загрозу середземноморської плодової мухи, це здійснюється через тематичні публікації, семінари та тренінги для фермерів, які навчаються основам боротьби зі шкідником. Участь місцевих аграріїв у моніторингу та ранньому виявленні проблемних осередків значно підвищує ефективність контрзаходів. Висвітлення в засобах масової інформації.

- **хімічні методи** боротьби залишаються важливим елементом карантинних заходів. Для цього застосовуються спеціалізовані пестициди, які ефективно усувають як дорослих особин, так і їх яйця й личинки. Вибір препаратів враховує низку факторів, таких як екологічні умови, вид сільськогосподарської культури та стадія розвитку шкідника. Однак використання хімічних засобів вимагає ретельного контролю, оскільки вони можуть завдати шкоди довкіллю та здоров'ю людей [6].

- неабияке значення в профілактиці має **дотримання чистоти та проведення обробки місць зберігання й пакування** сільськогосподарської продукції, це стосується не тільки фруктів, а й інших культур, які можуть слугувати середовищем для розмноження шкідника. Встановлення чітких правил зберігання і транспортування значно знижує ймовірність поширення мухи на нові території. Для цього потрібно забезпечити належні умови в складах і транспортних засобах, що мінімізують ризик зараження продукції.

Фінальною стадією боротьби є впровадження інтегрованого підходу, який об'єднує різноманітні методи моніторингу й управління популяцією шкідників. Такий підхід передбачає комбінування хімічних, біологічних, фізичних і культурних методів, що дозволяє максимально ефективно зменшити чисельність середземноморської мухи [7].

На національному рівні уряд України працює над рекомендаціями по вдосконаленню карантинних заходів, активно інтегруючи міжнародні стандарти та співпрацюючи із сусідніми державами. Важливо, щоб ці заходи виходили за межі лише національних кордонів, оскільки середземноморська муха має здатність поширюватися через міжнародні ринки. Водночас важливо усвідомлювати, що боротьба зі середземноморською мухою — це тривалий і багатоетапний процес, а не разова акція. Він потребує безперервної уваги, належного фінансування та ресурсів. Лише завдяки комплексному підходу та скоординованим діям на всіх рівнях можна забезпечити сталий контроль над цим шкідником [5].

Висновки. Середземноморська плодова муха (*Ceratitis capitata*) є однією з найбільших загроз для сільського господарства в Україні, особливо для таких стратегічно важливих культур, як цитрусові, персики, яблука та виноград. Її здатність до швидкого розповсюдження через міжнародну торгівлю та транспортування плодів робить необхідним запровадження жорстких карантинних заходів на державному рівні.

Особливу увагу слід приділити Одеській області, а саме селу Бурлача Балка, де на 83 присадибних ділянках був виявлений цей шкідник. Ефективний моніторинг популяцій плодової мухи відіграв важливу роль у контролюванні та запобіганні чисельності розповсюдження шкідника на території селища. Регулярне впровадження системи перевірок з використанням пасток, а також аналіз потенційних джерел зараження створили можливості для раннього виявлення нових осередків та попередження їх поширення.

Профілактика розповсюдження плодової мухи ґрунтується на багаторівневому підході, що поєднує біологічні методи боротьби, раціональне використання хімічних засобів та дотримання суворих правил транспортування й зберігання продукції сільського господарства. Не менш важливим є підвищення обізнаності фермерів і місцевого населення щодо загроз від цього шкідника, а також навчання ефективним методам боротьби. Це сприятиме швидшому реагуванню на нові виклики. Однак боротьба з середземноморською плодовою мухою залишається динамічним викликом, лише комплексний і скоординований підхід дозволить ефективно контролювати поширення цього небезпечного шкідника, забезпечуючи стабільний розвиток аграрного сектору України та зниження ризиків для врожаю плодових.

Список використаної літератури

1. Вергелес П., Пінчук Н., Коваленко Т. Карантин рослин: Навчальний посібник: Вінниця: Вінницький національний аграрний університет, 2021. 317 с.

2. Захист і карантин рослин. Інститут захисту рослин. Режим доступу: URL: <https://ipp.gov.ua/wp-content/uploads/2020/02/blok-zb-zikr-63-2017.pdf>
3. Карантинні організми. Харківський національний аграрний університет. Режим доступу: URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/24123/1/NP_Karantynni%20orhanizmy_21.pdf
4. Середземноморська плодова муха «*Ceratitis capitata*». ДУ «Одеська обласна фітосанітарна лабораторія». Режим доступу: URL: <https://lab.gov.ua/pronas/news/seredzemnomorska-plodova-mukha-ceratitis-capitata>
5. Середземноморська плодова муха (*CERATITIS CAPITATA* WIED.). ДУ "Волинська обласна фітосанітарна лабораторія". Режим доступу: URL: https://www.fitolab.volyn.ua/informuiemo/443-seredzemnomorska-plodovamukha-ceratitis-capitata-wied?utm_source
6. https://dpss.gov.ua/storage/app/sites/12/uploaded-files/karantinniorganizmi/seredsemnomorska-mukha-stattya-na-sayt-290819.pdf?utm_source
7. https://lab.gov.ua/knowledge/naukovo-populyarizats/SPM?utm_source

Дмитро ПАВЛЕНКО²⁰,

Студент 3-го курсу,

Навчально-науковий інститут агротехнологій та природокористування,

Факультет агрономії садівництва та захисту рослин,

Вінницький національний аграрний університет

Вінниця, Україна

ЗНАЧЕННЯ АЗОТУ ДЛЯ ЖИТТЯ РОСЛИН ТА ОСОБЛИВОСТІ ЙОГО ЗАСВОЄННЯ

Анотація. У статті розглянуто питання живлення рослин та використання мінеральних добрив у сільському господарстві, зокрема роль азоту як ключового елемента для росту, розвитку та врожайності сільськогосподарських культур. Визначено основні функції азоту в біологічних процесах рослин, включаючи його участь у фотосинтезі, синтезі білків і регуляції росту. Охарактеризовано основні форми азотних добрив (амідна, амонійна, нітратна), їхні особливості, вплив на рослини та ефективність засвоєння залежно від типу ґрунту і методів внесення. Проаналізовано наслідки дефіциту азоту, які включають зменшення розміру листків, уповільнення росту, зниження врожайності та розвиток хлорозу. Вказано способи покращення засвоєння азоту, такі як збалансоване внесення добрив, сівоzmіна, застосування біопрепаратів та контроль кислотності ґрунту. Розглянуто найпоширеніші азотні добрива, їх склад, переваги, обмеження та рекомендації щодо

²⁰ Науковий керівник – Тетяна Забарна., кандидат с.-г. наук, ст.викл кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії

використання в різних агроекологічних умовах. Ключові слова: азот, добриво, ґрунт, рослина.

Annotation. The article considers the issues of plant nutrition and the use of mineral fertilizers in agriculture, in particular, the role of nitrogen as a key element for the growth, development and yield of crops. The main functions of nitrogen in the biological processes of plants, including its participation in photosynthesis, protein synthesis and growth regulation, have been determined. The main forms of nitrogen fertilizers (amide, ammonium, nitrate), their features, effect on plants and absorption efficiency depending on the type of soil and methods of application are characterized. The effects of nitrogen deficiency have been analyzed, which include a decrease in leaf size, stunted growth, reduced yields, and the development of chlorosis. Ways to improve nitrogen uptake are indicated, such as balanced fertilization, crop rotation, the use of biological products and soil acidity control. The most common nitrogen fertilizers, their composition, advantages, limitations and recommendations for use in various agroecological conditions are considered.

Keywords: nitrogen, fertiliser, soil, plant.

Вступ. Азот є одним із найважливіших елементів живлення рослин, що визначає їх ріст, розвиток і продуктивність. Він входить до складу білків, нуклеїнових кислот, хлорофілу та інших біологічно активних сполук. Незважаючи на значні запаси азоту в атмосфері, більшість рослин можуть засвоювати його лише у зв'язаній формі. Недостатнє постачання азотом може призвести до уповільнення росту, зменшення вегетативної маси та зниження врожайності. З іншого боку, надмірне внесення азотних добрив може спричинити негативні екологічні наслідки, такі як забруднення ґрунтів та водних ресурсів. Вивчення механізмів засвоєння азоту рослинами та оптимізація його використання є важливими завданнями сучасного сільського господарства. Використання ефективних методів удобрення та біологічних азотфіксаторів може допомогти зменшити потребу в мінеральних добривах та підвищити екологічну стійкість агросистем.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сільському господарстві питання живлення рослин та використання мінеральних добрив мають критичне значення. Оптиміальне співвідношення необхідних для сільськогосподарських культур елементів — запорука високої врожайності, а також збереження та підвищення родючості ґрунту. Один з найважливіших компонентів цього процесу — це азот, ключовий елемент живлення, який визначає здатність рослин до зростання, розвитку та формування врожаю [3].

Азот — один із головних біогенних елементів. Він входить до складу білкових речовин і багатьох інших природно важливих для рослин органічних сполук: ліпоїдів, хлорофілу, алкалоїдів, фосфатидів, нуклеопротейдів, багатьох ферментів. У сухій речовині рослин його вміст коливається від 0,4 до 5%. В атмосферному повітрі міститься 78,16% за об'ємом (75,5% за масою) азоту, у земній корі — 1,9-10⁻³%.

Азот є основним елементом у складі органічних сполук, що виконують життєво важливі функції (табл. 1):

Таблиця 1 Функції азоту

Фінкції	Характеристика
<i>Ріст і розвиток посівів</i>	азот сприяє росту рослин, приросту зеленої маси, формуванню нових тканин і клітин, а також впливає на процеси цвітіння та плодоношення
<i>Врожайність</i>	Азот впливає на врожайність сільськогосподарських культур, адже важливий для стійкості рослин щодо стресових умов
<i>Формування білків</i>	азот є складовою частиною амінокислот, які є будівельними блоками білків. Білки ж, в свою чергу, є ключовими компонентами структури рослин. Окрім цього, азот відіграє важливу роль у фітогормональній регуляції та роботі пігментів
<i>Хлорофіл і фотосинтез</i>	азот є важливим компонентом хлорофілу, зеленого пігменту, який дозволяє рослинам здійснювати фотосинтез

Джерело: сформовано автором на основі [1].

Нестача азоту може призвести до уповільнення росту, зменшення розміру листків, скорочення вегетаційного періоду, слабкого цвітіння, малого закладання плодових бруньок, порушення хлорофілу, виникнення хлорозів, пожовтіння та раннього опадання листків. Дефіцит азоту може призвести до втрати щонайменше 30% врожаю.

Існує кілька основних форм азотних добрив, які використовуються для живлення рослин, і кожна з них має свої особливості та переваги. Ось найпоширеніші форми азоту:

Амідна форма (NH_2): азот у вигляді амідів зазвичай включає органічні сполуки, такі як сечовина. Ці речовини мають високий вміст азоту і можуть бути джерелом азоту для рослин. Однак, дана форма недоступна посівам через кореневе живлення, тому буде оптимальним варіантом для листового (позакореневого) живлення. Її перетворення розпочинається під впливом ферментів та утворюється доступний азот для рослин у амонійній, а згодом нітратній формі.

Амонійна форма (NH_4^+): амонійний азот є однією з доступних форм азоту для рослин. Внесення амонійного азоту у ґрунт може забезпечити рослини азотом для росту і фотосинтезу. Ця форма азоту зазвичай використовується як добриво для негайного живлення рослин, адже при зростанні температури та вологості вона може перетворитися в газоподібний аміак (NH_3).

Нітратна форма (NO_3^-): ця форма азоту є дуже доступною для рослин і використовується для фотосинтезу та росту. Але нітратний азот може легко виводитися з ґрунту водопроникними шарами, що в надлишку може призвести до забруднення водних джерел.

Рослини засвоюють азот з ґрунту у вигляді мінеральних сполук, таких як нітрати (NO_3^-) та амоній (NH_4^+). Засвоєння азоту залежить від багатьох факторів, включаючи тип ґрунту, рН, температуру, вологість та наявність інших поживних речовин. Наприклад, у кислих ґрунтах краще засвоюється амонійний азот, тоді як у нейтральних і лужних умовах переважає нітратна форма. Висока вологість сприяє рухливості нітратів, але надлишок води може призвести до їхнього вимивання, що знижує доступність азоту для рослин. Крім того, баланс між нітратним і амонійним азотом впливає на розвиток кореневої системи: амоній стимулює її ріст, а нітрати більше сприяють розвитку надземної маси. Оптимальне поєднання цих форм забезпечує стабільний ріст рослин та високу врожайність [4].

Ефективність азоту залежить від типу ґрунту. У кислих ґрунтах краще використовувати нітрати, а у нейтральних і лужних – амоній. Найбільшу потребу в азоті мають молоді рослини, оскільки він відіграє ключову роль у формуванні листової маси та розвитку кореневої системи. Також важливе значення має температура і вологість ґрунту: за низьких температур активність мікроорганізмів, що трансформують азот у доступні форми, знижується, що може призвести до дефіциту елемента. Оптимальне співвідношення різних форм азоту та правильний вибір добрив сприяють максимальному засвоєнню цього елемента, що позитивно впливає на врожайність і якість продукції [3].

Азот надходить у рослини через кореневу систему в результаті процесів:

Мінералізації – перетворення органічного азоту ґрунту в доступні форми (амоній, нітрати) під дією мікроорганізмів.

Нітрифікації – окислення амонійного азоту до нітратного під дією бактерій роду *Nitrosomonas* і *Nitrobacter*.

Фіксації азоту – деякі бактерії (*Rhizobium*, *Azotobacter*) можуть зв'язувати атмосферний азот і перетворювати його у форми, доступні для рослин. Ефективність засвоєння азоту рослинами залежить від

Для покращення засвоєння азоту рослинами застосовують такі заходи:

1) збалансоване внесення добрив – поєднання органічних і мінеральних добрив забезпечує стабільний рівень азоту в ґрунті.

2) сівозміна з бобовими культурами – бобові рослини сприяють природному збагаченню ґрунту азотом.

3) застосування біопрепаратів – стимулюють діяльність азотфіксуючих бактерій.

4) контроль рН ґрунту – вапнування кислих ґрунтів забезпечує кращу доступність азоту [1].

Найпоширеніші азотні мінеральні добрива:

Сечовина або *карбамід* – це добриво, що містить 46-47% азоту. Рекомендоване дозування – 200 кг/га. Карбамід легко розчинний у воді, тому рослини починають поглинати нітроген уже через 7-10 днів після внесення. Таким чином, сечовина довго не затримується в ґрунті. Необхідно додати, що цей вид добрива не рекомендується використовувати у регіонах з підвищеною кислотністю ґрунтів.

Аміачна селітра є другим за насиченістю азотом мінеральним добривом, включає приблизно 34% нітрогену. Аміачну селітру вносять у більших кількостях порівняно із сечовиною – орієнтовно 300 кг/га. Вона легко розчиняється у воді і добре засвоюється корінням рослин.

Сульфат амонію – це міндобриво, що включає приблизно 21% азоту і 24% сірки. Норма його внесення на гектар становить приблизно 400 кг. Сульфат амонію швидко розчиняється, але довго залишається в ґрунті. Окрім того, сірка у данному добриві є необхідною для зростання багатьох рослин, зокрема кукурудзи, сої та овочевих культур.

Рослини можна поділити на групи за їхньою потребою в азоті. Цей поділ базується на тому, як рослини адаптовані до забезпечення себе азотом та в якому обсязі вони використовують цей поживний елемент. Основні групи включають:

1) Культури з високою потребою в азоті: кукурудза, пшениця та картопля, а також капуста, кабачки, гарбузи та перець. Ці рослини потребують інтенсивного удобрення азотом як перед посівом, так і в період вегетації.

2) Культури з помірною потребою в азоті: буряк, морква, помідори, огірки, цибуля, більшість дерев та кущів, а також багаторічні трав'янисті рослини. Вони не потребують такого великого обсягу азотних добрив, і достатньо буде внести азот у ґрунт перед початком посівної.

3) Культури з низькою потребою в азоті: боби, горох, квасоля. Вони відомі своєю здатністю до азотфіксації. Це означає, що вони можуть співпрацювати з азотфіксуючими бактеріями, які живуть у їхніх коренях і здатні перетворювати атмосферний азот у прийнятну для рослин форму [4].

Розуміння потреб рослин у азоті допомагає аграріям обирати відповідні добрива для забезпечення оптимального росту та розвитку рослин.

Азотне голодування у рослин є однією з найважчих форм харчового голодування та виникає, коли рослини не мають достатньої кількості доступного азоту для нормального росту та розвитку. Даний стан у рослин може мати наступні характеристики:

1) Пожовкле листя: одні з основних симптомів азотного голодування – це хлороз листя. Азот є складовою білків та хлорофілу, саме тому за браку азоту рослинам загрожуватиме порушення процесу фотосинтезу, і, як наслідок, зміна кольору листя на блідо-зелене, згодом – на жовте, а у межах значного дефіциту листки можуть взагалі відмерти.

2) Зупинка росту: рослини, які страждають від азотного голодування, зазвичай демонструють сповільнений розвиток та зміну у структурі: відсутність нових приростів, ослаблення та стоншення стебел. Порушення у вегетації можна помітити ще на молодих рослинах, і врятувати ситуацію за допомогою підживки азотними добривами.

3) Зменшення опору до стресу: рослини, які страждають від азотного голодування, можуть бути менш стійкими до стресових умов, таких як посуха, захворювання і напади шкідників.

Для усунення азотного голодування рослини потребують додаткового внесення азотних добрив. Однак, важливо враховувати, що надмір азоту також

може мати негативний вплив на рослини і навколишнє середовище, тому використання азотних добрив повинно бути збалансованим і здійснюватися відповідно до потреб конкретної культури та ґрунту [2].

Для запобігання надлишковому азоту в ґрунті важливо правильно планувати і використовувати азотні добрива, ураховуючи потреби рослин та обмежуючи надлишки. До чого може призвести надмірна кількість азоту у ґрунті?

1) Зменшення врожайності: завдяки активному нарощуванню зеленої маси рослина може нехтувати іншими процесами, зокрема їй будуть характерні пригнічення цвітіння та плодоношення, і, як наслідок — зменшення врожайності. До прикладу, овочі, що зросли в азотному надлишку, матимуть велике бадилля та маленькі або недозрілі плоди.

2) Надмірний приріст зеленої маси: надлишковий азот сприяє інтенсивному росту стебла та листя. Цей процес особливо небезпечний для озимих культур, адже переростання посівів загрожує їхньому вимерзанню.

3) Погіршення якості продукції: надмірний азот впливає на якість врожаю, зокрема на вміст корисних речовин, смак, колір та тривалість зберігання продукції. Наприклад, фрукти та ягоди, вирощені при азотному перенасиченні, будуть менш солодкими та соковитими.

4) Зменшення стресостійкості: надлишок азоту може призводити до збільшення уразливості рослин перед несприятливими умовами, зокрема, до вищої чутливості до перепадів температур та захворювань [5].

Висновки: Азот є одним із ключових елементів живлення рослин, що впливає на їх ріст, розвиток та врожайність. Його засвоєння залежить від форми, у якій він знаходиться у ґрунті, та ряду факторів, таких як кислотність, температура та вологість. Рациональне застосування азотних добрив і використання природних механізмів фіксації азоту дозволяє підвищити ефективність живлення рослин, зменшити екологічне навантаження та підвищити стійкість агроєкосистем. Впровадження сучасних агротехнологій, що сприяють оптимальному використанню азоту, є важливим напрямком розвитку сталого сільського господарства, який забезпечує високу продуктивність без шкоди довкіллю.

Список використаної літератури

1. Азот для рослин: його значення та форми. URL: https://tetraagro.com.ua/news/azot_dlya_roslin_iego_znacennya_ta_formi?srsId=AfmbBOoqZ74rAyxP2VZsYd1QANlAEyCtK0zJn62fRq73EbV18o9QZAIt4 (дата звернення: 01.02.2025).

2. Дідур І.М., Шевчук В.В. Підвищення родючості ґрунту в результаті накопичення біологічного азоту бобовими культурами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 16. С. 48-60.

3. Значення азоту для сільськогосподарських культур.

URL:<https://dobrodiy.in.ua/statti/znachennya-azotu-dlya-silskogospodarskyhkultur/>(дата звернення: 04.02.2025).

4. Карбівська У.М., Кургак В.Г. Ефективність мінеральних добрив на суходільних луках Прикарпаття. *Вісник аграрної науки*. 2020. №8 (809). С. 38-45.

5. Роль азоту в живленні рослин. URL:<https://www.agronom.com.ua/rolazotu-v-zhyvlenni-roslyn/>(дата звернення: 01.02.2025).

Анастасія ПІДПЕРИГОРА²¹

Студентка 2-го курсу

Факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

VARIETAL AND SOWING QUALITY OF SEEDS

Annotation. *This article tells about varietal and sowing quality of seeds, which includes 3 main aspects: the meaning of control-seed analysis, control-seed analysis, the method of selecting average samples for analysis. The main aspects of diagnostics and seed quality are considered. The research is based on the analysis of scientific publications, book editions, practical experience of farmers and test results of various methods of growing and ripening seeds. The results of the research can be useful for agricultural enterprises, scientific institutions, agronomists and all those interested in agriculture.*

Keywords: *seed quality, control and seed analysis, systematic control of crops, intra-farm control, state control.*

Анотація. *У статті йдеться про сортові та посівні якості насіння, що включає 3 основні аспекти: значення контрольного посівного аналізу, контрольного посівного аналізу, метод відбору середніх проб для аналізу. Розглянуто основні аспекти діагностики та якості насіння. Дослідження базуються на аналізі наукових публікацій, книжкових видань, практичного досвіду аграріїв та результатів випробувань різних способів вирощування та дозрівання насіння. Результати дослідження можуть бути корисними сільськогосподарським підприємствам, науковим установам, агрономам та всім, хто цікавиться сільським господарством.*

Ключові слова: *якість насіння, контроль і аналіз насіння, систематичний контроль посівів, внутрішньогосподарський контроль, державний контроль.*

²¹ Науковий керівник – Малик В. М. д.ф. з педагогіки, викладач кафедри української та іноземних мов ВНАУ

Seeds are broadly understood as seed material – these are the seeds themselves, which are used to reproduce the variety. The term «seed» refers to seed material. These are real seeds, fruits, parts of fruits and co-fruits. Systematic control over sowing, varietal and yield qualities of seeds is extremely important in seed business. It covers growing, harvesting, post-harvest processing, harvesting, storage, marketing and use of seeds. Control can be state, if it is carried out by state organizations, and intra-farm, carried out by farm specialists in the process of seed production.

Presentation of the main material. One of the main ways of intensification of agricultural production is the use of certified seeds of high reproduction varieties entered into the State Register of plant varieties suitable for distribution in our country.

Preparing for the autumn sowing campaign, farmers should, first of all, check both their own and purchased seeds for quality indicators in laboratory conditions, since high-quality seed material is the key to high yields. The main sowing qualities of seeds are characterized by such indicators as purity, moisture, energy of germination, germination, weight of 1000 seeds.

Similarity is a key indicator of seed quality. Germination is understood as the ability of seeds to produce normal sprouts under optimal conditions within the period established for a specific crop. With low germination, crops will be thinned. There is a distinction between field and laboratory similarity.

In addition to germination, the laboratory determines the energy of germination, that is, the percentage of grains that germinated normally within the specified time for a specific crop. Establishing the energy of germination is of great importance, because the number of seedlings in the field after sowing and the uniformity of their growth depend on it, because with low indicators, the rate increases from the planned by 1015%.

Moisture is also one of the important indicators of seed quality. It has been proven that as a result of drying wet seeds, their germination increases at the expense of individual physiologically unripe grains, which, when dried, undergo an accelerated ripening process and partial disinfection of them from harmful microorganisms. When sowing such seeds, earlier, dense and very friendly seedlings are obtained, and as a result - a higher yield [1].

The weight of 1000 seeds characterizes the selection, largeness and fullness of the seeds. Young seedlings are fed with nutrients that are in the seeds. Therefore, the larger the seeds, the better the young plants grow, the more productive they will be. It is calculated in order to correctly determine the sowing rate. After all, if we do not take into account the indicators of sowing suitability and the weight of 1000 seeds, it is impossible to find out the norms of sowing and its similarity in field conditions.

In addition to the given data on the quality of the seed material, attention is also paid to its susceptibility to diseases and pests, color, shine and smell. Thus, loss of natural color and luster by seeds often indicates loss of germination.

Therefore, when preparing for sowing, it is necessary to check not only the assortment and quantity of seeds in the storage, but also its quality, since even the results indicated in the seed quality certificate have their validity period. The validity

period of the certificate certifying the sowing qualities of seeds or the commercial qualities of planting material is:

for seeds of vegetable, melon crops, fodder root crops in open and closed soil - twelve months, and packed in hermetically sealed containers - twenty-four months; one year for poisoned corn seeds; for sunflower seeds that have been poisoned - eight months; for seeds of winter and spring grain crops - four months [2].

If it is planned to sow the remnants of seeds from previous seasons, it should be remembered that over the years the seeds lose their germination. There is such a term as seed longevity. There is a distinction between biological and economic durability of seeds. Biological longevity is the time during which at least some seeds germinate. The time of economic durability is shorter - it lasts until the similarity meets the norm of the standard.

When buying last year's seed from a seed producer or from an official distributor, he must provide a document stating that the seed has undergone re-certification and its seed quality meets the standards.

It is better to determine the laboratory germination of seeds in specialized institutions, since the determination of germination at home does not always show the correct result, which can lead to irreversible negative consequences in the future. For example, having an unreliable indicator of germination, it is possible to incorrectly calculate the sowing rate and, as a result, we will get a plant stand density that will differ from the recommended one, which will ultimately lead to a low yield.

Sowing and harvesting qualities of seeds depend on growing conditions. It is necessary to start forming the quality of seeds in the seed areas, in seed rotations. In order to obtain seeds with high sowing qualities, the collected grain is finished, that is, it is cleaned of plant residues, immature seeds, seeds of other crops, weeds and pests (insects). The yield of vegetable crops depends on the varietal and sowing qualities of the seeds. Varietal qualities show how many seeds grown from this seed, according to morphological and economic and biological characteristics, correspond to a certain variety. According to varietal qualities, seed material is divided into elite (varietal purity at least 97-99%), I, II, III categories with varietal purity at least (85-98%).

In contrast to biennial and perennial vegetable crops, varietal control measures in annual crops are carried out in one year. Varietal cleanings are carried out during the entire growing season as impurities appear and if the number of plants affected by diseases, damaged by pests, ugly, underdeveloped or prematurely formed increases. In pumpkins, for example, three cleanings are carried out: the first - in the budding phase of female flowers according to the type of ovary, the second - during the formation of green leaves, the third - during the maturation of seeds.

After the completion of varietal cleanings (the last one before harvesting), an inspection of varietal crops is organized, establishing the level of purity of the crops and determining the category of seeds intended for the propagation of queens, and at plantings, a varietal examination of seeds before flowering is carried out in order to check compliance with the norms of spatial isolation. Annual vegetable crops that are cross-pollinated, in order to obtain high-quality seeds, require strict compliance with the requirements of spatial isolation: plants that form stem seeds - in an open area of at

least 2000 m, in a protected area of 600 m. In pumpkin varieties - 800 and 400 m, between sweet and bitter pepper varieties - at least 2000 and 1000 m.

A seed laboratory is created for qualified seed quality control at all stages of the technological process, its processing and storage in seed farms. It is equipped with the necessary devices, equipment, prepared laboratories. In addition to analytical work, maintaining the necessary documentation, laboratory assistants help the agronomist in carrying out species and varietal weeding, receiving, placing, processing, storing, selling and preparing seeds for sowing, preventing mechanical and biological contamination of seeds. They are the ones who fill and issue the labels for the bags, control their compliance with the batch being processed, and perform seed production work that requires a certain level of competence. Seed control in our country is a state measure aimed at ensuring that sowing is carried out only with high-quality seeds that guarantee the production of friendly, normal, strong seedlings and that the seed material does not contain impurities of other crops and seeds of weeds, diseases and pests. State standards (DSTU) for seeds of agricultural crops. In their work, state seed inspections are guided by the Law of Ukraine «On Seeds» and «On Protection of Rights to Plant Varieties». In 1994, the seed standard – DSTU – 2240-93 «Seeds of agricultural crops» was introduced for the first time. Varietal and sowing qualities», and in 1995 a new instruction on approbation of varietal sowings became effective.

There are three groups of seed quality:

- 1 – sowing qualities are biological properties and physical indicators indicating suitability for sowing;
- 2 – varietal – belonging to the corresponding variety (hybrid);
- 3 – productive – the ability to form a crop of a certain size in specific conditions of production [3].

Control and seed analysis is a control of seed compliance with the requirements of regulatory documents, which is carried out according to accepted methods. The correct selection of the sample is the most important condition for an objective assessment of the sowing qualities of seeds. Carelessness or an error in its selection renders all subsequent analyzes meaningless, even if they are carried out with accuracy. Sampling of seeds for state control is carried out by full-time or part-time seed inspectors, authorized by the state seed inspection and having the appropriate certificate. Average samples submitted to the state seed inspection are issued with an act of the established form. For intra-farm control, samples are taken by agronomists-seed breeders or, on their behalf, stream managers, storekeepers, and experienced laboratory workers. Before moving on to teaching the methodology and technique of taking a seed sample for analysis, it is necessary to master some concepts and terms. Batch of seeds – a quantity of seeds of one crop, variety, category, varietal purity, physical qualities, harvest year, one origin, numbered and confirmed by relevant documents, determined by weight. Batches of seeds are unequal in size and differ in condition and location. They can be stored in granaries, elevators, seed warehouses, arrive by rail in one or more wagons, and can be delivered to ports on ships. The seeds in the lot can be in bags or loose. The control unit is the maximum number of seeds by weight of a

separate lot or its part for the analysis of sowing qualities, from which it is allowed to take one average sample. Sizes of control units for seeds of some crops (c):

O wheat, barley, oats, corn, buckwheat, beans, beans – 20

O millet, sorghum, mohar, asparagus – 80

O sesame, fennel, clover, alfalfa – 20

O Coriander, marjoram, timothy -10 O poppy, anise, eggplant – 5 O tobacco, rum – 2.

In cases where the seed batch exceeds the control unit in size, it should be divided into approximately equal parts and a separate sample taken from each. If the seeds arrived in several wagons, a separate sample should be taken from each wagon. When storing seeds in bags, the stack must be divided into parts corresponding to the control unit. Extraction – the largest number of seeds, which is selected from the lot or its part (control unit) in one go for the preparation of the initial sample. It consists of several excavations taken from different places of the party, and in each city from a different depth. Probes of various designs are used to select notches. The initial sample is obtained by combining all the notches of each batch. The initial sample usually exceeds the amount of seeds that should be sent to the seed control laboratory. In addition, it is sometimes necessary to take two or three samples from the original sample: one remains with the owner of the seed, the second can be sent for a special (arbitration) analysis. The average sample is the number of seeds sent for analysis to the control and seed laboratory. The weight of the average sample is different for different crops. The larger the seed, the greater the weight of the average sample.

Average sample weight (in grams):

- fodder beans, castor beans -1500;
- wheat, barley, corn, rice, peas, beans – 1000;
- millet, buckwheat, flax, beet – 500;
- clover, alfalfa, sredela – 250;
- sesame, lalemantia, rapeseed – 100;
- turnips, tomatoes – 50;
- poppy, shaggy – 20;

When selecting samples for control and seed analysis, it is necessary to carefully inspect the granary and, in the case of certain deficiencies in storage, select this part of the seed batch and examine it separately. When selecting notches, you cannot immediately combine them into a total mass. They should be laid out separately on a smooth surface and carefully examined. If there are no differences between individual notches, they are combined. If the spot sample does not correspond to the general nature of the seed lot in terms of appearance or other indicators, they are separated and then examined separately.

Classification of average samples:

- the first (in a bag of 3 fabrics) to determine purity, germination, viability, weight of 1000 seeds, authenticity, etc.;
- the second – mainly in the vessel – humidity and pest infestation;

- the third – (mostly in a paper bag) – to determine the severity of the disease. The method of selecting an average sample. The average sample is selected as follows: on a flat surface, two wooden slats are leveled in the form of a square up to 5 cm thick (for small-seeded up to 1.5 cm), the square is divided diagonally into four triangles. From the seeds of two opposite triangles make the first, from the other two – the second, and if necessary – the third medium sample.

Conclusion. Therefore, the quality of use is a key factor of successful agricultural production. Thorough checking indicators such as germination, germination energy, moisture, weight 1,000 seeds, as well as studying the level of contamination by pests and diseases avoids yield loss. Efficiency of economic activity much depends on a competent approach to seed production, including observance of storage conditions and application of analysis of modern technologies. The obtained research results serve as a basis for improving practice quality control of products, which is important both for farmers and for specialized institutions working in the field of agronomy.

List of used sources

1. Вимоги до сортових якостей насіння. URL: <https://dp.dpss.gov.ua/news/vymohy-do-sortovykh-iakosten-nasinnia>
2. Посівні якості насіння. URL: <https://lab.gov.ua/pro-nas/news/pos-vnyakost-nas-nnya>
3. Сортowa і посівна якість насіння. Сортový і насіннєвий контроль. URL: <https://vseosvita.ua/lesson/sortova-i-posivna-iakest-nasinnia-sortovyi-inasinnieviyi-kontrol-290950.html>

Марія ПРОКОПИВНЮК²²,
студентка2-го курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ НЕЙРОПОДІБНИХ СИСТЕМ В РОСЛИНАХ

Анотація. Розглянута інноваційна концепція в нейробиології рослин, яка передбачає існування синапso подібних структур, які забезпечують передачу нейромедіаторів у рослинах. Проаналізовано останні досягнення у фізіології рослин, зокрема електрофізіологічні процеси, які дозволяють рослинам реагувати на зовнішні подразники та адаптуватися до змін середовища. Розглянуті дискусійні питання щодо подібності рослин і тварин у контексті когнітивних процесів і самосвідомості. Особливий акцент зроблено на

²² Науковий керівник – Амонс С.Е. канд. с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин.

можливості того, що судинна система рослин може функціонувати як свого роду нервова мережа. Запропоновано новий підхід до розуміння рослин як розумних організмів, здатних до складної поведінки та інтеграції сигналів.

Annotation. *An innovative concept in plant neurobiology is considered, which assumes the existence of synapse-like structures that provide neurotransmitter transmission in plants. Recent advances in plant physiology are analyzed, in particular, electrophysiological processes that allow plants to respond to external stimuli and adapt to environmental changes. Debate issues regarding the similarities between plants and animals in the context of cognitive processes and self-awareness are considered. Special emphasis is placed on the possibility that the vascular system of plants can function as a kind of nervous network. A new approach to understanding plants as intelligent organisms capable of complex behavior and signal integration is proposed.*

Вступ. Аристотель та його учні здійснили перші філософські спроби зрозуміти рослини в їхній складності. Значно пізніше, у XVI столітті, були зроблені перші спроби зрозуміти основні принципи структури та функціонування рослин. Спочатку ці дослідження здебільшого стосувалися розподілу рослин, таксономії та морфології. Пізніше, завдяки технологічному прогресу, що привів до винайдення мікроскопа, а також натхненню від попередніх медичних досліджень, до навчальних програм ботаніки були додані анатомія та цитологія. До кінця XIX століття було усвідомлено, що рослини навіть більш подібні до тварин, ніж вважалося раніше. Наприклад, Хакслі дійшов до висновку, що рослина – це тварина, ув'язнена в дерев'яній оболонці. Прогрес у фізіології допоміг підтвердити це, особливо щодо базових фізіологічних процесів, таких як дихання, травлення та ріст клітин. Більше того, стало несподіванкою, що рослини виявилися ідентичними тваринам із кількох досить несподіваних точок зору. Для розмноження рослини використовують ідентичні статеві процеси, які базуються на злитті сперматозоїдів і яйцеклітин. Крім того, рослини, атаковані патогенами, розвивають імунітет, використовуючи ті самі процеси та механізми, які діють у тварин. Нарешті, але не менш важливо, рослини та тварини використовують однакові молекули та шляхи для регулювання циркадних ритмів. Отже, було накопичено критичну масу нових даних, що призвело до становлення рослинної нейробіології як найновішої дисципліни ботанічних наук [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як нова гіпотеза, рослинна нейробіологія була вперше запропонована у 2005–2006 роках у роботах Балушка і Бренета. У цих дослідженнях автори стверджували, що рослини мають структури, схожі на синапси, що дозволяють їм передавати нейротрансмітери через синаптичні везикули, подібно до нейронів [1]. Проте ця концепція викликала численні заперечення та критику в науковій спільноті. Зокрема, Алрі, Траїз, Маллаат та інші поставили під сумнів ці твердження, наголошуючи на відсутності твердих доказів [12].

Попри це, прихильники концепції, рослинної нейробіології продовжують розвивати цю ідею, описуючи так звані «подібні до синапсів домени». Балушка стверджує, що такі структури, базовані на F-актині та міозині VIII, функціонують у перехідній зоні коренів і відіграють ключову роль у когнітивних та соціальних процесах рослин.

Крім того, Медіано із співробітниками припускають, що судинна система рослин, зокрема флоема, може діяти як своєрідна нервова мережа, здатна передавати електричні сигнали на великі відстані. Вони порівнюють клітини флоєми, з'єднані судинними нитками, із нейронами та аксонами, які формують основу більш складних мозкових структур у тварин.

З іншого боку, критики, такі як Траіз, Маллаат, Робінсон, Драган, Блаат, підкреслюють, що ці припущення не підтверджуються надійними науковими даними. Вони стверджують, що існування синапсів і нервів у рослинах як структурної основи для інформаційної обробки залишається спекуляцією, яка не має достатньої доказової бази [8, 9].

Мета дослідження – проаналізувати особливості вивчення нейроподібних систем в рослинах.

Об'єкт дослідження – нейроподібні системи в рослинах

Предмет дослідження – процеси, які відбуваються в нейроподібних системах в рослинах

Виклад основного матеріалу. Сучасні дослідження інтелекту та нейроподібних систем рослин вносять значний вплив на розуміння поведінки. Шолль і Тремулевважали, що поведінка зазвичай включає моторну активність, спрямовану на досягнення певної мети, наприклад, «прислідування» або «втечі», що притаманно анімованим організмам, таким як тварини, бактерії чи роботизовані пристрої. Однак, на думку багатьох дослідників, рослини, хоча й не викликають інтуїтивного враження як анімовані організми, демонструють складні форми поведінки.

Зазначимо, що одним із найбільш дискусійних аспектів у дослідженнях інтелекту рослин є поняття «нейробіології рослин». Бренет визначає мету цієї галузі як вивчення структури інформаційних мереж, які існують у рослинах, з акцентом на відкриття та розуміння системних сигналів. Автори підкреслюють, що це поняття об'єднує результати таких дисциплін, як електрофізіологія, клітинна та молекулярна біологія, а також екологія.

Попри наукову цінність досліджень, сам термін «нейробіологія рослин» викликав значний супротив. Алпикритично поставився до цієї назви, що зрештою спонукало зміну назви Товариства нейробіології рослин на «Товариство сигналізації та поведінки рослин». Проте, як відзначають Балушка і Барлоу, ключовою залишається мета зрозуміти, як рослини розподіляють інформацію та реагують на сигнали, інтегруючи результати з різних наукових сфер [1].

Таким чином, Бренет та його колеги заклали основи для вивчення сигналізації в рослинах, тоді як Alpi та інші дослідники зосередили увагу на термінологічних аспектах, які все ще викликають наукові дискусії.

Традиційно рослини вважалися пасивними організмами через їхню обмежену рухливість і відсутність звуків, які зазвичай асоціюються з активною поведінкою. Проте, як зазначає Тревавас, останні досягнення в науці про рослини доводять, що вони є «інтелектуальними» організмами, здатними навчатися та приймати рішення відповідно до змін у навколишньому середовищі. На думку Тікнес і Сабеліс і Ван дер Путтен, рослини не є пасивними жертвами обставин, а можуть розпізнавати своїх травоядних ворогів і навіть залучати хижаків, які знищують цих шкідників.

Наприклад, Расманописує, як корені кукурудзи, які зазнали нападу личинок жуків *Diabrotica*, виділяють леткі сполуки, що приваблюють ентомопатогенні нематоди, які в свою чергу знищують шкідників. Діке і Сабеліс, а також Баіс і Вієн відзначають, що рослини використовують леткі сполуки не лише для комунікації з комахами, але й для передачі інформації між собою. Деякі з цих сполук функціонують як хімічні сигнали попередження, які сприймаються іншими рослинами поблизу атакованої ділянки [11].

Як стверджує Гох, рослини здатні запам'ятовувати екологічні стресові умови та використовувати ці знання для прийняття рішень у майбутньому. Балущка вказує на існування в рослинах нейроноподібних молекул, а також наявність синапсів, які використовують процеси везикулярного рециклінгу, подібні до тих, що спостерігаються в нервових синапсах тварин [10].

Дослідження Фуллера показали, що корені рослин чутливо реагують на глутамат, викликаючи підвищення рівня цитоплазматичного кальцію, тоді як інші амінокислоти не спричиняють такої реакції. Грунтмана і Новопланського підкреслюють здатність кореневих систем розпізнавати «свої» та «чужі» корені. Нарешті, Серл і Кох наголошують, що сучасні уявлення про свідомість і самоусвідомлення як біологічні явища гармонійно поєднуються з новими нейробіологічно орієнтованими концепціями рослин.

Список сигналів, як біотичних, так і абіотичних, які рослини здатні сприймати й інтегрувати, постійно зростає. Якщо у 2003 році ідентифіковано було 15 різних сигналів, то у 2011 році цей список розширився до і продовжує зростати [3].

Рослини демонструють різноманітні форми руху, які залежать від інтеграції численних сигналів з навколишнього середовища. Як зазначають Стентон і Галлен, тропізми рослин включають спрямовані зміни в рості клітин, що виникають через їх диференціальне подовження у відповідь на різноманітні екологічні стимули. Ці реакції можуть варіюватися залежно від типу стимулу, зокрема світла, дотику або гравітації, а також від частини рослини, що реагує на цей стимул. Есмон, Педмейл і Ліскум підкреслюють, що такі реакції досягаються через ріст і розвиток клітин.

Зокрема, рослини відповідають на різноманітні стимули, такі як спрямоване світло, вологу, температурні коливання та фізичні сили (гравітація й дотик) через різні типи тропізмів, зокрема фототропізм, гідротропізм, термотропізм, гравітропізм і тигмотропізм. Більш того, багато з цих тропічних реакцій можуть бути позитивними або негативними, залежно від того, чи

рослини прагнуть наблизитись до джерела стимулу чи віддаляються від нього. Так, як зазначають дослідники, корені рослин демонструють негативну реакцію на блакитне світло, тоді як стебла реагують позитивно.

Однак, на відміну від «класичних» тропізмів, науковці також відзначають наявність численних інших екологічних факторів, які спонукають рослини до адаптивних реакцій. Серед них можна виділити кисень, хімічні сполуки, травми, коливання водного потоку, геомагнітні поля, електричні потоки, тінь, темряву та паразитів. Балунка, Барлоу та Тревеас описують ці реакції як окситропізм, хемотропізм, травмототропізм, реотропізм, магнітотропізм, гальванотропізм, тінь-унікальний тигмотропізм, скототропізм та паразитарний хазяїн-тропізм.

Рослини не реагують на стимули тропістично на основі простого принципу «один стимул – одна напрямлена реакція». Наприклад, Балунка та співробітники розглядають складні відповіді, такі як гравітропізм, у яких корені, стикаючись з фізичним бар'єром, припиняють рости вниз і замість цього ростуть горизонтально. Проте рослини можуть оцінювати ситуацію та періодично намагатися рухатись вниз, якщо не вдається здійснити гравітропічну реакцію, залишаючись горизонтальними. Це дуже схоже на добре відомий приклад базового робота, що слідує за стіною: робот має схильність відхилитися вправо чи вліво і повертатися, коли він стикається зі стіною. Отже, реакції рослин значно складніші та нелінійні [2].

Оптимальний ріст кореневого кінчика потребує інтеграції гравітації та механічних порушень, серед інших факторів, таких як вологість, що ймовірно відбувається в кореневій капсулі. Менш відомим, але дуже показовим прикладом є поведінка уникання солі. У цьому випадку солоність взаємодіє з гравітропічною реакцією пагона, і рослини змушені оцінювати загальний інтегрований сигнал, щоб оптимізувати ріст пагонів за умов підвищеної солоності. Фенотипічна пластичність, як зазначають Барлоу та Тревеас, є результатом інтеграції загальних сигналів, а не фіксованої, скажімо, гравіреакції [4].

Інтеграція різних типів сигналів суттєво збільшує складність, і це необхідно для розвитку рослин та досягнення оптимальних умов росту. Однак зміна напрямку росту не є єдиним способом, яким рослини адаптуються до змінного середовища. Частина рослин також можуть розширюватися або скорочуватися, викликаючи тургорні рухи через диференційовані зміни об'єму, а не швидкості росту. Рослини використовують різноманітні форми руху, хоча зазвичай на значно повільнішому часовому масштабі, ніж тварини. Це традиційно ускладнювало сприйняття поведінки рослин, не кажучи вже про когнітивні процеси, однак науковці все більше визнавали ці явища.

Одними з добре вивчених феноменів є автономні рухи, пов'язані з ендогенним циркадним годинником, а також більш прямі рухи, викликані зовнішніми факторами, такі як настичні реакції (наприклад, недирекційний рух листя вдень). Квітки також відкриваються незалежно від напрямку навколишніх факторів і закриваються вночі (нічна настичність, «сон»). Розглянемо також випадок пальми на палях. Для уникнення конкуренції за світло, пальма на

палях«ходить» від тіні до сонця. Вона ростить нові корені в напрямку сонячного світла, дозволяючи старим кореням відмирати. Тревеваснавіть інтерпретує це як навмисну форму поведінки з пошуку світла. Ще більш екзотичним є рух рослини до темряви – поведінка, відома як скототропізм, яка дозволяє деяким трав'янистим рослинам орієнтуватися на дерева для лазіння. Рей досліджував поведінку пошуку світла п'яти видів ліан з родини арацієвих, тропічних трав'янистих однодольних рослин. Ці рослини можуть змінювати свої стратегії між рухомими та сидячими, оскільки меристеми можуть переміщуватися з місця проростання до стовбурів дерев, які вони можуть залишити, якщо місцеві умови стануть несприятливими. Як цікаво зазначає Тревевас, таке «ходіння» стебла передбачає пошук, визначення та визнання нового стовбура і зміну напрямку росту: «Якщо рослина досягає свого нового стовбура, її стебло все більше загущується, а листя поступово відновлюється до повного розміру. Ця поведінка аналогічна до того, як тварини лазять по деревах в пошуках їжі, спускаються, коли їжа закінчилася чи конкуренція стала надто великою, і знову піднімаються на наступне дерево» [4].

Тільки пластичні системи здатні оцінювати вигоди інтеграції тропістичних реакцій одним чином (корисним), а не іншим (шкідливим), і використовувати ті, що сприяють кращій адаптації до екологічних обставин. Це відрізняє рослини від спрощених уявлень про жорстко налаштовану тропістичну, неадаптивну поведінку. Таким чином, «м'які налаштування» рослин більше нагадують поведінкові AI або біологічні роботи, на зразок тих, що були запропоновані Брайтенбергом, Біером та CalvoP [4].

Рослини проявляють складні форми прийняття рішень та самопізнання, що стосуються росту коренів, завдяки наявності певних обчислювальних ресурсів. Наприклад, корені можуть непрямо оцінювати об'єм ґрунту, доступного для розвитку їх кореневої мережі, що дозволяє зменшити негативні наслідки самоконкуренції. В експериментах МакКонахі та Баззазбуло виявлено, що доступний об'єм підземного простору впливає на загальну продуктивність рослин одного виду, при цьому кількість поживних речовин була контрольована окремо. Якщо кількість поживних речовин залишалась сталою, рослини з більшим доступним простором демонстрували кращі результати зростання та репродуктивності. Тому корені змагаються за фізичний простір, а не лише за поживні речовини, використовуючи токсичні та нетоксичні хімічні сигнали та електричні імпульси під землею. У посушливих умовах, де ресурси обмежені, прийняття ефективних рішень щодо оптимальної сегрегації кореневої мережі дає рослинам адаптивну перевагу, і в цьому контексті можна побачити територіальну поведінку, подібну до тієї, що спостерігається в тварин [11].

Оскільки рослини повинні відрізнити власні корені від чужих, а також корені однопородних рослин від інших конкурентів, їм необхідно мати механізм самопізнання. Дослідження Ґрунтмана і Новопланського підтверджують, що рослини можуть «розпізнавати» свої корені від коренів своїх клонів у контрольних експериментах, що демонструє здатність до

«самовизначення». Трева висуває припущення, що це явище можна пояснити через прогностичне моделювання, коли рослини «розпізнають» свої корені завдяки інформаційній обробці, що здійснюється кореновими «мозками». Результати експериментів свідчать про те, що механізм самопізнання не ґрунтується на генетичній різниці між клонами, оскільки сіянці можуть відрізняти свої корені від коренів інших клонів.

Гіпотеза рослинної нейробиології пропонує, що самопізнання може здійснюватися через різні типи «синапсів»: транспорту ауксину для електричної комунікації між клітинами (нейронні синапси) або через механізми на клітинному рівні, подібні до імунологічних синапсів. Ці механізми нагадують комунікацію в тваринному світі і також подібні до процесів, які відбуваються в бактеріях *Escherichia coli* [6].

Комунікація між частинами рослини є важливою складовою її функціонування, зокрема в процесах вегетативного розмноження через щеплення та брунькування, де необхідно забезпечити зв'язок між коренями та пагонами для контролю морфології. Однак цікавіше за все є комунікація між рослинами. Як зазначають Дінг та інші, відомо про механізми транспорту білків, нуклеїнових кислот та інших макромолекул через плазмодесми, що дозволяє рослинам обмінюватися інформацією на клітинному рівні. Рослини також можуть взаємодіяти за допомогою летких органічних сполук (ЛОС), які вони виділяють у навколишнє середовище, як між рослинами одного виду, так і між різними видами. Цей процес активної взаємодії через ЛОС, який Бальдін та ін. (2006) називають «підслуховуванням», є ключовим для адаптивного захисту рослин. Наприклад, дослідження Карбана показали, що дикі тютюнові рослини, які ростуть поруч із здоровими рослинами сальвії, частіше піддаються нападам травоядних, ніж ті, що знаходяться біля пошкоджених сальвій. Водночас ЛОС, які виділяються пошкодженими рослинами, дозволяють дику тютюну активувати захисні механізми.

Як зазначають Robinson D., Draguhn A., цікавою є комунікація рослин з безхребетними, зокрема через перехресне запилення, що є класичним прикладом еволюційного успіху співпраці [8]. Але ще більше вражають механізми маніпуляції рослинами рухами хижих тварин для захисту від травоядних. Як зазначають ці автори, рослини можуть використовувати рухи тварин для боротьби з шкідниками. Окрім того, дослідження Барлоу вказують на можливість акустичного взаємодії між рослинами та комахами, де рух коренів кукурудзи може видавати тріскотливі звуки, які можуть бути сприйняті як сигнал присутності комах.

Інтегрована поведінка часто поширюється через великі організми і вимагає певної форми координуючої та сигнальної структури. Хоча очевидно, що у людей і багатьох інших тварин є мозок, ситуація стає менш чіткою, коли мова йде про інші живі організми. У цих випадках різке розмежування між тканинами нервової системи та іншими типами тканин зникає.

Garzo'n P. C. та Keijzer F. зазначали, що нервова система може бути визначена як організована сукупність клітин (нейронів), спеціалізованих для

повторної передачі збудженого стану від рецепторних зон або від інших нейронів до ефektorів чи інших нейронів. Однак наявність і можливість спеціалізованих провідних пристроїв не обмежуються нервовими системами тварин, а є загальною функцією, яку можна реалізувати різними способами. За останні десятиліття цей погляд зміцнився, оскільки стає все більш очевидним, що всі основні компоненти нервових систем тварин – генетичні сигнальні системи, іонні канали та навіть компоненти синапсів – уже присутні у попередників цих організмів. Нервові системи лише організували вже існуючі складовіновий способом[5].

Висновки. На сучасному етапі розвитку ботанічної науки накопичено критичну масу нових даних, що призвело до становлення рослинної нейробіології. Багато провідних вчених провівши різноманітні дослідження, прийшли до висновку, що рослини мають структури, схожі на синапси, що дозволяють їм передавати нейротрансмітери через синаптичні везикули, подібно до нейронів. Незважаючи на критику цієї теорії, дослідники продовжують вивчати цей феномен і ідентифікувати сигнал як біотичні, так і абіотичні, які рослини здатні сприймати й інтегрувати. Зокрема, вже було доведено, що рослини проявляють складні форми прийняття рішень та самопізнання, що стосуються росту коренів, взаємодії з комахами, автономними та прямими рухами, комунікації.

Список використаної літератури

1. Baluška F., Volkmann D. R., Hlavacka A., Mancuso S., Barlow P. (2006). Neurobiological View of Plants and Their Body Plan. *Communication in Plants: Neuronal Aspects of Plant Life*. P. 19–35. DOI: 10.1007/978-3-540-28516-8_2 [in English].
2. Bassel G. W. Information Processing and Distributed Computation in Plant Organs. (2018). *Trends in Plant Science*. V. 23. I. 11. P. 994–1005. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.08.006> [inEnglish] (дата звернення: 29.12.2024).
3. Calvo P., Keijzer F. A. (2009). Cognition in Plants. *Plant-Environment Interactions: Behavioral Perspective*. P. 2–18. [in English].
4. Calvo P., Sahi V. P., Trewavas A. Are plants sentient? (2017). *Plant, Cell & Environment. Special Issue on Photomorphogenesis*. V. 40. I. 11. P. 2858–2869. DOI:<https://doi.org/10.1111/pce.13065> [in English] (дата звернення: 29.12.2024).
5. Garzón P. C., Keijzer F. (2011). Plants: Adaptive Behavior, Root-Brains, and Minimal Cognition. *Adaptive Behavior*. V. 19(3). P. 155–171. DOI: 10.1177/1059712311409446 [in English].
6. Mediano, P., Trewavas A., Calvo P.(2021). Information and integration in plants: towards a quantitative search for plant sentience. *Journal Conscious. Stud.* 28. P.80–105.[inEnglish].
7. Moroz L. L., Kohn A. B. (2016). Independent origins of neurons and synapses: insights from ctenophores. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. V. 371. I.1685. P. 2–

14. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0041> [in English] (дата звернення: 31.12.2024).

8. Robinson D. G., Blatt M. R., Draguhn A., Lincoln T., Mallatt J. (2023). Plants Lack the Functional Neurotransmitters and Signaling Pathways Required for Sentience in Animals. *Animal Sentience*. V. 33(7). P. 1–8. DOI: 10.51291/2377–7478.1782 [in English].

9. Robinson D., Draguhn A. (2021). Plants Have Neither Synapses nor a Nervous System. *Journal of Plant Physiology*. V. 23. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2021.153467> [in English] (дата звернення: 30.12.2024).

10. Sachs, T. (2024). Self-organization of tree form: A model for complex social systems. *Journal of Theoretical Biology*, 23, 197–202. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2004.05.006>

11. Struik, P. C., Yin, X., & Meinke, H. (2008). Perspective: Plant neurobiology and green plant intelligence—science, metaphors, and nonsense. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 363–370. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3131>

12. Taiz L., Alkon D., Draguhn A., Murphy A., Blatt M., Hawes C., Thiel G., Robinson D. G. (2019). Plants neither possess nor require consciousness. *Trends Plant Sci*. 24. P. 677–687. DOI:10.1016/j.tplants.2019.05.008. [in English].

Ярослав РОМАНЕНКО²³,

студент 2 курсу,

факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,

ННІ агротехнологій та природокористування

Вінницький національний аграрний університет

Вінниця, Україна

ХАРАКТЕРИСТИКА ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Анотація. Вінницька область має різноманітний ґрунтовий покрив, що сформувався під впливом природних факторів, зокрема клімату, рельєфу та геологічної будови. Основну частину земельного фонду займають чорноземи типові та опідзолені, які відзначаються високим вмістом гумусу та значним потенціалом родючості. В північних районах області поширені темно-сірі опідзолені ґрунти, менш родючі, але придатні для ведення сільського господарства за умови внесення добрив. У долинах річок розвинуті лучні, дерново-підзолисті та болотні ґрунти, які потребують дренажних заходів для підвищення їхньої продуктивності. Загалом ґрунтовий покрив області сприяє вирощуванню зернових, технічних, овочевих і плодових культур, роблячи Вінниччину одним із найважливіших аграрних регіонів України.

²³ Науковий керівник – Шкатула Ю.М., канд. с.-г. н. доц. кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії

Ключові слова. Ґрунт, клімат, рельєф, геологічна будова, чорноземи типові, чорноземи опідзолені, вміст гумусу, родючість.

Annotation. Vinnytsia region has a diverse soil cover, which was formed under the influence of natural factors, in particular climate, relief and geological structure. The main part of the land fund is occupied by typical and podzolized black soils, which are characterized by a high humus content and significant fertility potential. In the northern regions of the region, dark gray podzolized soils are widespread, less fertile, but suitable for agriculture if fertilizers are applied. In the river valleys, meadow, sodpodzolic and swamp soils are developed, which require drainage measures to increase their productivity. In general, the soil cover of the region contributes to the cultivation of grain, industrial, vegetable and fruit crops, making Vinnytsia one of the most important agricultural regions of Ukraine.

Keywords. Soil cover, climate, relief, geological structure, typical black soils, podzolized black soils, humus content, fertility.

Вступ. Вінницька область – один із ключових регіонів України, що відзначається сприятливими природно-географічними умовами та значним земельно-ресурсним потенціалом. Утворена 27 лютого 1932 року, область займає 26 513 км², що становить майже 4,5% території України. Географічне положення визначає її межі з сімома областями України та Республікою Молдова, що сприяє економічним і природним зв'язкам із сусідніми регіонами. Вінницька область розташована в лісостеповій зоні. Північно-східна частина області зайнята Придніпровською височиною, південно-західна – Подільською височиною. Поверхня області – хвиляста рівнина, полого нахилена у південному і південносхідному напрямках, розчленована глибокими долинами річок, подекуди – ярами та балками. Значна глибина розчленування в Придністров'ї.

Рельєф області сформувався під впливом тектонічних рухів, кліматичних та інших факторів, що зумовило його неоднорідність. Основними орографічними одиницями є Подільська та Придніпровська височини, розмежовані долиною річки Південний Буг. Подільська височина займає більшу частину території області, а її найвища точка – 370 м н.р.м.

Клімат Вінниччини помірно-континентальний, що обумовлено її розташуванням у середніх широтах. Протягом року відзначаються значні сезонні коливання висоти Сонця над горизонтом, що впливає на температурний режим та розподіл сонячної радіації. Найбільше надходження сонячної енергії спостерігається в літні місяці (640-660 МДж/м²), а найменше – взимку (80-100 МДж/м²), що визначає помірність клімату та сприятливі умови для розвитку сільського господарства.

Вінниччина має високий земельно-ресурсний потенціал, займаючи перше місце серед регіонів України за питомою вагою земельних ресурсів у загальному природно-ресурсному потенціалі. Завдяки родючим ґрунтам, сприятливому клімату та розвиненій аграрній інфраструктурі область є одним із провідних сільськогосподарських регіонів країни.[1]

Виклад основного матеріалу. Ґрунтовий покрив Вінницької області є важливою складовою природного середовища, що визначає аграрний потенціал регіону та його екологічну стійкість. Завдяки географічному розташуванню, кліматичним умовам і історії ґрунтоутворення тут сформувалася різноманітна система ґрунтів, кожен тип яких має свої особливості, що впливають на родючість, водно-повітряний режим і можливості використання в сільському господарстві.

Ґрунти Вінниччини зазнають впливу природних і антропогенних факторів. Вони піддаються процесам ерозії, деградації, втрати гумусу та забруднення. Раціональне використання земельних ресурсів, впровадження ефективних заходів захисту й відновлення родючості ґрунтів є важливими завданнями для збереження екологічної рівноваги регіону. Вінницька область представлена різними типами ґрунтів (Рис. 1), серед яких основними є:

Дерново-підзолисті ґрунти – це тип ґрунтів, що утворюється в умовах помірного зволоження та переважно на піщаних або суглинкових породах. Вони характеризуються слабкою гумусованістю (1,5–2,5% гумусу), значним підзолистим процесом та високою кислотністю (рН 4,5–5,5). Ці ґрунти зустрічаються на територіях із переважно хвойними та мішаними лісами. У Вінницькій області вони займають близько 5% загальної площі сільськогосподарських угідь і потребують вапнування та внесення органічних добрив для покращення родючості.

Опідзолені ґрунти – це ґрунти, що утворилися в умовах помірно континентального клімату, зазвичай на лесових відкладах. Вони мають слабку до середньої гумусованість (2–4% гумусу), кислу або слабокислу реакцію середовища (рН 5,0–6,0) та чітко виражену горизонтальну диференціацію. Ясносірі, сірі та темно-сірі опідзолені ґрунти Вінницької області займають до 12% площі області. Їхня родючість значно підвищується за рахунок застосування органо-мінеральних добрив і вапнування.

Реградовані ґрунти на лесових породах – це тип ґрунтів, що пройшов процес часткового відновлення родючості після опідзолення або деградації. Вони містять більше гумусу (4–5%) у порівнянні з опідзоленими ґрунтами, мають менш кислу реакцію (рН 6,0–7,0) та кращі агрофізичні властивості. У Вінницькій області ці ґрунти займають близько 8% території та активно використовуються в сільському господарстві для вирощування зернових і технічних культур.

Чорноземи – найбільш родючі ґрунти, які характеризуються високим вмістом гумусу (від 5 до 9%), нейтральною або слабколужною реакцією (рН 6,5–7,5) і потужним гумусовим горизонтом (50–100 см). У Вінницькій області чорноземи займають понад 50% усіх сільськогосподарських земель. Вони забезпечують високі врожаї зернових, соняшнику, кукурудзи та інших культур без значних додаткових заходів щодо покращення родючості, хоча потребують підтримки органічного балансу.

Лучно-чорноземні ґрунти переважно на лесовидних породах – це перехідний тип між чорноземами та лучними ґрунтами. Вони формуються в

Лучні ґрунти на делювіальних та алювіальних відкладах – це ґрунти, що формуються в заплавах річок під впливом періодичних підтоплень. Вони містять 2,5–5% гумусу, мають нейтральну або слабколужну реакцію (рН 6,5–7,5) і характеризуються високою родючістю. На території Вінницької області такі ґрунти займають близько 4% площі й активно використовуються для сінокосів і пасовищ.

Дернові ґрунти – це тип ґрунтів, що утворюється в умовах помірного зволоження, часто на карбонатних породах. Вони мають невисокий вміст гумусу (2–3%) і слаболужну реакцію (рН 7,0–8,0). У Вінницькій області ці ґрунти займають незначну частку площі, переважно на південних і західних територіях. Вони використовуються для ведення сільського господарства після внесення органічних і мінеральних добрив.[2][3]



160

культури, які вирощуються на цих землях, включають зернові (пшениця, кукурудза, ячмінь), технічні (соняшник, соя, цукровий буряк), а також овочеві та кормові культури. Найбільш продуктивні чорноземи глибокі та малогумусні, які мають бальність 70–90 за шкалою оцінки родючості. Завдяки сприятливим умовам регіон займає провідні позиції з вирощування зернових та цукрових буряків, що відіграють ключову роль у харчовій промисловості країни.

Окрім ріллі, значна частина ґрунтів використовується для природного кормовиробництва. Близько 10% земель займають луки та пасовища, які є основним джерелом корму для тваринництва. Особливо цінними є лучночорноземні та дерново-підзолисті ґрунти, що відзначаються високою вологоємністю та достатнім вмістом органічної речовини, що забезпечує якісну кормову базу для скотарства.

Лісові ресурси області також займають вагоме місце у використанні ґрунтів. Близько 13% території Вінниччини покрито лісами, серед яких переважають дубові, грабові та соснові насадження. Лісові ґрунти – переважно дерново-підзолисті, що формуються під лісовими угрупованнями та виконують важливу водоохоронну та кліматоутворюючу функцію. Лісові масиви є важливими зонами для збереження біорізноманіття, регуляції водного балансу та забезпечення потреб лісового господарства, зокрема заготівлі деревини.

Важливе значення має використання болотних і лучно-болотних ґрунтів, які розташовані в низовинах і заплавах річок. Вони займають близько 5% території області та використовуються переважно як природні угіддя для випасу худоби або частково для меліорованого землеробства. Деякі з них зазнали осушення та трансформації для ведення сільськогосподарської діяльності, проте збереження природного водного режиму цих ґрунтів є важливим екологічним завданням.[3]

У Вінницькій області спостерігається інтенсивне використання земель, що потребує раціонального підходу до управління ґрунтовими ресурсами. Через багаторічну експлуатацію сільськогосподарських угідь деякі території зазнали зниження рівня родючості через дегуміфікацію, водну та вітрову ерозію, засолення та забруднення пестицидами та важкими металами. Найбільш вразливими є опідзолені та дерново-підзолисті ґрунти, які характеризуються низьким вмістом гумусу та потребують внесення органічних і мінеральних добрив для підтримки їхньої продуктивності. Для ефективного використання ґрунтових ресурсів у Вінницькій області впроваджуються заходи з підвищення родючості, зокрема системи сівозмін, використання сидератів, вапнування кислих ґрунтів та меліоративні заходи для відновлення деградованих земель. Велика увага приділяється збереженню природних екосистем, оскільки баланс між сільським господарством, лісовим господарством та природними угіддями є важливим для забезпечення екологічної стабільності регіону.

Ситуація з кожним роком стає все складнішою, значно погіршилась якість ґрунтів, виріс рівень їх забруднення, посилилися деградаційні процеси і для цього є ряд причин:

- була ліквідована напрацьована за багато років система охорони і обробки земель; - земельний фонд розділений на дрібні земельні ділянки серед селян, значна частина яких немає можливості їх обробляти;
- відсутність нових інституціональних одиниць, які б забезпечували охорону і раціональне використання земель;
- практично припинені роботи із експлуатації меліоративних систем; до цих пір не сформований земельний кадастр, на підставі агрохімічної паспортизації сільськогосподарських земель;
- нинішній рівень охорони земель не зорієнтований на стандарти стійкого розвитку землекористування; - відсутність відповідальності за нераціональне використання земельних ресурсів [4].

Висновок. Сучасний стан ґрунтів Вінницької області визначає їхнє значення у сільськогосподарському виробництві, екологічному балансі регіону та забезпеченні сталого розвитку аграрного сектору. В області переважають родючі чорноземи, які займають понад 60% території, що є важливою перевагою для вирощування зернових, технічних і кормових культур. Разом з тим, значну частку земель становлять дерново-підзолисті, опідзолені, реградовані, лучноболотні та інші ґрунти, кожен із яких має свої особливості, рівень родючості та потребує специфічних методів ведення господарства.

Раціональне використання ґрунтів регіону ґрунтується на комплексі агротехнічних, меліоративних та природоохоронних заходів. Застосування сівозмін, удобрення, глибокого розпушування, а також заходи щодо запобігання ерозії сприяють збереженню ґрунтового покриву й підвищенню його продуктивності. Проте антропогенний вплив, зокрема надмірна розораність (близько 80% сільгоспугідь), використання хімічних добрив та інтенсивне землеробство, призводить до деградації ґрунтів, зниження вмісту гумусу (в середньому на 0,5-1% за останні 30 років), засолення та порушення водного балансу.[5]

Ефективний моніторинг ґрунтів, впровадження сучасних технологій обробітку землі та оптимізація землекористування є ключовими факторами забезпечення родючості ґрунтів Вінниччини у довгостроковій перспективі. Для запобігання виснаженню земель необхідно дотримуватись принципів ощадливого використання природних ресурсів, запроваджувати органічне землеробство, зменшувати хімічне навантаження та розширювати площі ґрунтозахисних насаджень.

Список використаної літератури

1. Загальна характеристика ґрунтового покриву Вінницької області. URL:
http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/10399/1/%D0%9C%D0%A1%D0%9D%D0%9A_%D0%9E%D0%94%D0%95%D0%9A%D0%A3_%202022%28357%29.pdf(Дата звернення 01.03.2025)
2. Ґрунти України в розрізі областей. *Карти України*. URL:
<https://geomap.land.kiev.ua/obl-1.html>(Дата звернення 02.03.2025)

3. Види і типи ґрунтів та їх основні властивості і характеристики. Agravery. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/vidi-i-tipi-gruntiv-ta-ihosnovni-vlastivosti-i-harakteristiki> (Дата звернення 02.03.2025) 4. Вінницька область. Всеукраїнська експертна мережа. URL:

<http://www.experts.in.ua/regions/detail.php?ID=4312> (Дата звернення 01.03.2025)

5. Екологічний паспорт Вінницької області. URL: https://www.vin.gov.ua/images/UPRTER/oholoshennia/2023_%20Vinnitska_08.12.2023_F.pdf (Дата звернення 05.03.2025)

Анастасія СВИСТУН²⁴,
Студентка 3-го курсу,
Факультету агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВИКОРИСТАННЯ СИДЕРАТИВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ СТРУКТУРИ ҐРУНТУ ТА ЗБАГАЧЕННЯ ЙОГО ПОЖИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ

***Анотація.** У статті розглядається використання сидератів як ефективного агротехнологічного заходу для покращення структури ґрунту та збагачення його поживними речовинами. Проаналізовано механізми впливу сидеральних культур на фізико-хімічні властивості ґрунту, зокрема його аерацію, вологоутримуючу здатність та біологічну активність. Особливу увагу приділено ролі сидератів у збагаченні ґрунту органічною речовиною, покращенні балансу азоту та фосфору, а також підвищенні активності корисної мікрофлори. Проаналізовано різні групи сидератів, зокрема бобові, злакові, хрестоцвіті, амарантові, гречані та гідрофіли. Представлено порівняльний аналіз ефективності різних видів сидеральних культур залежно від типу ґрунту. Зроблено висновки щодо перспектив впровадження цієї технології в сучасне сільське господарство для підвищення його екологічної стійкості та продуктивності.*

***Ключові слова:** сидерати, родючість ґрунту, органічна речовина, поживні речовини, гумус, ґрунтова мікрофлора.*

***Annotation.** The article discusses the use of green manure as an effective agrotechnological measure to improve soil structure and enrich it with nutrients. The mechanisms of influence of green manure crops on the physical and chemical properties of the soil, in particular its aeration, moisture retention capacity and*

²⁴ Науковий керівник – Забарна Т.А., канд. с.-г. наук, ст. викладач кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії ВНАУ

biological activity, are analysed. Particular attention is paid to the role of green manure in enriching the soil with organic matter, improving the balance of nitrogen and phosphorus, and increasing the activity of beneficial microflora. Different groups of green manure are analysed, including legumes, cereals, cruciferous, amaranth, buckwheat and hydrophiles. A comparative analysis of the effectiveness of different types of green manure crops depending on the soil type is presented. Conclusions are drawn on the prospects for introducing this technology into modern agriculture to increase its environmental sustainability and productivity.

Keywords: green manure, soil fertility, organic matter, nutrients, humus, soil microflora.

Вступ. У сучасному сільському господарстві важливим завданням є збереження та підвищення родючості ґрунтів, що забезпечує стабільну врожайність та екологічну стійкість агроєкосистем. Інтенсивне використання земельних ресурсів, часте застосування мінеральних добрив та засобів захисту рослин нерідко призводять до деградації ґрунту, зменшення його органічної маси, порушення балансу поживних елементів і зниження біологічної активності. У зв'язку з цим все більшої актуальності набувають альтернативні методи підвищення родючості, серед яких важливе місце займає застосування сидератів.

Сидерати – це спеціально вирощувані культури, які після досягнення певної фази розвитку заорюються в ґрунт для збагачення його органічною речовиною та макро- і мікроелементами. Вони покращують фізико-хімічні властивості ґрунту, зокрема його структуру, аерацію, вологоутримуючу здатність та забезпечують активний розвиток корисної мікрофлори. Використання сидератів також сприяє зменшенню ерозійних процесів, пригніченню бур'янів та зниженню ризику поширення збудників хвороб і шкідників.

Виклад основного матеріалу. Сидерація – це ефективний спосіб підвищення родючості ґрунту, що передбачає заорювання зеленої маси спеціально вирощених сидеральних культур. Ця технологія покращує структуру ґрунту, збагачує його органічною речовиною та гумусом, забезпечуючи культурні рослини необхідними поживними елементами. Сидерати виступають невичерпним джерелом органічної речовини, оскільки їхня коренева система здатна поглинати поживні речовини з глибоких шарів ґрунту. Крім того, вони допомагають перетворити важкодоступні сполуки фосфору, калію та кремнію у форми, доступні для сільськогосподарських культур, що позитивно впливає на врожайність. Незважаючи на ефективність і доступність цієї технології, вона все ще недостатньо використовується в аграрній практиці, хоча її впровадження може суттєво підвищити продуктивність та екологічну стійкість землеробства [1].

Основні наукові передумови використання зеленого добрива включають такі аспекти[2]:

- Зелені добрива є одним із найважливіших джерел гумусу та азоту, особливо для малородючих ґрунтів, таких як піщані, карбонатні, еродовані та дерново-підзолисті. За умови заорювання значної кількості зеленої маси сидератів (35-40 т/га) у ґрунт надходить 150-200 кг азоту, що еквівалентно внесенню 30-40 т гною.

- Внесення сидератів змінює фракційний склад гумусу. Наприклад, у дерново-підзолистих ґрунтах зелена маса люпину сприяє збільшенню вмісту гумінових кислот на 20-30 %, водночас зменшуючи абсолютний і відносний вміст фульвокислот.

- Сидерація позитивно впливає на агрохімічні, фізико-хімічні та фізичні характеристики ґрунту: підвищує рівень рН у кислих ґрунтах, збільшує кількість поглинених основ, зменшує гідролітичну кислотність та вміст рухомого алюмінію.

- Збільшення вмісту гумусу та покращення агрохімічних і агрофізичних характеристик ґрунту завдяки сидерації сприяє активізації його біологічної діяльності. Як наслідок, у ґрунтовому та приґрунтовому повітрі зростає концентрація вуглекислого газу, що позитивно впливає на повітряне живлення рослин.

- Заорювання зеленої маси стимулює розвиток ґрунтової мікрофлори, активізує процеси нітрифікації та підвищує родючість ґрунту.

- Використання сидератів відіграє важливу фітосанітарну роль, оскільки сприяє зниженню чисельності збудників хвороб і шкідників, покращуючи загальний стан агроценозу.

Для нормального проростання сидеральних культур необхідно зберігати достатню кількість вологи. Зокрема, в орному шарі ґрунту повинно міститися щонайменше 20 мм продуктивної вологи, що, за багаторічними спостереженнями, становить приблизно 25 мм станом на 1 серпня. У процесі подальшого розвитку сидеральні культури починають споживати воду з метрового шару ґрунту, запаси якої зазвичай досягають 70-100 мм.

Одразу після проростання сидерати починають активно впливати на родючість ґрунту. Вони створюють природний захисний покрив, що запобігає пересушуванню верхніх шарів та сприяє збереженню мікрофлори. Енергія сонця, замість перегрівання поверхні ґрунту, використовується рослинами для фотосинтезу, завдяки якому накопичується органічна маса. Оскільки близько 95% сухої речовини формується завдяки фотосинтезу, а один квадратний дециметр листової поверхні за годину засвоює до 7 мг вуглекислого газу, важливо забезпечити безперервне повернення органічних речовин у ґрунт.

Однак значна частина цієї маси виноситься з полів разом із врожаєм, що виснажує ґрунт.

Сидерати сприяють збереженню вологи, запобігають перегріванню ґрунту та створюють сприятливі умови для діяльності мікроорганізмів і ґрунтових безхребетних, зокрема дощових черв'яків, які відіграють ключову роль у накопиченні органічних речовин. Рослинний покрив захищає ґрунт від ерозії та наближає умови його відновлення до природних. Використання сидератів як

зеленого добрива дозволяє повернути в ґрунт усю біомасу, отриману внаслідок фотосинтезу. Навіть у разі використання повторних посівів на кормові потреби, близько 50–60 % органічної маси (70–100 ц/га у вигляді кореневої системи та пожнивних решток) залишається в ґрунті, а при випасанні цей показник може бути ще вищим, що сприяє збільшенню врожайності наступних культур. Крім того, сидерати є ефективним засобом захисту ґрунтів від ерозії та сприяють збереженню їхньої родючості[3].

Використання сидеральних культур із глибокою кореневою системою сприяє зниженню щільності ґрунту, що покращує його здатність утримувати вологу та проникнення кисню. Завдяки природному розпушенню ґрунту корінням рослин можна вирощувати зелені добрива без необхідності оранки. Мінімальний або нульовий обробіток ґрунту відіграє ключову роль у розвитку сталого землеробства. Крім того, під час розкладання сидератів накопичені в них поживні речовини безпосередньо надходять у ґрунт, не забруднюючи довкілля. Квітучі сидеральні культури також сприяють збереженню корисної фауни, залучаючи запилювачів, зокрема бджіл та джмелів, як це спостерігається у випадку з фацелією.

Окрім цього, зелені добрива підтримують життєдіяльність організмів, що беруть участь у формуванні ґрунтових агрегатів. Вони покращують його пористість, збагачують органічною речовиною та стимулюють розвиток корисних мікроорганізмів, таких як бактерії та грибки. До того ж кореневі виділення сидератів слугують джерелом живлення для ґрунтових мікроорганізмів. Деякі сидеральні культури виконують ще й захисну функцію, відлякуючи шкідників та зменшуючи ризик розвитку хвороб. Деякі з них навіть здатні затримувати шкідників у власній кореневій системі, запобігаючи їхньому поширенню на товарні культури[4].

Оптимальна норма висіву сидеральних культур залежить від їх біологічних особливостей, типу ґрунту, кліматичних умов та цільового призначення (зелене добриво, корм, мульчування тощо). Важливо враховувати густоту посіву, оскільки надто загущені посіви можуть призвести до конкуренції за вологу та поживні речовини, а надто рідкі – до недостатнього покриття ґрунту. Крім того, різні культури мають відмінні вимоги до норми висіву через особливості їхньої кореневої системи, швидкість росту та здатність до накопичення органічної маси.

У (табл.1) наведені середні норми висіву для різних сидеральних культур залежно від їхніх характеристик та умов вирощування. Ці показники можуть коригуватися з урахуванням конкретних агротехнічних умов та мети використання сидератів.

Різні сидеральні культури мають різний хімічний склад і поживну цінність, що визначає їхню ефективність у збагаченні ґрунту макро- і мікроелементами. Основними елементами, які сидерати повертають у ґрунт, є азот, фосфор, калій, а також органічна речовина, що сприяє утворенню гумусу та покращенню структури ґрунту. Вибір конкретної культури залежить від агротехнічних цілей, стану ґрунту та подальших сільськогосподарських потреб.

Таблиця 1 Середні норми висіву сидеральних культур залежно від їхніх характеристик та умов вирощування.

Вид рослини-сидерата	Тип ґрунту	Норма висіву, кг/га
Люпин вузьколистий	Легкі кислі, вологі	160-170
Вика посівна	Крім кислих і сухих	120-160
Редька олійна	Важкі глинисті	22-25
Конюшина біла	Багаті суглинки	10
Озиме жито	Будь-які	180-200
Конюшина червона	Легкі	15-16

Джерело: [4].

Амарантові покращують родючість ґрунту, сприяють його розпушенню та насиченню азотом, створюючи сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів і корневих систем наступних культур. Вони також підвищують посухостійкість ґрунту та сприяють його структурній стабільності.

Бобові універсальні у використанні, підходять як для важких, так і для легких ґрунтів. Вони ефективно розпушують землю, збагачують її азотом завдяки симбіозу з азотфіксуючими бактеріями, пригнічують ріст бур'янів і захищають від нематод. До цієї групи належать горох, сочевиця, квасоля, люпин, буркун, конюшина та нут.

Гідрофіли покращують аерацію ґрунту, сприяють утриманню вологи, перешкоджають розповсюдженню бур'янів і шкідливих бактерій. Найвідомішою культурою цієї групи є фацелія, яка має високу медоносну цінність та швидке зростання, що забезпечує ефективне пригнічення бур'янів.

Гречані мають здатність розпушувати навіть найщільніші ґрунти, насичуючи їх фосфором і калієм у формах, доступних для рослин. Гречка, як основний представник цієї групи, також пригнічує бур'яни, підвищує біологічну активність ґрунту та сприяє поліпшенню його структури.

Злакові насичують ґрунт калієм і азотом, підвищують його вологопроникність, сприяють збереженню ґрунтової структури та пригнічують розвиток бур'янів. Вони особливо ефективні для відновлення кислих ґрунтів, оскільки знижують їхню кислотність і покращують водний баланс. До злакових сидератів належать овес, жито, ячмінь, просо, сорго та райграс.

Хрестоцвіті мають розгалужену кореневу систему, яка допомагає розпушувати ґрунт, покращує доступ кисню та сприяє перетворенню фосфору у форму, доступну для рослин. Крім того, вони запобігають вимиванню мінералів і пригнічують розвиток шкідливих організмів у ґрунті. Однак їх не рекомендується висівати на кислих ґрунтах або на ділянках, що готуються під капусту, оскільки це може спричинити втрату врожаю. Найпоширенішими хрестоцвітими культурами є гірчиця, редька олійна, ріпак і суріпиця[5].

Використання сидератів із різних груп дозволяє покращити фізико-хімічні властивості ґрунту, збалансувати його поживний склад, зменшити потребу в

мінеральних добривах і захистити поля від ерозії та негативного впливу шкідників і хвороб.

Порівняльна характеристика поживної цінності основних сидеральних культур наведена в таблиці 2, що допоможе обрати оптимальні варіанти залежно від потреб конкретного агроценозу.

Таблиця 2 Порівняльна характеристика поживної цінності сидеральних культур

Культура	Накопичено біомаси, ц/га	Акумуляовано в загальній біомасі поживних речовин, кг/га			
		N	P 2 O5	K2 O	Всього
Люпин однорічний	606	231	63	209	503
Буркун білий в перший рік вегетації	233	113	46	142	301
Буркун білий в другий рік вегетації	540	251	96	299	646
Горох кормовий	304	117	71	215	403
Вика	311	160	73	201	434
Редька олійна	485	86	66	248	400

Джерело: [3].

Існує кілька способів застосування зелених добрив, серед яких виділяють підпокривний, самотійний, проміжний (вставний), укісний, отавний та укісноотавний.

Підпокривний спосіб передбачає висівання сидератів під покрив основної культури. Наприклад, еспарцет, люпин, конюшина, буркун або вику мохнату висівають з осені як озиму культуру, а навесні на тому ж полі сіють кукурудзу. Коли вика досягає висоти приблизно 30 см, її знищують за допомогою гербіцидів.

Самотійний спосіб передбачає використання сидеральної культури на всій площі протягом усього вегетаційного періоду або навіть кількох років поспіль (сидеральний пар, або так званий "екопар"). Це ефективний метод для запобігання водній та вітровій ерозії, боротьби з бур'янами та збереження поживних речовин у ґрунті.

Проміжний (або вставний) спосіб передбачає вирощування сидератів в період між збиранням однієї культури та посівом іншої. Залежно від термінів сівби виділяють два підходи: підсівний та пожнивний. У підсівному варіанті, наприклад, люпин висівають навесні під жито озиме, яке використовується на зелений корм. Після скошування жита люпин відростає і потім заорюється у ґрунт. У пожнивному варіанті сидерат висівають після збирання ярих або озимих культур. Це один із найпоширеніших способів використання сидератів.

Визначальним фактором для використання культур як сидератів у післяукісних посівах є температура, при якій припиняється їх вегетація. Найбільш поширеними сидеральними культурами в таких умовах є горох, вика, біла гірчиця, райграс, фацелія, ріпак та свиріпа (табл. 3)[2,6].

Таблиця 3 Тривалість вегетаційного періоду післяукісних посівів сільськогосподарських культур

Культура	Веgetаційний період, діб	Сума ефективних температур > 5 °C
Люпин жовтий	70-80	845-900
Люпин вузьколистий	60-70	750-850
Гірчиця біла	50-60	700-800
Ріпак ярий та озимий	45-50	600-800
Редька олійна	45-55	420-450

Джерело: [6].

Висновок. У результаті дослідження підтверджено ефективність використання сидератів як агротехнологічного заходу для покращення властивостей ґрунту та підвищення його родючості. Встановлено, що сидеральні культури сприяють покращенню структури ґрунту, підвищують його вологоутримуючу здатність та аерацію, активізують корисну мікрофлору, а також збагачують ґрунт органічною речовиною, азотом і фосфором. Порівняльний аналіз різних видів сидератів показав їхню ефективність залежно від конкретних типів ґрунтів.

Отже, впровадження цієї технології є перспективним напрямом у сучасному сільському господарстві, оскільки дозволяє підвищити екологічну стійкість агроценозів, зменшити потребу в мінеральних добривах та поліпшити якість ґрунтів. Подальші дослідження у цій сфері можуть сприяти розробці оптимальних схем використання сидератів, що допоможе забезпечити стабільну продуктивність сільськогосподарських культур і зменшити негативний вплив аграрної діяльності на довкілля.

Список використаної літератури

1. Цицюра Я.Г., Неїлик М.М., Дідур І.М., Поліщук М.І. Сидерація як базова складова біологізації сучасних систем землеробства. Монографія. Вінниця: Видавець ТОВ «Друк», 2022. 770 с.
2. Основи агрономічної хімії: навчальний посібник С.Г. Чорний. Миколаїв: МНАУ, 2020. 284 с.
3. Сидеральні культури. Механіко-технологічні основи подрібнення та загортання: монографія. Д. Скоробогатов, Г. Голуб, О. Марус.К.: НУБіП України, 2016. 171 с.
4. Сидерати: Як і Коли Висівати Зелені Добрива. URL: <https://eos.com/uk/blog/syderaty/> (дата звернення 28.02.25)
5. Види сидератів і які найкращі з них. URL: <https://ukrtrav.com/vydysyderativ-i-yakyi-naikrashchyi-syderat/> (дата звернення 02.03.25)
6. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ : Профкнига, 2019. 560 с.

Іван СВЯЩУК²⁵,
студент 2 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

АГРАРНИЙ СЕКТОР УКРАЇНИ: ВИКЛИКИ ВІЙНИ ТА МОЖЛИВОСТІ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Анотація. У статті детально розглянуто стан аграрного сектору України до початку воєнних дій, а також проводиться комплексний аналіз динаміки його розвитку протягом останніх років. Досліджено вплив воєнних дій на території України на функціонування аграрного сектору та його подальші перспективи. Виявлено, що уряд вживає ряд важливих заходів для підтримки аграрного сектору в умовах війни, включаючи спрощення бюрократичних процедур для агробізнесу, дозвіл на використання сільськогосподарської техніки без додаткової реєстрації, полегшення імпорту посівних матеріалів, встановлення нульової ставки акцизного податку та зниження ПДВ на пальне, а також запуск спеціальних державних програм для підтримки сільськогосподарських виробників. Визначено подальші кроки, необхідні для вирішення найбільш актуальних проблем аграрного сектору України в умовах воєнного стану та в період післявоєнного відновлення.

Ключові слова: Україна, аграрний сектор, воєнний стан, експорт, виробництво, відновлення, агробізнес.

Annotation. The article describes in detail the state of Ukraine's agricultural sector before the outbreak of hostilities and provides a comprehensive analysis of the dynamics of its development in recent years. The impact of military operations on the territory of Ukraine on the functioning of the agricultural sector and its further prospects is investigated. It is revealed that the government is taking a number of important measures to support the agricultural sector in the context of war, including simplification of bureaucratic procedures for agribusiness, permission to use agricultural machinery without additional registration, facilitation of imports of seed materials, establishment of a zero excise tax rate and reduction of VAT on fuel, as well as launching special government programs to support agricultural producers. Further steps necessary to address the most pressing problems of Ukraine's agricultural sector under martial law and in the period of post-war recovery are identified.

Keywords: Ukraine, agricultural sector, martial law, exports, production, recovery, agribusiness.

²⁵ Науковий керівник – Малик В. М. д.ф. з педагогіки, викладач кафедри української та іноземних мов ВНАУ

Формуючи до 20% внутрішнього валового продукту, аграрний сектор є однією з головних галузей української економіки. Станом на кінець 2021 року агробізнес приніс майже 40% валютної виручки країни і характеризувався позитивною динамікою упродовж останніх 5 років. Щорічно Україна виробляє близько 100 мільйонів тонн зернових, що робить її одним з найбільших світових експортерів [1].

Проте з початком повномасштабної військової агресії російської федерації (далі – рф) аграрний сектор України опинився перед безпрецедентними викликами, що суттєво вплинули на його функціонування та стійкість. Окупація територій, ризики для проведення посівної кампанії, порушення логістичних ланцюгів, цілеспрямовані обстріли сільськогосподарської техніки, дефіцит робочої сили через мобілізацію та вимушене переселення населення, крадіжки зернових культур, руйнування елеваторів і портової інфраструктури, а також загроза від нерозірваних боєприпасів та замінованих полів – всі ці фактори ускладнюють діяльність сільськогосподарських підприємств.

Попри такі масштабні виклики, агросектор демонструє виняткову стійкість, адаптуючись до нових реалій. Українські аграрії знаходять альтернативні шляхи експорту продукції через західні кордони, застосовують нові технології, що дозволяють оптимізувати витрати та зберегти виробництво, а також розширюють внутрішню переробку сільськогосподарської продукції, щоб зменшити залежність від сировинного експорту.

Водночас, для подолання існуючих загроз і забезпечення подальшого розвитку агропромислового комплексу необхідні комплексні заходи на державному та міжнародному рівнях. Серед першочергових кроків – відновлення зруйнованої інфраструктури, фінансова підтримка агровиробників, створення альтернативних логістичних маршрутів, страхування ризиків для аграріїв, залучення інвестицій у модернізацію та розвиток внутрішньої переробки продукції.

Незважаючи на надзвичайно складні умови, український агросектор залишається важливим рушієм економіки, забезпечуючи продовольчу безпеку як всередині країни, так і на міжнародному рівні. Його подальше відновлення та розвиток стане не лише запорукою економічної стабільності України, а й важливим чинником стабілізації світового продовольчого ринку.

Проаналізовано сучасний стан сільськогосподарської галузі в умовах військових дій. Розглянуто сучасні дослідження та публікації авторитетних у даній галузі науковців, серед яких можна назвати таких: І. Белкін, Р. Логоша, М. Негрей, А. Тараненко, І. Костенко та ін., чії роботи присвячені впливу війни на економіку України, зокрема на аграрний сектор. Експерти аналізують такі питання, як вплив війни на світові ринки сировини та продуктів, стабільність фінансових ринків, енергетичну безпеку, міжнародні відносини та інші аспекти. Обговорення цих питань сприяє кращому розумінню ситуації та сприяє пошуку шляхів вирішення конфлікту та його наслідків.

Україна, володіючи потужним агропромисловим сектором, має величезний потенціал для подальшого розвитку сільського господарства. Її унікальні кліматичні умови, багаті чорноземи та значні земельні ресурси створюють ідеальне середовище для ефективного аграрного виробництва. Щедра природа, доповнена сучасними агротехнологіями та новаторськими рішеннями, сприяє не лише зростанню врожайності, а й розвитку фермерських господарств. Це, своєю чергою, зміцнює позиції України на світовому ринку аграрної продукції.

Виробництво аграрного сектору переважно розподіляється між двома групами – сільськогосподарськими підприємствами та домогосподарствами. Перша група виробляє 55% валової продукції і налічує 45 тис. підприємств. Другу групу становлять понад 4 мільйони домогосподарств, які обробляють у середньому 1,23 га землі, виробляючи майже 45% валової продукції сільського господарства [1].

В аграрному секторі України рослинництво є домінуючим напрямком, становлячи 73% сільськогосподарської продукції. Основними зерновими культурами України є кукурудза, пшениця та ячмінь. Протягом періоду з 2013 по 2017 роки Україна стабільно збирала понад 60 мільйонів тонн зернових і зернобобових культур щорічно. У 2018 та 2019 роках країна продовжила нарощувати обсяги виробництва зерна, досягаючи 70 і 74 мільйонів тонн відповідно [2]. Однак 2020 рік став викликом для України через економічну нестабільність, обмеження, пов'язані з пандемією COVID-19, а також незвичайні погодні умови. У 2020 році валовий збір зерна склав 65,4 мільйони тонн, що втричі перевищувало потреби внутрішнього ринку. Ці коливання виробництва зерна відображають нестабільність у сільському господарстві, яка може бути спричинена різноманітними факторами, такими як кліматичні умови, економічні труднощі та глобальні кризи.

За останні роки спостерігається значне зростання частки сільського господарства в експортних доходах, яке зросло з 26% у 2012 році до 45% у 2022 році, досягнувши 22,2 мільярда доларів [3].

Український аграрний експорт багатий на постачання сировини, особливо продукції рослинного походження, такої як кукурудза, пшениця, ріпак і соя. Важливу роль відіграє й соняшникова олія, яка традиційно є другим за обсягом експортним продуктом після кукурудзи. У довоєнний період її експорт становив 5,8 мільярда доларів, що дорівнює 7,6% від загального обсягу зовнішньоторговельних операцій країни. Окрім цього, Україна активно експортує м'ясо птиці, фуражні та комбікормові культури, картоплю, цукрові буряки, різноманітні овочі та фрукти. Така широка номенклатура продукції підкреслює значний потенціал українського агросектору у формуванні стійкого експорту та підтримці економічного зростання країни.

За даними на кінець 2021 року, аграрний сектор формував до 20% внутрішнього валового продукту. Протягом останніх 5 років аграрний сектор демонстрував позитивну динаміку, що підтверджується стабільним зростанням валютної виручки. Україна є одним з найбільших світових експортерів зернових

культур, щорічно виробляючи близько 100 мільйонів тон зерна. Це свідчить про високий потенціал та значущість аграрного сектору для економіки України на міжнародній арені [3]. Однак, попри позитивне сальдо зовнішньої торгівлі, аграрний сектор України зіткнувся з низкою серйозних викликів, спричинених повномасштабним вторгненням росії на територію України 24 лютого 2022 року.

Військові дії призвели до втрати частини родючих земель, руйнування інфраструктури, знищення агропідприємств і логістичних маршрутів. Непрямі витрати у сільському господарстві через стрімку інфляцію, зменшення виробництва, підвищення цін на виробничі фактори та блокування портів сягнули позначки 23,3 мільярдів доларів. За даними Київської школи економіки, тільки за перші три місяці війни загальні збитки аграрного сектору становлять понад 4,3 мільярдів доларів, що складає приблизно 15% капіталу країни [4].

Військові дії та окупація значної частини українських територій суттєво вплинули на посівну кампанію 2022 року, зробивши її найскладнішою за всю історію незалежної України. Скорочення посівних площ на 3,5 мільйона гектарів стало серйозним ударом для аграрного сектору, що спричинило низку критичних проблем. Сільгоспвиробники стикнулися з гострою нестачею робочої сили, техніки, пального, добрив та фінансових ресурсів. Додатково ускладнила ситуацію руйнація логістичної інфраструктури, що призвело до перебоїв у транспортуванні продукції та забезпеченні фермерських господарств необхідними матеріалами.

Оскільки Україна є одним із ключових світових експортерів зернових та олійних культур, повномасштабне вторгнення РФ спричинило серйозні наслідки для глобального сільськогосподарського сектору та продовольчої безпеки. До війни Україна постачала на міжнародний ринок майже 6 мільйонів тонн соняшникової олії, що становило понад 47% світового експорту цього продукту.

Російська агресія викликала шок на світовому ринку олійних культур: ціни різко зросли, а обсяги поставок суттєво скоротилися. У березні Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (FAO) повідомила, що глобальний індекс цін на продовольство у лютому досяг історичного максимуму, продовжуючи тенденцію до зростання, що спостерігалася протягом останніх років. За оцінками експертів ООН, через наслідки війни, пандемії COVID-19 та кліматичних змін кількість людей, які страждають від нестачі продовольства, може досягти 15річного рекорду [1].

Країни Євразії відчували наслідки дефіциту вже з перших днів вторгнення. Так, Нідерланди та Бельгія, які імпортували дві третини соняшникової олії з України, заявили про критичну нестачу цього продукту. У Туреччині ціни на соняшникову олію зросли на 30%, що спровокувало ажіотажний попит і масове скуповування. Значні труднощі виникли й на ринку Індії, яка за чотири довоєнні місяці імпортувала 85% соняшникової олії саме з України [3].

Окрім олійних культур, війна завдала удару і по глобальному ринку зернових, оскільки Україна є одним із найбільших постачальників пшениці, кукурудзи та ячменю. Блокада українських портів, руйнування елеваторів та логістичних маршрутів ще більше ускладнили ситуацію, спричинивши

коливання цін і загрозу продовольчої кризи в багатьох країнах світу. Ці події підкреслили стратегічну роль України у глобальній агропромисловій системі та необхідність диверсифікації шляхів постачання продовольства на світовий ринок.

Важливим і необхідним для підтримки агробізнесу в умовах війни є дії уряду. Серед цих заходів мінімізація бюрократичних процедур сприяє спрощенню процесів для агробізнесу, дозвіл на використання сільськогосподарської техніки без реєстрації полегшує доступ до необхідних ресурсів. Спрощення імпорту посівних матеріалів дозволяє забезпечити аграрний сектор необхідними ресурсами для вирощування продукції.

Податкові заходи, такі як нульова ставка акцизного податку та зниження розміру ПДВ на пальне, сприяють зменшенню фінансового тиску на агробізнес та підтримці його ефективності. Додатково, введення окремих державних програм, таких як доступні кредити під низький відсоток, грантова підтримка для переробних підприємств і розвитку садівництва, сприяє стимулюванню розвитку аграрного сектору. Альтернативні логістичні мережі для експорту, які пропонує уряд, допомагають уникнути проблем, пов'язаних з блокадою портів. Усі ці заходи спрямовані на підтримку стійкості та розвитку аграрного сектору України в умовах війни.

За підсумками посівної кампанії 2023 року в Україні відбулися зміни в структурі посівів основних сільськогосподарських культур. Найбільша зміна стосувалася площі посівів пшениці, кукурудзи, соняшнику та сої. Площа посівів ярої пшениці залишилася на рівні попереднього року, що може свідчити про стабільність в цьому напрямі. Площа посівів під соняшником скоротилася у порівнянні з минулим роком, але несуттєво, і все ще зберігла високий показник, досягнувши 4 млн 702 тис. га. Водночас, спостерігалось суттєве скорочення площі посівів кукурудзи: у цьому році площа посівів склала 4 млн 639 тис. га, порівняно з 5 млн 500 тис. га торік. Ці зміни в структурі посівів можуть бути обумовлені різними факторами, такими як цінова ситуація на ринку, вимоги споживачів, доступність ресурсів та технологій, а також погодні умови та економічні фактори [5].

Середні ціни рослинництва піддаються сезонним коливанням, причому різні види сільськогосподарських культур можуть мати різний розмах змін цін. Найменший розмах коливань спостерігається у цінах на пшеницю, ячмінь, кукурудзу та насіння соняшника. Це може бути пов'язано з рядом факторів, включаючи стабільність попиту на ці продукти, велику виробничу базу, ефективне управління запасами та інші чинники, які призводять до меншої волатильності цін на ці культури порівняно з іншими.

Белкін І. охарактеризував також фактори непрямого впливу війни на агропродовольчий ланцюжок які у свою чергу також грають важливу роль у складній ситуації, створеній воєнним конфліктом. Ось основні з них:

1) скорочення кількості постачальників виробничих ресурсів: може виникнути через проблеми з логістикою та постачанням, а також через зниження

конкуренції на ринку в результаті втрати певних постачальників через воєнні дії або економічну нестабільність;

2) цінова політика постачальників: може вплинути на витрати агропідприємств на закупівлю необхідних ресурсів, зокрема добрив і кормів. Збільшення цін на ці ресурси може значно підвищити витрати фермерів і знизити їхні прибутки.

Усі ці фактори можуть призвести до збільшення витрат на виробництво для агропідприємств, що в свою чергу може негативно вплинути на їхню прибутковість та стійкість. Для зменшення цього впливу важливо здійснити аналіз ланцюжка постачання, шукати альтернативні джерела ресурсів, вести переговори з постачальниками щодо умов постачання та цін, а також активно впроваджувати стратегії зменшення витрат і оптимізації виробництва [6].

Важливим є відновлення аграрного сектора, що на сучасних засадах відіграє роль каталізатора для активізації розвитку суміжних секторів економіки. Перероблення агропродукції та харчова промисловість, виробництво добрив, аграрне машинобудування, біоенергетика, сегменти ІТ-індустрії, задіяні в цифровізації аграрного виробництва та логістики - усі ці сфери можуть отримати імпульс розвитку через розвиток агросектору. Для цього важливо забезпечити інформування потенційних інвесторів про інвестиційні можливості та привабливість цих галузей. Також необхідно проводити моніторинг та визначення потреб агропідприємств у товарах та послугах суміжних галузей для ефективної співпраці [3]. Створення агропродовольчих кластерів, залучення інвестицій у горизонтальну диверсифікацію агробізнесу та локалізація суміжних виробництв на території України - це також важливі кроки для оптимізації міжсекторної взаємодії і стимулювання розвитку економіки країни. Ці заходи сприятимуть створенню стійкої та інноваційної аграрної галузі, яка не лише задовольнятиме потреби внутрішнього ринку, але й матиме потенціал для конкурентоспроможного виходу на міжнародний ринок.

Вступ до Європейського Союзу (ЄС) звичайно ж є суттєвим кроком у напрямку реконструкції та відновлення агросектору України. Перспектива вступу до ЄС може привернути іноземні інвестиції, оскільки вона створить привабливіші умови для бізнесу та сприятиме розвитку інфраструктури та сільського господарства в цілому. Проте дійсно, варто враховувати, що реформи, які необхідно буде здійснити для вступу до ЄС, можуть обмежити традиційні для України аграрні політики. Це може стосуватися, наприклад, впровадження стандартів якості, безпеки харчових продуктів та дотримання вимог щодо добробуту тварин. Також, Україна може зобов'язатися дотримувати правила конкуренції та обмежити субсидії для агросектору, що може вплинути на деякі аспекти традиційної політики підтримки сільського господарства [7].

Підтримую Логошу Р., який визначив кілька ключових категорій, що потрібно врахувати при відновленні та реконструкції агросектору України. Вони включають:

Реконструкція: заміна та ремонт пошкоджених активів, включаючи потужності для зберігання, пересадку культур, поповнення стада тощо.

Відновлення: надання ресурсів, послуг та преференцій для українських агровиробників з метою підтримки їхнього відновленого виробництва.

Модернізація: впровадження нових технологій та стандартів для підвищення ефективності та конкурентоспроможності.

Відновлення експортної інфраструктури: відбудова та розвиток логістичної системи, яка підтримує експорт сільськогосподарської продукції.

Розмінування та рекультивація сільськогосподарських земель, забруднених внаслідок військового конфлікту.

Полегшення доступу до фінансування для агровиробників, зокрема для малих та середніх фермерських господарств.

Збалансований підхід до підтримки базового агровиробництва та переробки, з метою збільшення доданої вартості продукції.

Врахування реформ, пов'язаних з інтеграцією до ЄС та перспективою вступу України до ЄС.

Розвиток регіонального адміністративного потенціалу для впровадження системи управління та контролю у сільському господарстві.

Ці категорії визначають ключові напрямки та завдання, які необхідно врахувати для успішного відновлення та розвитку агросектору України після військового конфлікту [8].

Таким чином, варто наголосити на тому, що російська агресія проти України спричинила серйозні наслідки для українського аграрного сектору, який до війни був одним із світових лідерів з експорту сільськогосподарської продукції. Військові дії змусили галузь адаптуватися до нових умов, що супроводжуються руйнуванням інфраструктури, втратою доступу до земель, проблемами з логістикою та експортом. Скорочення поставок української агропродукції негативно вплинуло не лише на вітчизняну економіку, а й створило загрози для глобальної продовольчої безпеки.

Війна спричинила значні людські втрати, руйнування виробничих потужностей та екологічні загрози, що ускладнює відновлення аграрного сектору. У цих умовах важливо забезпечити підтримку українському агробізнесу, сприяти його стабільності та створенню умов для розвитку.

Забезпечення продовольчої безпеки як всередині країни, так і на міжнародному рівні потребує спільних зусиль уряду, місцевої влади, бізнесу, громадян та світової спільноти. Український уряд має вжити заходів для захисту та підтримки агропідприємств, розробити ефективні стратегії постачання продовольства на внутрішній ринок і стимулювати виробництво. Місцева влада повинна сприяти відновленню сільськогосподарського виробництва через цільові програми та підтримку ініціатив. Бізнес-середовище має шукати нові шляхи адаптації та забезпечення стабільності роботи в умовах кризи. Громадяни можуть підтримувати вітчизняних виробників, купуючи місцеву продукцію, а міжнародна спільнота – надавати гуманітарну, економічну та політичну підтримку для відновлення українського аграрного сектору.

Спільні дії всіх зацікавлених сторін сприятимуть збереженню та розвитку аграрного сектору України, забезпечуючи його стійкість навіть в умовах воєнного конфлікту.

Список використаної літератури

1. Негрей М., Тараненко А., Костенко І. Аграрний сектор України в умовах війни: проблеми та перспективи. *Економіка та суспільство*. 2020. С. 40
2. Логоша Р.В. Маркетинг-менеджмент у системі управління аграрних підприємств. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2022. № 3 (61). С. 77-91.
3. Белкін, І. В. Аграрний сектор України в умовах війни: проблеми та перспективи розвитку. *Наукові перспективи*. 2024. № 4 (46). С. 484-498.
4. KSE Агроцентр. The total losses from the war in Ukraine's agriculture reached \$4.3 billion USA. (2022). URL: <https://kse.ua/agricultural-war-damagesreview/>
5. Белкін І.В. Дослідження факторів впливу на економічний стан аграрного ринку України в умовах воєнного часу. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2023. Вип. 17. С. 39-43.
6. Белкін І.В. Проблеми стратегічного планування на підприємствах України та можливі шляхи їх подолання. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2022. Випуск 13. С. 72-77
7. Белкін І.В. Професійна підготовка менеджера маркетингових комунікацій на основі ділових ігор. *Інвестиції: практика та досвід*. 2021. № 15. С. 31-37.
8. Логоша Р.В. Особливості управління маркетинговою діяльністю фермерських господарств. *Наука і техніка сьогодні*. 2023. № 11 (25). С. 307-322.

Наталя СИРОТЮК²⁶,

студентка 2 курсу,

ННІ агротехнологій та природокористування
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин

Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВПЛИВ СТРОКІВ СІВБИ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Анотація. У статті розглянуто вплив строків сівби на продуктивність пшениці озимої в умовах Лісостепу. Визначено оптимальні строки сівби, які забезпечують максимальну врожайність та покращують агрономічні

²⁶ Науковий керівник – Амонс С.Е., канд. с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин.

показники культури. Встановлено, що ранні строки сівби сприяють кращому розвитку кореневої системи, але можуть підвищувати ризик ураження хворобами, тоді як пізні строки зменшують потенційну врожайність через недостатній розвиток рослин перед зимівлею. Найвищий рівень продуктивності досягнуто при середньо оптимальних строках сівби, що забезпечують баланс між фазою осіннього розвитку та зимостійкістю. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення технологій вирощування пшениці озимої та підвищення її урожайності в умовах Лісостепу.

Ключові слова: пшениця озима, строки сівби, врожайність, агротехніка, продуктивність, Лісостеп.

Annotation. The article examines the influence of sowing dates on the productivity of winter wheat in the conditions of Forest-steppe. Optimal sowing dates that ensure maximum yield and improve agronomic indicators of the crop are determined. It was found that early sowing dates contribute to better development of the root system, but may increase the risk of disease, while late dates reduce potential yield due to insufficient development of plants before wintering. The highest level of productivity was achieved at medium-optimal sowing dates that provide a balance between the autumn development phase and winter hardiness. The results obtained can be used to improve winter wheat growing technologies and increase its yield in the conditions of Forest-steppe.

Keywords: winter wheat, sowing dates, yield, agricultural technology, productivity, Forest-steppe.

Вступ. Пшениця озима є однією з найважливіших зернових культур в Україні, що забезпечує продовольчу безпеку та формує значну частку врожаю зернових. В умовах Лісостепу ефективність її вирощування значною мірою залежить від строків сівби, які впливають на ріст, розвиток і зимостійкість рослин.

Оптимальні строки сівби дозволяють забезпечити рівномірні та дружні сходи, достатній розвиток рослин перед настанням зимового періоду та формування високої продуктивності. Занадто рання сівба може призвести до переростання рослин, що підвищує їхню чутливість до низьких температур та хвороб. Запізнення зі сівбою, навпаки, обмежує формування вегетативної маси та послаблює стійкість до несприятливих зимових умов.

Актуальність теми зумовлена необхідністю пошуку оптимальних строків сівби для підвищення врожайності пшениці озимої та покращення її адаптації до кліматичних умов зони Лісостепу [1].

Виклад основного матеріалу. Сталий розвиток аграрного сектора України є ключовим пріоритетом, оскільки він забезпечує продовольчу безпеку населення та постачає сировину для промисловості. Україна має значний потенціал у вирощуванні зернових культур, що дозволяє не тільки покривати внутрішні потреби, а й нарощувати експорт, тим самим покращуючи економічні показники держави.

Озимі та ярі зернові культури відіграють важливу роль у підвищенні врожайності та загального обсягу виробництва зерна. Вони є основою продовольчої безпеки та стратегічним джерелом сировини для багатьох виробничих і переробних галузей. Для подальшого зростання врожайності та підвищення якості зерна необхідно постійно вдосконалювати технології його вирощування, застосовуючи сучасні наукові розробки [2].

Формування високопродуктивних посівів озимої пшениці значною мірою залежить від правильної організації сівби, що включає вибір оптимальних строків, норму висіву, якість насіння та виживаність рослин. З огляду на останні тенденції, строки сівби набувають ще більшого значення. Наукові дослідження свідчать, що навіть незначне відхилення від оптимального періоду посіву впливає на ріст і розвиток рослин, їхню здатність витримувати зимові умови та несприятливі фактори середовища, що в кінцевому підсумку може суттєво знизити врожайність.

Багаторічні зміни у термінах сівби демонструють, що в умовах сучасних агротехнологій та кліматичних змін оптимальні строки поступово зміщуються на більш пізні періоди.

Результати досліджень попередніх років підтвердили пряму залежність між строками сівби та рівнем розвитку рослин у осінній період. Перенесення строків сівби твердої озимої пшениці на пізніші терміни спричиняє зменшення її основних біометричних параметрів, таких як висота та маса рослин, кількість стебел і вузлових коренів.

Найкращий розвиток озимі культури демонструють за ранньої сівби (10 вересня). Найвища врожайність усіх досліджуваних сортів пшениці озимої була отримана при посіві 5 жовтня. Запізнення з сівбою до 15 та 25 жовтня призводило до зниження урожайності на 37,6% та 53,2% відповідно порівняно із сівбою 5 жовтня.

Враховуючи зміну кліматичних умов та вдосконалення агротехнологій, надзвичайно актуальною є розробка та оптимізація технологій вирощування озимої пшениці, що дозволять максимально реалізувати її біологічний потенціал у різних кліматичних умовах.

Метою дослідження вчених було вивчення впливу строків сівби на ріст, розвиток рослин та формування продуктивних агрофітоценозів озимої пшениці в умовах Лісостепу.

Дослідження проводилися науковцями у період 1999–2018 рр. на експериментальному полі сільського господарства. Ділянки розташовувалися на дерново-середньопідзолистих супіщаних ґрунтах. Ґрунтові характеристики включали: вміст гумусу (за Тюрнімом) – 0,9–1,01%, легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 34,5–37,2 мг/кг ґрунту, рухомих форм фосфору (за Кірсановим) – 69–84 мг/кг, обмінного калію (за Кірсановим) – 60–74 мг/кг, рівень кислотності рН_{сол} – 4,5–5.

За основу бралися чотири варіанти строків сівби: 10 вересня, 20 вересня, 30 вересня та 10 жовтня. Площа ділянки становила 32 м², облікова площа – 28,8 м². Повторність дослідів – триразова.

Технологія вирощування озимої пшениці відповідала стандартним методикам для регіону Лісостепу. Використовувалися рекомендовані для цієї зони інтенсивні вітчизняні сорти пшениці. Фон удобрення – N60P60K60. Захист рослин включав протруєння насіння перед сівбою та обприскування посівів на 29-му етапі органогенезу баковою сумішшю гербіцидів і фунгіцидів.

Листкову поверхню визначали методом висічок, а врожайність зерна обліковували шляхом збирання і зважування врожаю з кожної ділянки. Обробку експериментальних даних здійснювали за допомогою дисперсійного аналізу із застосуванням спеціалізованих програм.

Сівба є ключовим етапом агротехнічного процесу, який значною мірою впливає на швидкість появи сходів, їхню повноту та подальший розвиток культури. Взаємозв'язок між строками сівби озимої пшениці та її адаптаційною поведінкою визначається рівнем відхилення умов вегетації від оптимальних показників.

Одним із головних факторів, що визначають сприятливість умов у осінній період, є температурний режим. Саме він впливає на хід вегетації озимих культур і визначає їхній майбутній урожай. Для озимої пшениці вважаються оптимальними такі середньодобові температурні показники під час різних фаз росту:

- Від сівби до появи сходів: $14 \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Від сходів до куціння: $15 \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Від куціння до виходу в трубку: $9 \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Від виходу в трубку до колосіння: $16 \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Від колосіння до повної стиглості: $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

На основі спостережень, що проводилися у період з 1999 по 2018 рр., було встановлено, що середньодобова температура повітря у фазі «сівба – сходи» перебуває в межах оптимальних значень у разі проведення сівби між 10 та 20 вересня. Якщо ж сівбу виконують 10 жовтня, температурні показники зменшуються приблизно вдвічі порівняно з вересневими строками, що може мати значний вплив на подальший ріст і розвиток рослин.

Температурний режим у період від сівби до появи сходів пшениці озимої залежав від строку посіву. Так, за висіву 10 вересня середньодобова температура повітря становила $14,0^{\circ}\text{C}$. При більш пізньому висіві цей показник знижувався: до $13,2^{\circ}\text{C}$ при сівбі 20 вересня, $10,1^{\circ}\text{C}$ при сівбі 30 вересня і $6,9^{\circ}\text{C}$ при висіві 10 жовтня. Таким чином, щоденне зменшення температури при зміщенні строків сівби складало від $0,4$ до $0,7^{\circ}\text{C}$.

З пониженням температури змінювалася і сумарна теплозабезпеченість рослин упродовж осінньої вегетації. Визначено, що за сівби 10 жовтня кількість накопичених ефективних температур (вище 5°C) була меншою на $316,4^{\circ}\text{C}$ порівняно з висівом 10 вересня. Це означає, що щодня рослини при пізнішій сівбі отримували на $11,7^{\circ}\text{C}$ тепла менше, що суттєво впливало на їхній подальший розвиток.

Температурні умови, за достатньої вологості ґрунту, є вирішальним фактором у тривалості періоду від сівби до сходів. У спостереженнях при посіві

10 вересня сходи з'являлися через 8 днів. При зсуві строків сівби на 10 днів період появи сходів подовжувався і складав від 12 до 19 днів.

Щодо забезпечення вологою, запаси продуктивної вологи в орному шарі дерново-підзолистого ґрунту варіювали в межах 26,8–35,7 мм, що становило 89,3–119% від оптимального рівня (30 мм).

Рослини, висіяні у ранні строки (10 та 20 вересня), до моменту припинення вегетації перебували у фазі кущіння, формували по 3–6 стебел, мали висоту 15,7–19,6 см. Маса надземної частини 100 рослин складала 165,8 та 72,2 г, а середня кількість листків на рослину – 10,2 та 8,6 відповідно.

У рослин пізніших строків сівби (30 вересня – 10 жовтня) розвиток відбувався повільніше, вони залишалися у фазі сходів. Маса надземної частини 100 рослин становила 11,9–39,5 г, а кореневої системи – 1,8–4,6 г.

Період становлення фотосинтетичного апарату, кореневої системи та інших адаптивних структур є також одним із ключових етапів у формуванні врожайності культури. Саме на цьому етапі закладається потенціал продуктивності рослини. Для досягнення високих показників урожайності важливо, щоб восени до завершення вегетації рослина утворила 3–4 пагони. Данні багаторічні дослідження показують, що такі параметри продуктивного кущіння характерні для пшениці, висіяної 10 вересня (3,5 шт.). Натомість при сівбі 10 жовтня восени кущіння не відбувається, що в подальшому призводить до формування слабких і малопродуктивних пагонів навесні.

Оптимальні строки сівби доцільно визначати, орієнтуючись на кількість пагонів кущіння, що утворюються до завершення осінньої вегетації [5].

Під час досліджень, присвячених визначенню оптимальних строків сівби, увага була зосереджена не лише на розвитку надземної частини рослин, а й на формуванні їх кореневої системи. Встановлено, що найбільш розвинена коренева система в озимій пшениці формується при сівбі 10 вересня, досягаючи маси 21,4 г на 100 рослин. Якщо ж посів проводиться у період з 20 вересня по 10 жовтня, маса кореневої системи значно зменшується. У результаті рослини з менш розвиненим корінням не здатні ефективно засвоювати вологу з глибших шарів ґрунту, що критично під час посушливих умов.

Осінній вегетаційний період відіграє важливу роль у підготовці озимих культур до зимівлі, оскільки саме в цей час закладається їхня зимо- та морозостійкість. Упродовж осені рослини мають накопичити достатній рівень природних захисних речовин, зокрема цукрів, які запобігають пошкодженню клітин від утворення кристалів льоду в зимовий період.

Вміст цукру в озимих культурах змінюється залежно від термінів посіву, коливаючись у межах 5,6–8,7%. Найвищий рівень накопичення спостерігався у рослин, висіяних 10 вересня, тоді як найнижчий — у посівах 10 жовтня. Відповідно, рослини з більш раннім строком сівби демонстрували вищий рівень морозостійкості.

Також виявлено сильну кореляцію ($r=0,95$) між вмістом цукрів у рослинній масі та сумою ефективних температур. Сприятливі умови для активного

фотосинтезу сприяють інтенсивному накопиченню цукрів у клітинах, що є ключовим чинником успішної перезимівлі озимих культур.

Продуктивність озимих зернових культур залежить від особливостей їхнього росту, розвитку та ефективності роботи фотосинтетичного апарату. Визначальними факторами є тривалість вегетаційного періоду та активність листової поверхні, яка виконує основну функцію у процесі фотосинтезу.

Одним із ключових показників фотосинтетичної активності зернових культур є площа листової поверхні. Технологічні прийоми вирощування мають значний вплив на її формування. Зокрема, строки сівби озимих зернових культур створювали різні умови для їхнього розвитку, що безпосередньо відобразилося на розмірах асиміляційної поверхні рослин.

Оптимальні умови для формування асиміляційного листового апарату рослин склалися при висіві у період з 10 по 30 вересня. Процес розвитку асиміляційної поверхні значною мірою залежав від строків сівби та погодних факторів, що надавало йому індивідуальних особливостей. Так, у фазі виходу в трубку цей показник для озимої пшениці коливався в межах 24,5–35,5 тис. м²/га залежно від термінів висіву.

Максимальне значення площі листової поверхні пшениця озима досягала у фазі колосіння. В середньому за роки спостережень площа листя на цьому етапі становила від 37,7 до 43,8 тис. м²/га, змінюючись залежно від строків висіву. Надалі, на завершальних етапах органогенезу, відбувалося поступове скорочення асиміляційної поверхні через відмирання нижніх, а потім і верхніх листків.

Сповільнення наростання площі листового апарату після колосіння (VIII етап органогенезу) пояснюється природним старінням рослин. На XI етапі органогенезу (період молочної стиглості зерна) площа листя значно зменшувалася порівняно з показниками V–VII етапів, досягаючи 14,5–17,3 тис. м²/га. При пізніх строках висіву спостерігалось ще більш виражене зменшення площі листової поверхні, що пов'язано з гіршим розвитком рослин у порівнянні з тими, що висівалися в оптимальні терміни [3].

Терміни сівби відіграють ключову роль у технології вирощування озимої пшениці, значною мірою впливаючи на рівень урожайності. Аналіз даних за 1999–2018 роки свідчить про те, що погодні умови мають істотний вплив на формування врожаю.

Упродовж періоду досліджень урожайність озимої пшениці варіювалася від 0,77 до 5,96 т/га. Найнижчий показник був зафіксований у 2007 році при сівбі 10 жовтня. Такий результат пояснюється несприятливими погодними умовами весняно-літнього періоду, коли рослини зазнали гідротермічного стресу. Дефіцит опадів (57% від середньої норми), підвищена температура (141% від норми) та недостатній рівень продуктивної вологи в ґрунті (18% від норми) у критичні фази розвитку (від виходу в трубку до колосіння) призвели до зниження кількості зерен у колосі та утворення щуплого, недорозвиненого зерна [4].

Висновки. Найвищий рівень урожайності (5,96 т/га) було зафіксовано при сівбі 10 вересня. Цьому сприяли оптимальні погодні умови осені 2007 року та

весняно-літнього періоду 2008 року, які забезпечили активний ріст і розвиток рослин.

Аналіз результатів досліджень за 20-річний період показав, що найбільша врожайність озимої пшениці (3,56 т/га) спостерігалася при сівбі 10 вересня. При висіві 20 та 30 вересня, а також 10 жовтня, середній рівень урожайності знижувався на 0,30 т/га (8,4%), 0,57 т/га (16%) і 1,02 т/га (28,7%) відповідно, якщо порівнювати з першою датою сівби.

Варто зауважити, що в умовах несприятливого метеорологічного фону 2007 року врожайність озимої пшениці при пізньому висіві (10 жовтня) скоротилася майже втричі порівняно з показниками ранньої сівби (10 вересня).

На основі даного довготривалого дослідження проведеного вченими, можна зробити висновок, що строки сівби мають важливе значення для вирощування озимих культур, їх подальшого врожаю. Але також не слід забувати про інші важливі умови такі як волога, тепло, витривалість висіяного насіння, агротехнологічні та хімічні заходи, які є не менш важливими.

Список використаної літератури

1.Басанець О. Технології вирощування озимої пшениці етапи, нюанси та відмінності залежно від регіон. *SuperAgronom*. 28.08.2019.

URL:<https://superagronom.com/articles/290-tehnologiya-viroshchuvannya-ozimoyipshenitsi-etapi-nyuansi-ta-vidminnosti-zalejno-vid-regionu> (дата звернення 06.03.2025). 2.Іванюк В.А, Вега Н.І. Стан розвитку озимих культур в осінній період. *Агро Еліта*. 17.12.2023.URL:<https://agroelita.info/stan-rozvytku-ozymykh-kultur-vosinni-period/> (дата звернення 08.03.2025).

3.Фази розвитку зернових і процес формування врожаю. *Агроном*.28.11.2020. URL:<https://www.agronom.com.ua/fazy-rozvytku-zernovyh-iprotses-formuvannya-vrozhayu/> (дата звернення 09.03.2025 р.)

4. Ткачук В.П., Тимушук Т.М. Вплив строків сівби на продуктивність пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2020, №3 (804). с.38-44.

5.Хаблак С. Алгоритми вирощування пшениці озимою. *Агробізнес Сьогодні*. 16.08.2021. URL:<https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiiasohodni/item/22442-alhorytmy-vyroshchuvannia-ozymoi-pshenytsi.html> (дата звернення 13.03.2025 р.)

Олег ТАЛАНОВ²⁷
студент 2 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ВПЛИВ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

***Анотація.** Зміна клімату є однією з найбільших загроз, з якими стикається сучасне сільське господарство. Підвищення температури, зміни режиму опадів, збільшення частоти екстремальних погодних явищ і підвищення концентрації вуглекислого газу мали значний вплив на врожайність основних сільськогосподарських культур. У цій статті досліджуються основні чинники зміни клімату, його вплив на продуктивність сільськогосподарських культур, стратегії адаптації фермерів і перспективи розвитку сталого сільського господарства.*

***Ключові слова:** температура, зміна клімату, втрата поживних речовин, інноваційні методи поливу.*

***Annotation.** Climate change is one of the biggest threats facing modern agriculture. Rising temperatures, changing precipitation patterns, more extreme weather events, and rising carbon dioxide concentrations have had a significant impact on the yields of major crops. This article examines the main drivers of climate change, its impact on crop productivity, farmers' adaptation strategies, and prospects for the development of sustainable agriculture.*

***Keywords:** temperature, climate change, nutrient loss, innovative irrigation methods.*

Вступ. Сільське господарство безпосередньо залежить від погодних умов, тому зміна клімату значно впливає на сільськогосподарське виробництво. В останні десятиліття середньорічна температура підвищилася, а водний баланс порушився, що поставило перед фермерами нові проблеми. Традиційні методи землеробства не завжди забезпечують стабільну продуктивність за мінливих умов. Тому існує нагальна потреба у впровадженні нових технологій та стратегій адаптації. Метою даної роботи є всебічний аналіз впливу зміни клімату на врожайність сільськогосподарських культур і запропонувати сучасні методи адаптації в сільськогосподарському секторі. Основні фактори зміни клімату та їхній вплив на виробництво Підвищення середньорічної температури

Підвищення температури має як позитивні, так і негативні наслідки. У північних регіонах потепління може продовжити вегетаційний період,

²⁷ Науковий керівник – Колісник О. М., доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

дозволяючи висаджувати нові культури. Однак у південних регіонах високі температури можуть викликати:

- Прискорюється процес дозрівання рослин, знижується якість і кількість врожаю.
- Підвищене випаровування води призводить до посухи.
- Фізіологічний стрес у рослин може негативно вплинути на фотосинтез і ріст.

Зміни режиму опадів

Проблема нерівномірного розподілу опадів стає все більш серйозною:

- Посуха на критичних етапах росту рослин може знизити врожайність.
- Надмірна кількість опадів викликає затоплення, що призводить до загибелі коренів і виникнення грибкових захворювань.
- Втрата поживних речовин ґрунту, що призводить до зниження родючості ґрунту.

Зростання екстремальних погодних явищ

Екстремальні погодні умови, такі як урагани, град, мороз і високі температури, безпосередньо впливають на виробництво:

- Град може пошкодити листя і стебла рослин.
- Бурі викликають ламання стебел високих рослин, наприклад кукурудзи.
- Незвичайні заморозки можуть погубити сходи, що особливо небезпечно для теплолюбних рослин.

Підвищення рівня вуглекислого газу в атмосфері.

Хоча підвищення рівня вуглекислого газу може прискорити фотосинтез, цей ефект не завжди компенсує негативний вплив високих температур і вологості:

- Підвищені концентрації CO² знижують вміст протеїну та поживних речовин у культурах.
- Зміни в складі рослини можуть вплинути на її здатність протистояти хворобам.

Поширення шкідників і хвороб.

У міру підвищення температури поширення багатьох паразитів і хвороботворних мікроорганізмів зміниться:

- Нові види шкідників можуть люто атакувати традиційні культури.
- Підвищена вологість сприяє розвитку грибкових захворювань і призводить до втрати врожаю.

Шляхи адаптації та зменшення негативних впливів

Використовуйте стійкі до хвороб сорти та гібриди

Сучасні методи селекції дозволили вивести сорти рослин, стійкі до посухи, спеки та хвороб. Генетична модифікація та традиційне розведення можуть допомогти підвищити стійкість рослин до зміни клімату.

Впровадження технології точного землеробства.

Сучасні технології дозволяють:

- Використовуйте датчики вологості для оптимізації зрошувальних систем.
- Автоматизуйте внесення добрив відповідно до вимог ґрунту.

- Використовуйте супутниковий моніторинг для прогнозування ризиків і оперативного реагування на зміни погоди. Оптимізувати систему поливу

Інноваційні методи поливу, такі як крапельне зрошення та системи збереження вологи (мульчування, агроволокно) допомагають зменшити втрати води та забезпечити оптимальні умови для росту рослин. Різноманітність рослин і сівозмінна. Використання різноманітних систем вирощування може зменшити ризик несприятливих умов:

- Різноманітність культурних рослин сприяє збереженню поживних речовин у ґрунті.

- Чергування культур допомагає знизити ризик поширення хвороб і шкідників.

Агролісотехнічні та інші агротехнічні заходи

Практика агролісомеліорації, створення вітрозахисних смуг і використання органічних поправок може допомогти зберегти родючість ґрунту та зменшити ерозію.

Приклади успішного впровадження адаптивної технології.

У моїй країні активно просувається та застосовується технологія No-till. Вони допомагають утримувати вологу, зменшувати корозію та підтримувати оптимальний мікробіом ґрунту. Ці заходи можуть допомогти зменшити негативний вплив посухи та підвищити стійкість сільськогосподарських систем.

У Канзасі та Небрасці фермери використовують високотехнологічні зрошувальні системи, оснащені датчиками вологи та супутниковим моніторингом. Це може зменшити споживання води на 30-50% і збільшити врожайність за рахунок більш точного управління ресурсами.

Індійські фермери поєднують традиційні методи землеробства з сучасними технологіями. Застосування агроволокна, біостимуляторів і нових методів зрошення дозволяють зберегти вологу в умовах частих посух, сприяючи стабільному збору врожаю.

Зміна клімату не тільки впливає на врожайність, але й має значні соціально-економічні наслідки. Зменшення виробництва призводить до підвищення цін на сільськогосподарську продукцію, що, у свою чергу, створює проблеми продовольчої безпеки, особливо для країн, які залежать від імпорту продовольства. Фермери змушені більше інвестувати в адаптаційні заходи, що впливає на їх прибутковість.

Інновації та дослідження

Незважаючи на значні виклики, зміна клімату стимулює розвиток інноваційних сільськогосподарських технологій. Розробка нових методів прогнозування погоди, використання штучного інтелекту для аналізу даних і використання генетичних методів для виведення стійких сортів відкривають нові можливості для адаптації в сільськогосподарському секторі. Роль державної підтримки

Активна державна підтримка має вирішальне значення для впровадження адаптаційних заходів. Схеми субсидій, проекти підтримки та партнерство між

органами влади, дослідницькими центрами та агробізнесом можуть допомогти сільськогосподарським системам ефективно адаптуватися до нових умов.

Висновок. Зміна клімату є складною проблемою, яка значно впливає на врожайність. Хоча високі температури, нерівномірний розподіл опадів, екстремальні погодні умови та поширення шкідників створюють значні проблеми, сучасні технології та стратегії адаптації можуть допомогти мінімізувати негативний вплив. Використання стійких сортів, впровадження точного землеробства, оптимізація зрошення та інноваційних агротехнічних методів допомогли зберегти врожайність в аграрному секторі. Державне фінансування та дослідження можуть допомогти забезпечити стійкість сільського господарства в умовах зміни клімату.

Список використаної літератури

1. Міжурядова група експертів зі зміни клімату. 2021. Зміна клімату: фізичні наукові основи. Cambridge University Press, 2021.
2. ФАО. Вплив зміни клімату на сільське господарство. Рим, 2020.
3. Гідрометцентр України. Зміна клімату та її вплив на сільське господарство України. Київ, 2023.
4. Лобелл Д. Б. і Берк М. Б. «Зміна клімату та продовольча безпека», 2019 р.
5. ФАО. Адаптація сільського господарства до зміни клімату: стратегія сталого зростання, 2022.
6. Портер, Дж. Р. і Семенов, М. А. «Реакція культур на зміну клімату: огляд біофізичних і соціально-економічних аспектів» Сільськогосподарські системи, 2020.
7. Хетфілд, Дж. Л. та Прюгер, Дж. Х. «Екстремальні температури: вплив на ріст і розвиток рослин». Екстремальні погодні умови та клімат, 2019 р.
8. Palamarchuk V.D., Doronin V.A., Kolisnyk O.M., Aliksieiev O.O. (2022). Osnovy nasinnieznavstva (teoriia, metodolohiia, praktyka): monohrafiia [Basics of seed science (theory, methodology, practice): monograph]. Vinnytsia: TOV Druk. 392. [in Ukrainian].
9. Kolisnyk O.M., Kolisnyk O.O., Vatamaniuk O.V., Butenko A.O. (2020). Analysis of strategies for combining productivity with disease and pest resistance in the genotype of base breeding lines of maize in the system of diallele crosses. *Modern Phytomorphology* 14: 49-55. [in English].
10. Kolisnyk O.M., Onopriienko V.P., Onopriienko I.M., Kandyba N.M., Khomenko L.M., Kyrychenko T.O., Tymchuk D.S., Tymchuk N.F. (2020). Study of correlations between yield inheritance and resistance of corn self-pollinating lines and hybrids to pathogens. *Ukrainian Journal of Ecology*. Vol. 10, No 1. P. 220-225. [in English].
11. Khodanitska O.O., Kolisnyk O.M. The use of growth stimulants in the practice of crop production. *Materials XVI international science - practical conference of modern science* (Prague, 22-30 January 2020) r. 4. [SN Prague].

Олександр ТКАЧ²⁸,
студент 1 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

БОРЩІВНИК СОСНОВСЬКОГО: БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА СУЧАСНІ МЕТОДИ БОРОТЬБИ

Анотація. У даній статті розглянуто біологічні особливості борщівника Сосновського, його адаптаційні властивості до різних умов середовища, а також фактори, що сприяють його швидкому розповсюдженню. Оцінено шкоду, яку цей інвазійний вид завдає природним екосистемам, сільському господарству та біорізноманіттю. Розроблено систему комплексних заходів для ефективного контролю за його поширенням на неорних землях, зокрема використання гербіцидів, агротехнічних і механічних методів. Визначено, як ці методи впливають на зменшення чисельності борщівника, що дозволяє оптимізувати стратегії боротьби з інвазією в агросекторах і природоохоронній діяльності.

Ключові слова: борщівник Сосновського, інвазійний вид, хімічні методи, гербіциди, біорізноманіття, екосистема.

Annotation. This article examines the biological features of Sosnovsky's borsch, its adaptive properties to various environmental conditions, as well as factors contributing to its rapid spread. The damage that this invasive species causes to natural ecosystems, agriculture, and biodiversity is assessed. A system of comprehensive measures has been developed to effectively control its spread on nonarable land, including the use of herbicides, agrotechnical and mechanical methods. It was determined how these methods affect the reduction of the number of borscht, which allows to optimize the strategies of combating invasion in agricultural sectors and nature protection activities.

Keywords: Sosnovsky's borage, invasive species, chemical methods, herbicides, biodiversity.

Вступ. Борщівник Сосновського (*Heracleum sosnowskyi*) є одним із найнебезпечніших інвазійних видів, що завдає значної шкоди як природним екосистемам, так і сільському господарству. Будучи чужорідною для української флори рослиною, він стрімко поширюється завдяки високій насіннєвій продуктивності та здатності до вегетативного розмноження. Особливу небезпеку становлять фуранокумарини, які містяться в його тканинах та можуть викликати серйозні опіки шкіри при контакті. Окрім загрози для здоров'я людей і тварин,

²⁸ Науковий керівник – Яковець Л.А. кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

борщівник сприяє деградації природних угідь, пригнічуючи місцеві види рослинності та змінюючи біогеохімічні процеси в ґрунті.

В останні десятиліття борщівник Сосновського набув значного поширення на нерозорних землях, уздовж доріг, на луках і покинутих полях. Його агресивна експансія ускладнює ведення сільського господарства та знижує продуктивність пасовищ. Традиційні методи боротьби, такі як механічне скошування, часто виявляються малоефективними, оскільки рослина швидко відростає і продовжує розмноження. Хімічні методи, зокрема застосування гербіцидів на основі гліфосату, демонструють високу ефективність, проте мають низку екологічних обмежень.

Дослідження свідчать про ефективність як агротехнічних, так і хімічних методів контролю борщівника, проте питання їх комплексного поєднання залишається недостатньо вивченим. Більшість сучасних стратегій зосереджуються на застосуванні окремих заходів, що не завжди дає змогу досягти довготривалого ефекту. Зокрема, недостатньо досліджені комбіновані стратегії, які б дозволяли мінімізувати негативний вплив хімічних речовин на довкілля, водночас забезпечуючи знищення не лише надземної частини рослини, а й її кореневої системи.

Таким чином, проблема контролю борщівника Сосновського потребує подальшого дослідження, спрямованого на розробку ефективної системи заходів, яка б враховувала екологічні, економічні та агротехнічні аспекти [1, 2, 4].

Виклад основного матеріалу. Борщівник Сосновського (*Heracleum sosnowskyi*) – це інвазійна багаторічна рослина, яка належить до родини зонтичних (*Ariaceae*). Вид отримав свою назву на честь російського ботаніка Дмитра Сосновського, який вивчав цю культуру. Завдяки високій біомасі, швидкому росту та стійкості до несприятливих умов ця рослина здавалася перспективною для сільського господарства. Однак її неконтрольоване поширення швидко зробило її однією з найагресивніших інвазійних рослин в Європі.



Рис. 1. Борщівник Сосновського (*Heracleum sosnowskyi*) [1]

На сьогодні борщівник поширений у більшості регіонів України, особливо в Поліссі та Лісостепу, де кліматичні умови сприятливі для його росту. Він займає узбіччя доріг, пустирі, береги річок і покинуті сільськогосподарські землі. Через свою здатність швидко розмножуватися та пригнічувати місцеву

рослинність борщівник є серйозною загрозою для екосистем і сільськогосподарських угідь.

Морфологічні характеристики. Борщівник Сосновського є потужною трав'янистою рослиною, що може досягати 3,5 метрів у висоту. Його стебло товсте, порожнисте, із фіолетовими плямами та жорсткими волосками. Листя велике, розсічене, з характерними загостреними краями, що може сягати 2 метрів у довжину.

Коренева система стрижнева, з глибоким проникненням у ґрунт, що ускладнює механічне видалення рослини. Суцвіття зонтичне, діаметром до 80 см, складається з дрібних білих квіток. Одна рослина може продукувати до 100 тисяч насінин, які залишаються життєздатними у ґрунті 5-7 років, що значно ускладнює боротьбу з цим бур'яном.

Умови, що сприяють розмноженню. Борщівник добре росте на родючих ґрунтах із рН 5,5-7,0. Він потребує вологих умов, а в посушливих районах його ріст дещо сповільнюється. Важливо зазначити, що борщівник світлолюбний і погано переносить затінення, тому він активно розростається на відкритих місцевостях [1, 2]. Негативний вплив на екосистеми та сільське господарство.

Борщівник агресивно витісняє природну рослинність, порушуючи екологічний баланс. Його густі зарості унеможливають ріст інших рослин, зменшуючи біорізноманіття. Крім того, борщівник є токсичним: його сік містить фурокумарини, що під впливом ультрафіолетового випромінювання викликають важкі опіки шкіри, які можуть загоюватися кілька місяців.

У сільському господарстві борщівник є серйозним конкурентом для культурних рослин, оскільки він забирає багато вологи та поживних речовин із ґрунту. Його розповсюдження призводить до зниження продуктивності угідь і збільшення витрат на їх обробку.

Методи боротьби з борщівником:

1. Механічні методи: Скошування борщівника без подальших заходів не забезпечує повного знищення, оскільки рослина швидко відростає. Дослідження показують, що ефективність методу підвищується при багаторазовому скошуванні (не менше 4 разів за сезон), особливо перед фазою цвітіння.

Викопування кореневої системи: Коренева система борщівника залягає на глибину до 2 метрів, тому його видалення вручну є складним завданням. Рекомендується відкопувати корінь не менше ніж на 15-20 см, щоб знищити точки росту [2].

2. Агротехнічні заходи: Використання багаторічних трав і культур із густою вегетацією (наприклад, люцерни) може пригнічувати ріст борщівника за рахунок створення тіньового покриву [4].

3. Хімічні методи: Хімічна боротьба вважається найбільш ефективною, особливо за використання гербіцидів:

- Раундап (гліфосат) – 6,0 л/га.
- Банвел (дикамба) – 0,8 л/га.
- Магнум (метсульфурон-метил) – 0,010 кг/га.
- Комбіновані схеми: Раундап + Банвел, Раундап + Магнум[3].



Рис. 2. Методи боротьби з Борщівником Сосновського [6]

Дослідження науковців, показали, що найкращі результати дають саме комбіновані схеми, які забезпечують 100% знищення надземної частини та пригнічення кореневої системи.

Аналіз отриманих результатів. Результати досліджень свідчать, що найефективнішими методами боротьби є комбіновані гербіцидні обробки:

- Раундап + Банвел (6,0 + 0,8 л/га) – забезпечують повне знищення рослин без повторного відростання.
- Раундап + Магнум (6,0 + 0,010 кг/га) – також продемонстрували високу ефективність.

Недоліки та перспективи покращення.

Механічні методи ефективні лише при систематичному застосуванні. Хімічні методи можуть призводити до забруднення ґрунтів, тому рекомендується поєднання механічних та хімічних заходів.

1. Найефективніший метод – комбіноване застосування гербіцидів після попереднього скошування.

2. Механічні методи дають результат лише за системного застосування.

3. Для довгострокового контролю борщівника необхідно розробляти комплексні програми, що включають механічне, хімічне та агротехнічне управління [3-6].

Висновок. У результаті проведеного дослідження встановлено, що борщівник Сосновського є одним із найбільш агресивних інвазійних видів рослин, який швидко поширюється завдяки високій продуктивності насіння, потужній кореневій системі та здатності до вегетативного розмноження. Його біологічні особливості, такі як швидкий ріст, висока адаптивність до різних умов середовища та пригнічення місцевої рослинності, роблять цей вид серйозною загрозою для природних екосистем та сільського господарства.

Аналіз основних методів боротьби з борщівником Сосновського дозволив визначити, що найефективнішою стратегією є комплексний підхід, який включає механічні, агротехнічні та хімічні методи. Механічне видалення (скошування та викопування кореневої системи) може бути ефективним лише за умови багаторазового застосування протягом сезону. Агротехнічні методи, такі як засівання багаторічними травами та покривними культурами, сприяють природному витісненню борщівника за рахунок створення конкуренції за світло і поживні речовини. Дослідження ефективності хімічних методів показало, що найкращих результатів досягнуто при комбінованому застосуванні гербіцидів, зокрема препаратів на основі гліфосату (Раундап) у поєднанні з дикамбою (Банвел) або метсульфурон-метилом (Магнум). Самостійне використання окремих гербіцидів часто не забезпечує повного знищення рослин, оскільки борщівник може відновлюватися з підземних бруньок.

Таким чином, для довгострокового контролю борщівника Сосновського необхідно застосовувати поєднання різних методів боротьби, адаптуючи їх до конкретних умов зростання бур'яну. Важливим елементом є постійний моніторинг заселених територій, адже навіть незначна кількість життєздатного насіння може призвести до повторного заселення площ.

Перспективи подальших досліджень.

Подальші наукові дослідження повинні бути спрямовані на:

- Вивчення ефективності біологічних методів боротьби, зокрема використання природних конкурентів борщівника або фітопатогенних грибів, що можуть інгібувати його ріст. Розробку екологічно безпечних хімічних засобів, які мають селективну дію на борщівник і не шкодять корисним рослинам та мікрофлорі ґрунту.
- Оцінку довгострокових екологічних наслідків застосування гербіцидів на природні та агроєкосистеми.
- Адаптацію методів боротьби до кліматичних змін, з урахуванням можливих змін у біології борщівника в умовах підвищення середньорічних температур.

Комплексний підхід до боротьби з борщівником Сосновського має ключове значення для збереження біорізноманіття, підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь і зниження екологічних ризиків, пов'язаних із його поширенням.

Список використаної літератури

1. Борщівник Сосновського. URL: <https://uk.m.wikipedia.org/wiki/%D0%91>
(дата звернення 06.03.2025).
2. Макух Я. П., Ременюк С.О., Мошківська С.В. Біологічні особливості та шляхи контролювання борщівника Сосновського. Карантин і захист рослин. 2014. с.31-32.
3. Трибель С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П., Іващенко О.О. Методика випробування і застосування пестицидів. К.: Світ, 2001. 448 с.

4. Бурда Р.І. Антропогенна трансформація флори. К.: Наук. думка, 2010. с.168.
5. Іващенко О.О. Зелені сусіди. К.: Фенікс, Колобіг, 2013. с.480.
6. Борщівник Сосновського та відповідальність за невжиття заходів по боротьбі з ним. URL:<https://zakarpatska.land.gov.ua/borshhivnyk-sosnovskogo-tavidpovidalnist-za-nevzhyttya-zahodiv-po-borotbi-z-nym/> (14.03.2025).

Максим ШЕСТОПАЛЬКО²⁹,
студент 1 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ. ПІДВИЩЕННЯ ЇХ РОДЮЧОСТІ

***Анотація.** У даній статті досліджуються характеристики та властивості різних типів ґрунтів, що є характерними для території України, зокрема чорноземів, каштанових ґрунтів, лісових та болотних ґрунтів. Особлива увага приділяється проблемі підвищення родючості ґрунтів та методам її вирішення. Стаття розглядає різні підходи до цієї проблеми, включаючи агротехнічні заходи, використання органічних та мінеральних добрив, екологічні аспекти та агроінженерні рішення. Дослідження засноване на аналізі наукових джерел та практичного досвіду, що робить його цінним ресурсом для розуміння сучасного стану та перспектив розвитку ґрунтів на території України.*

***Ключові слова:** вологість ґрунту, безполіцеве розпушування, водопроникність, випаровування, врожайність, посіви польових культур, агротехнології, оптимізація, посушливі умови, обробіток ґрунту.*

***Annotation.** This article examines the characteristics and properties of different types of soils, which are characteristic of the territory of Ukraine, in particular, chernozems, chestnut soils, forest and swamp soils. Special attention is paid to the problem of increasing soil fertility and methods of solving it. The article examines various approaches to this problem, including agrotechnical measures, the use of organic and mineral fertilizers, environmental aspects and agro engineering solutions. The study is based on the analysis of scientific sources and practical experience, which makes it a valuable resource for understanding the current state and prospects of soil development in Ukraine.*

²⁹ Науковий керівник – Поліщук М.І., канд. с.-г. н. доц. кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії

Keywords: soil moisture, no-till loosening, water permeability, evaporation, yield, field crops, agrotechnologies, optimization, arid conditions, soil tillage.

Вступ. Ґрунти України, що є однією з найбільш аграрних країн у світі, відіграють важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки та сталого розвитку сільського господарства. Характеристика та властивості цих ґрунтів є ключовими для розуміння їх потенціалу та визначення шляхів підвищення родючості. Сучасна економічна та екологічна ситуація ставить перед українським сільським господарством складні завдання, серед яких підвищення родючості ґрунтів займає важливе місце. Необхідно звернути увагу на актуальність дослідження характеристик та властивостей ґрунтів України та необхідність розвитку ефективних стратегій для підвищення їх родючості.

Механічний склад ґрунту:

Ґрунт є основним середовищем для росту рослин, а його механічний склад значною мірою визначає його агрономічні властивості. Текстура ґрунту відображає співвідношення між частками різного розміру – піском, мулом та глиною. Від цього залежать такі важливі характеристики, як вологоутримна здатність, повітропроникність, структура та родючість.

За розміром часток ґрунти поділяються на:

- **Піщані Ґрунти.** У піщаних ґрунтах переважає високий вміст піску, невелика частка глинистих мінералів і низький вміст гумусу. Істотним недоліком піщаної землі є мізерне біологічне життя в них, оскільки ґрунтовим мікроорганізмам не вистачає вологи і поживних речовин. Це неминуче призводить до нестачі в рослинах активних і поживних речовин. У таку землю доводиться частіше вносити органічні добрива, які стають мало не єдиним джерелом живлення рослин. Але і це не завжди дає бажаний ефект, так як добрива швидко розкладаються з водою, легко потрапляють в піщані землі, а розчинені в ньому просто вимиваються, переходячи безпосередньо в нижні шари землі.



Рис. 1. Піщані ґрунти [2]

- **Глинисті ґрунти**– дуже щільні, в'язкі, легко злипаються, важкі, складно оброблювані. При перекопуванні такі землі не кришаться, а утворюють великі грудочки, які дуже важко зламати і подрібнити. Глинисті види ґрунтів погано пропускають воду і не утворюють розвиненої капілярної системи, внаслідок чого коріння рослин трудом отримують вологу, необхідну для їх життя. Однак,

ввібравши воду, глинисті види землі не пропускають її в нижні шари, і вона накопичується в зоні вкорінення рослин, що призводить до застою і загнивання кореневої системи. Ще одним наслідком ущільненої структури глинистої землі є те, що вона запливає під час дощу. Після висихання така земля покривається щільною твердою кіркою, яка перешкоджає проникненню повітря, світла та вологи до коріння рослин. У міру висихання та під впливом сонця поверхня заплелих глинистих видів ґрунтів тріскається і набуває ще більш ущільнену структуру.



Рис.2. Глинистий ґрунт [4]

- **Кам'янисті ґрунти.** Кам'янисті ґрунти за визначенням зустрічаються на схилах пагорбів і гір. Камені або щільні гірські породи, що не є родючими, складають значну частину їх структури. Ці види ґрунтів добре прогріваються і довго зберігають тепло, але в них немає активного життя мікроорганізмів, і мікроелементи швидко вимиваються або вивітрюються разом з гірськими породами. Вода також не залишається в структурі землі.



Рис. 5. Кам'янисті ґрунти [5]

- **Торф'яно-Болотні Ґрунти.** Торф'яно-болотні ґрунти складаються з багатих азотом органічних речовин, які часто недоступні для рослин. Ці землі мають критично мало фосфору і мало калію. Однак існує таке поняття, як торфівіанітові землі. Навпаки, у них багато фосфору, але вони входять до складу сполук, недоступних для рослин. Торф'яно-болотні землі також характеризуються хорошою вентиляцією та водопроникністю, але часто з надлишком вологості. Торф'яні види ґрунтів повільно нагріваються, оскільки торф погано проводить тепло. Оскільки структурні торф'яні землі є своєрідною

губкою, яка легко поглинає, але також легко виділяє воду, їх структурний склад слід покращувати за рахунок збільшення вмісту твердих речовин.



Рис. 3. Торф'яно-Болотний Ґрунт

Типи ґрунтів:

- **Чорнозем.** Утворюється на карбонатних породах під багатою трав'янистою рослинністю. Велика кількість поживних речовин, які накопичуючись у ґрунті, створюють потужний гумусовий родючий горизонт, утворюється завдяки помірній кількості опадів із залишків перегнаних рослин [6].

- **Дерново-підзолисті ґрунти.** Мають досить кислу реакцію ґрунту, оскільки містять велику кількість сполук заліза та алюмінію, тому дані ґрунти не підходять для вирощування більшості культур, які віддають перевагу більш нейтральному ґрунту також містять невелику кількість родючого гумусу-2%.

- **Опідзолені чорноземні ґрунти.** Ці землі є цілком родючими та придатними для агрономії. Завдяки широколистим лісам, що покривали степові простори, ґрунт має досить потужний гумусовий шар-5%. В основному опідзолені чорноземні ґрунти поширені на півночі лісостепової зони (Волинської, Подільської, Придніпровської, Середньоруської височин).

- **Каштанові ґрунти.** Для того, щоб успішно вирощувати на цих землях культурні рослини, необхідно виробляти окислення ґрунту та забезпечити додаткове його зрошення, адже відрізняються ці ґрунти зниженою вологістю та низьким вмістом гумусу-3%. Основою успішного землеробства на каштанових ґрунтах є боротьба із вітровою ерозією та засухою. Каштанові ґрунти переважають у степових зонах України, де досить сухий клімат, на ділянках з бідною рослинністю, присутні сильні висушливі ґрунти вітру та висока лужна реакція ґрунту.

- **Бурі лісові ґрунти.** Ґрунт має бурий відтінок завдяки високому вмісту сполук заліза. Вміст гумусу в них становить не більше 3-4%, як правило буроземи щелепіві та щільні. У північних слонах Криму та у районі висотний Карпат переважають бурі лісові ґрунти, які були сформовані змішаними, листяними та широколистяними лісами[7].

Підвищення родючості ґрунту: основні заходи

Від типу ґрунту залежать методи окультурення, тому перед початком заходів щодо підвищення родючості ґрунту потрібно вивчити, які типи ґрунту переважають на ділянці.

Для того щоб підвищити родючість землі в зоні дерново-підзолистих та підзолистих ґрунтів, проводять такі заходи:

- Правильна обробка ґрунту.
- Застосування сівозмін.
- Посів багаторічних трав і сидератів.
- Боротьба з надлишковим зволоженням ґрунту.
- Внесення органічних і мінеральних добрив за потребою культури.
- Вапнування.

Для поліпшення якості ґрунту (суміш гірчиці, вівса та жита), вирощують сидерати. Накопичуються мінерали з глибоких шарів ґрунту у самих рослинах та їх корінні. Для того, щоб створити мульчу, необхідно сидерати підрізати та залишити перегнивати. Створює гумус, коріння, яке розкладається залишаючись у ґрунті.

У зоні сірих і бурих лісових ґрунтів підвищення родючості ґрунтів полягає, у створенні потужного родючого орного шару за допомогою використання мінеральних та органічних добрив за потребою культури.

Також необхідно застосовувати посів сидератів та сівозмін, неминучою є боротьба з ерозією ґрунтів.

Правильно потрібно використовувати високу потенційну родючість у чорноземній зоні, охороняти гумусовий горизонт від руйнування, щоб підвищити родючість цих ґрунтів. Для цього необхідно проводити заходи по правильній витраті вологи та накопиченню, правильно обробляти ґрунт.

Також застосовувати сівозміни, створювати захисні лісосмуги від вітрової ерозії. Використовується також зрошення, але воно повинно бути організовано так, щоб не допустити засолення ґрунтів.

Сільгоспкультури страждають від посухи у зоні сухого степу. Для вирощування цих культур використовують зрошення, яке загрожує вторинним засоленням. Тут треба чітко дотримуватися термінів та норм поливів. Для боротьби з поширеною солонцюватістю необхідно проводити травосіяння, гіпсування на тлі зрошення, правильно вносити мінеральні та органічні добрива.

При правильному веденні господарства будь-який ґрунт може поліпшити показники родючості. При дбайливому і уважному ставленні до землі можна домогтися гарних врожаїв. Аналіз ґрунту на родючість проводиться в спеціалізованих лабораторіях як з метою моніторингу землі, так і для оцінки придатності ділянки для ведення сільського господарства[8].

Висновок. Ґрунти України мають унікальні властивості, що визначають їхню цінність і потенціал для сільського господарства. Однак сучасні глобальні проблеми, зокрема зниження родючості, ерозійні процеси та виснаження земель, вимагають впровадження ефективних методів відновлення та збереження ґрунтових ресурсів. Дослідження показало, що різні типи ґрунтів мають свої переваги та недоліки, які необхідно враховувати при виборі агротехнологій. Для

підвищення родючості чорноземів необхідне раціональне використання органічних і мінеральних добрив, а також боротьба з ерозією. У випадку каштанових ґрунтів важливо забезпечити належне зрошення та запобігати їх виснаженню. Для підзолистих і бурих лісових ґрунтів ключовими є вапнування, внесення добрив та використання сидератів.

Збереження і покращення якості ґрунтів потребує комплексного підходу, який включає правильну систему обробітку, сівозміни, раціональне використання водних ресурсів та заходи щодо зменшення деградаційних процесів. При відповідальному ставленні до землекористування можна не лише підтримати високу продуктивність ґрунтів, а й створити умови для їх довгострокового сталого розвитку.

Список використаної літератури

- 1.Губіна К.Є., Маслов О.А. Механічний склад ґрунту. *АгроТест*. URL:<https://agrotest.com/article/tekstura-mehanichnyj-sklad-gruntu> (Дата звернення 06.03.2025).
- 2.Яким рослинам підійдуть піщані та супіщані ґрунти: городникам на замітку. *UAPress*. 06.03.2024. URL:<https://uapress.kyiv.ua/lifestyle/yakim-roslinampidijdut-pishhani-ta-supishhani-grunti-gorodnikam-na-zamitku/> (Дата звернення 07.03.2025).
- 3.Суглинки. *Вікіпедія*. URL:<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%BA%D0%B8> (Дата звернення 07.03.2025).
- 4.На що впливає тип ґрунту і як його визначити. *Світ рослин*. 13.03.2019 URL:<https://svitroslyn.ua/ua/articles/na-chto-vliyaet-tip-pochvy-i-kak-egoopredelit.html> (Дата звернення 09.03.2025).
- 5.Типи ґрунтів та заходи їх поліпшення. *Ландшафний дизайн України*. URL: <https://sad.ukr.bio/ua/articles/5711/> (Дата звернення 11.03.2025).
6. Як покращити глинистий ґрунт. URL:https://agromarket.net/ua/news/tips_and_advice/kak_uluchshit_glinistuyu_pochvu/ (Дата звернення 12.03.2025).
- 7.Микола Світалінський. Ґрунти України: основні типи та їх характеристика. *Natural Resources Variety*. 31.10.2024. URL:<https://nrv.org.ua/grunty-ukrayiny-osnovni-typy-ta-yih-harakterystyka> (Дата звернення 14.03.2025).
- 8.Татьяна Григора. Як поліпшити родючість ґрунту. *УкрХімАналіз*. URL:<https://himanaliz.ua/uk/yak-polipshiti-rodyuchist-gruntu> (Дата звернення 15.03.2025).

Микола ШТИПА³⁰,
студент 2 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ У ФОРМУВАННІ СТРЕСОСТІЙКОСТІ АГРОКУЛЬТУР

***Анотація.** У статті розглянуто позакореневе підживлення як ефективний метод забезпечення рослин необхідними поживними елементами в умовах стресових факторів, таких як посуха, засолення ґрунтів та екстремальні температури. Описано основні переваги цього методу, зокрема швидке поглинання поживних речовин через листову поверхню, що забезпечує рослини макро- та мікроелементами навіть у критичні періоди їх розвитку. Наголошено на тому, що позакореневе підживлення підвищує стійкість рослин до стресових умов, покращує якість продукції та сприяє збільшенню врожайності, зокрема у вирощуванні томатів. Водночас зазначено важливість правильного дозування добрив і врахування погодних умов для уникнення фітотоксичності та забезпечення максимальної ефективності методу. Дане підживлення є важливим доповненням до традиційних методів агротехніки і може суттєво покращити продуктивність сільськогосподарських культур.*

***Ключові слова:** позакореневе підживлення, стресові фактори, поживні елементи, фізіологічний стан рослин, врожайність, томати, стійкість культур, фітотоксичність, агротехніка.*

Annotation. The article considers foliar fertilization as an effective method of providing plants with the necessary nutrients under stress factors, such as drought, soil salinization, and extreme temperatures. The main advantages of this method are described, in particular, the rapid absorption of nutrients through the leaf surface, which provides plants with macro- and microelements even during critical periods of their development. It is emphasized that foliar fertilization increases the resistance of plants to stress conditions, improves product quality, and contributes to increased yield, in particular in the cultivation of tomatoes. At the same time, the importance of correct dosage of fertilizers and consideration of weather conditions to avoid phytotoxicity and ensure maximum efficiency of the method is noted. This fertilization is an important addition to traditional agricultural techniques and can significantly improve the productivity of crops.

Keywords: foliar fertilization, stress factors, nutrients, physiological state of plants, yield, tomatoes, crop resistance, phytotoxicity, agricultural technology.

³⁰ Науковий керівник – Амонс С.Е., канд. с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

Вступ. У сучасному сільському господарстві підвищення стійкості рослин до стресових факторів є надзвичайно актуальним завданням. Посуха, засолення ґрунтів, різкі температурні коливання – ці виклики значно впливають на врожайність сільськогосподарських культур. Одним із ефективних способів мінімізації негативного впливу стресових факторів є позакореневе підживлення. Цей метод сприяє покращенню фізіологічного стану рослин, забезпечуючи їх необхідними поживними елементами безпосередньо через листову поверхню. Завдяки швидкому поглинанню поживних речовин позакореневе підживлення відіграє важливу роль у підтримці нормального розвитку рослин та їхньої адаптації до несприятливих умов[1, 2].

Виклад основного матеріалу. Стрес – це неспецифічні реакції організму на дію зовнішнього чинника, що супроводжуються активацією захисних систем. Фітострес – це реакція та метаболічні перетворення в рослинах у відповідь на вплив чинників навколишнього середовища. Рослини, на відміну від тварин, не мають нервової системи, але здатні адаптуватися до стресових умов, завдяки чому вони синтезують біологічно активні сполуки, такі як глікозиди, феноли, фітоалексини, та активують ферментативні системи, зокрема поліфенолоксидазу.

Для рослин характерні три фази стресу, так звана «тріада Сельє»: у першій фазі порушується гормональний баланс, зростає рівень етилену та інгібіторних фітогормонів (жасмонової кислоти, абсцизової кислоти), а рівень стимулюючих гормонів (ауксинів, цитокінінів, гіберелінів) зменшується, що призводить до зупинки росту, змін у молекулярному складі та підвищення проникності мембран.

У другій фазі адаптації знижується активність катаболічних процесів, посилюється синтез фітогормонів і стресових білків, що сприяє збереженню води, підвищенню життєздатності клітин та стійкості до посухи, засолення чи температурних коливань.

Третя фаза, виснаження, характеризується виснаженням захисних резервів, руйнуванням клітинних структур, таких як ядро та хлоропласти, що призводить до енергетичного виснаження клітини та загибелі рослини.

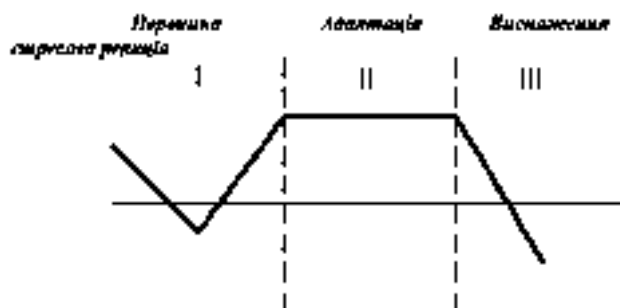


Рис. 1. Фази тріади Сельє у розвитку стресу рослин [3]

Стресові чинники можуть діяти одночасно, наприклад, висока температура, посуха або затоплення, що веде до комбінованих стресових

реакцій. В умовах посухи знижується вміст води в ґрунті, що порушує водний баланс рослини, призводить до закриття продихів, зменшення фотосинтезу та уповільнення росту, а також накопичення активних форм кисню, що спричиняє окислювальний стрес.

Засолення ґрунтів призводить до токсичних ефектів від надлишку іонів натрію та хлору, порушуючи іонний баланс та водний режим, і рослина зазнає осмотичного стресу, що веде до дегідратації клітин. Високі температури можуть пошкоджувати мембрани, денатурувати білки та пришвидшити випаровування води, а низькі температури викликають кристалізацію води в клітинах, що руйнує структуру мембран.

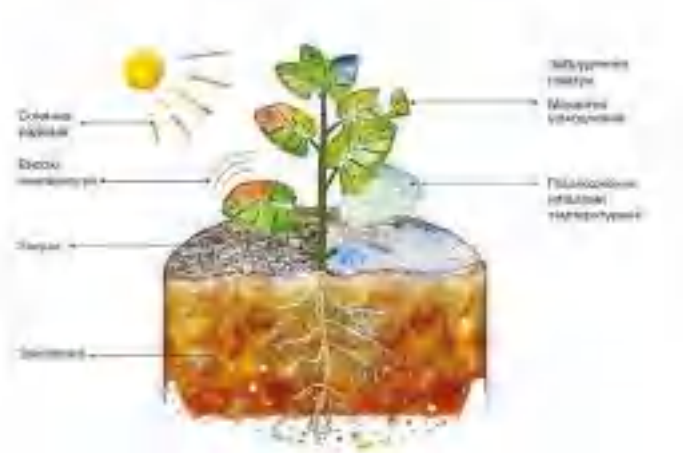


Рис. 2. Чинники, які викликають у рослин абіотичний стрес [4]

Нестача елементів живлення також спричиняє стрес у рослин, оскільки дефіцит макро- та мікроелементів знижує обмінні процеси і зменшує імунітет рослини. Зокрема, світловий стрес може бути спричинений надмірною інтенсивністю сонячного світла, що пошкоджує фотосинтетичний апарат через утворення вільних радикалів, або, навпаки, дефіцитом світла, що обмежує синтез органічних речовин і послаблює рослину.

Розуміння механізмів стресу в рослин допомагає створювати ефективні методи їхнього захисту. Одним із таких способів є позакореневе підживлення, яке допомагає зміцнити захисні механізми рослин, зменшити негативний вплив стресових факторів та підвищити продуктивність агрокультур [3].

Позакореневе підживлення є ефективним і швидким методом забезпечення рослин необхідними елементами живлення, що дозволяє зменшити негативний вплив стресових факторів протягом вегетаційного періоду. Завдяки точному і своєчасному застосуванню, позакореневе підживлення може бути більш ефективним для усунення дефіциту поживних речовин, ніж традиційне внесення добрив у ґрунт, оскільки поживні елементи надходять безпосередньо до рослин у критичні етапи їхнього розвитку.

Проте слід зазначити, що позакореневе підживлення не повинно заміняти основне ґрунтове внесення добрив, але воно може ефективно доповнювати

програму живлення, що, в свою чергу, покращує врожайність та якість сільськогосподарських культур.

Позакореневі підживлення добривами та біостимуляторами зазвичай використовуються для таких цілей:

- Усунення дефіциту поживних елементів, що виникає через обмежене поглинання речовин кореневою системою внаслідок ґрунтово-кліматичних умов або відсутності необхідних елементів у ґрунті.
- Зменшення негативних наслідків стресу, що виникає через пошкодження рослин чи уповільнення росту, а також для підвищення стійкості до стресових чинників.
- Оптимізація системи живлення рослин у критичні періоди потреби в елементах живлення для досягнення максимальної продуктивності та покращення якості урожаю в умовах інтенсивних технологій вирощування культур.

Оцінюючи вартість одиниці діючої речовини, можна помітити, що позакореневі добрива зазвичай дорожчі, ніж еквівалентна кількість добрив, внесених у ґрунт. Однак вони містять компоненти, які значно покращують поглинання елементів живлення, забезпечують високу специфічність та швидкість реакції, що неможливо досягти при ґрунтовому внесенні[5,6].



Рис. 3. Позакореневе підживлення [6]

Добрива потрапляють всередину рослини через кілька механізмів, зокрема завдяки інтенсивній обробці або пасивній дифузії. Вони проникають через дефекти та тріщини кутикули, а також через такі структури, як:

- Трихоми.
- Чечевички.
- Прорихи.
- Аквапори.

Проникнення молекул води та катіонів відбувається завдяки негативному електричному заряду на зовнішній поверхні кутикули, який утворюється за рахунок карбонільних груп. Цей заряд створює електрохімічний градієнт, що дозволяє аніонам проходити через кутикулу до внутрішніх тканин рослини. Швидкість дифузії залежить від концентраційного градієнта: чим вищий його

рівень, тим швидше відбувається процес. Зміна рН добрива може також впливати на іонообмінну здатність кутикули: підвищення рН сприяє прискоренню дифузії.

Інший шлях проникнення добрив — через аквапори, які розташовані в кутикулярних виступах. Ці пори мають дуже малий радіус (від 0,5 до 4,8 нм), що, тим не менш, є достатнім для проникнення поживних елементів. Наприклад, атомний радіус сульфату заліза становить 0,2 нм, а іонізованого заліза – 0,12 нм. Завдяки аквапорам, рослина здатна поглинути до 62% добрива. Також поглинання відбувається через продихи, шляхом дифузії, а також через інші структури рослини.

Таким чином, можна стверджувати, що поглинання поживних речовин рослиною не обмежується лише кореневою системою. Це підтверджує ефективність позакореневого підживлення як важливого додаткового методу живлення рослин [7].

Позакореневе підживлення томатів – важлива частина агротехніки, яка дозволяє швидко і ефективно постачати рослинам необхідні живильні речовини. Цей метод особливо важливий у випадках, коли рослини не можуть ефективно поглинати поживні елементи через кореневу систему, зокрема через її пошкодження або несприятливі умови ґрунту. Додатково, позакореневе підживлення є незамінним інструментом для підтримки нормального розвитку рослин у критичні моменти, такі як періоди цвітіння чи початок плодоношення. Позакореневе підживлення дає найкращі результати в таких ситуаціях:

- Надмірна вологість ґрунту: при таких умовах коренева система може не засвоювати поживні елементи через перенасичення водою.
- Дефіцит поживних елементів: якщо рослини виглядають блідими або ростуть повільно, це сигналізує про потребу в додатковому живленні.
- Кислий чи важкий ґрунт: такі умови можуть обмежувати доступ рослин до корисних елементів, тому підживлення через листя є ідеальним варіантом.
- Пошкоджена коренева система: особливо важливо застосовувати позакореневе підживлення після пересаджування чи при пошкодженні коренів.
- Фаза бутонізації: на цьому етапі рослини потребують підвищеної кількості макро- і мікроелементів для формування здорових квітів.

Поширені види позакореневого підживлення:

- Дріжджі – це природне джерело мікроорганізмів, яке активує ріст рослин, зокрема стимулює розвиток кореневої системи. Використовувати можна як сухі, так і свіжі дріжджі. Свіжі дріжджі (20-30 г на 1 л води) стимулюють розмноження корисних мікроорганізмів в ґрунті, що покращує його структуру.
- Деревна зола – це чудове джерело калію та інших мікроелементів. Її можна розчиняти у воді в пропорції 1 ч.л. золи на 1 л води. Вона допомагає знижувати кислотність ґрунту і стимулює плодоношення. Деревна зола багата на кальцій, що є важливим для розвитку кореневої системи.
- Борна кислота – застосовується для боротьби з фітофторою та іншими грибковими захворюваннями. Зазвичай використовується у вигляді розчину: 1 г борної кислоти на 1 л води.

- Йод – допомагає у боротьбі з хворобами, коли листя томатів починає опадати. Розчин йоду (5 крапель на 1 л води) має дезінфікуючі властивості, що допомагають боротися з інфекціями.

Для досягнення максимальної ефективності важливо правильно обирати час та спосіб підживлення. Обприскування проводиться в ранкові години, коли температура ще не висока, а вологість повітря максимальна. Це дозволяє рослинам краще поглинати поживні елементи, а також мінімізує випаровування розчину, що важливо для досягнення максимального ефекту.

Відмінності в підходах для відкритого ґрунту та теплиць.

У відкритому ґрунті підживлення проводиться одразу після висаджування розсади, коли коренева система ще слабо розвинена і не здатна поглинати достатню кількість поживних елементів із ґрунту. Також важливо чергувати позакореневе та кореневе підживлення, щоб забезпечити рослинам збалансоване живлення.

У теплицях умови зростання томатів трохи інші. Тут важливо проводити підживлення на ранніх етапах цвітіння, оскільки рослини в цей час активно розвиваються і потребують більше поживних елементів для формування зав'язі. Додатково, після цвітіння підживлення має профілактичний характер, щоб запобігти розвитку хвороб та підтримати здоров'я рослин.

Дослідження показали, що позакореневе підживлення може значно підвищити врожайність томатів. Зокрема, застосування розчинів, збагачених мікроелементами, якбор, марганець, магній, може позитивно впливати на ріст і розвиток рослин, підвищуючи їх стійкість до захворювань і покращуючи якість плодів. Одне з досліджень, продемонструвало, що позакореневе підживлення кальцієм і магнієм може зменшити кількість розтріскування плодів томатів, що є поширеною проблемою у тепличних умовах.

Загалом, правильне використання позакореневого підживлення дозволяє отримати не лише здоровіші рослини, а й підвищити врожайність та якість плодів, що є критичним для успіху в агрономії [6, 8].



Рис. 4. Позакореневе підживлення томатів у теплиці [8]

Переваги позакореневого підживлення:

- Швидка доступність поживних елементів: Позакореневе підживлення забезпечує миттєве постачання необхідних поживних речовин для рослин,

особливо за умов обмеженої рухливості елементів у ґрунті або низьких температур, коли коренева система не може активно поглинати їх. Добрива, нанесені на листя, швидко поглинаються і забезпечують рослини азотом, фосфором, калієм, магнієм та мікроелементами (бор, марганець, цинк). Це особливо важливо на пізніх етапах розвитку культур, коли кореневе підживлення вже не дає ефекту.

- **Покращення якості продукції:** Позакореневе підживлення може підвищити якість сільськогосподарських продуктів, зокрема зерна пшениці (вміст білка, клейковини) та овочів (помідорів, капусти). Воно покращує смакові характеристики плодів, підвищує їх харчову цінність і коригує мікроелементний склад, що позитивно впливає на вміст вітамінів, антиоксидантів.

- **Підвищення стійкості до стресових факторів:** Позакореневе підживлення допомагає рослинам зменшити стреси, викликані посухою, морозами, дощами чи інтенсивним використанням води. Наприклад, калій покращує осмотичний тиск клітин, що підвищує стійкість до низьких температур і засухи. Мікроелементи, такі як бор і марганець, покращують водообмін в рослинах, знижуючи вплив стресів [6,9].

Недоліки позакореневого підживлення:

- **Ризик фітотоксичності:** Неправильний вибір концентрації добрив або їх надмірне використання може призвести до опіків на листі та навіть загибелі рослин. Негативний вплив може посилюватися при несприятливих погодних умовах (спека, дощ, мороз).

- **Необхідність регулярного внесення:** Позакореневе підживлення потребує частих обробок, що може бути трудомістким і економічно не вигідним для великих підприємств. Кожна обробка потребує контролю за дозуванням добрив і погодними умовами для досягнення максимального ефекту.

- **Залежність від погодних умов:** Ефективність позакореневого підживлення залежить від погодних умов. Наприклад, дощ може змивати добрива з листя, знижуючи їх ефективність, а спека прискорює випаровування добрив, що знижує доступність для рослин.

- **Короткочасний ефект:** Перевага цього методу в швидкості дії, але ефект від нього тимчасовий. Елементи швидко поглинаються рослиною, але не зберігаються на довгий час, тому підживлення потрібно повторювати для підтримання ефекту [6].

Висновки. Позакореневе підживлення є важливим та ефективним методом забезпечення рослин необхідними поживними елементами, що дозволяє усувати дефіцит макро- та мікроелементів, зокрема в умовах стресових факторів, таких як посуха, засолення ґрунтів чи екстремальні температури. Завдяки швидкому поглинанню добрив через листову поверхню, цей метод є надзвичайно корисним у критичні періоди розвитку рослин, коли коренева система не здатна забезпечити їх потреби в повному обсязі.

Позакореневе підживлення не тільки допомагає зберігати фізіологічний стан рослин під час несприятливих умов, але й значно покращує якість продукції. Воно сприяє підвищенню врожайності, покращенню смакових і харчових

характеристик плодів, а також стійкості культур до різних стресів. Завдяки корекції мікроелементного складу рослин, позакореневе підживлення має позитивний вплив на зміст вітамінів, антиоксидантів та інших біологічно активних речовин, що важливо для підвищення якості сільськогосподарської продукції.

Незважаючи на численні переваги, цей метод потребує обережного підходу, зокрема в частині точного дозування добрив та врахування погодних умов. Невірно підібрані концентрації або несприятливі погодні умови можуть призвести до фітотоксичності та знизити ефективність підживлення. Тому регулярний контроль за станом рослин і коригування умов застосування є необхідними для досягнення бажаного результату.

Отже, позакореневе підживлення є важливим доповненням до традиційних методів агротехніки і при правильному застосуванні може значно покращити продуктивність і якість сільськогосподарських культур, що робить цей метод цінним інструментом у сучасному землеробстві.

Список використаної літератури

1. Позакореневе підживлення рослин. Аграрії разом. URL: <https://agrariirazom.com.ua/article/pozakoreneve-pidjivlennya-roslin> (дата звернення 05.03.2025).
2. Корнійчук Т. Напрями адаптації до змін клімату, технологій вирощування сільськогосподарських культур. Збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції. 27.03.2024. с.16-19.
3. Прилуцька С.В., Бабицький А.І., Нестерова Н.Г., Ткаченко Т.А., Дрозд П.Ю. Фізіологія рослин. Навчальний посібник. Частина 1. 2023. с.187-200.
4. Біостимулятори на основі амінокислот: принцип дії та роль у метаболізмі рослин. *Syngenta Україна*. 05.11.2021. URL: <https://www.syngenta.ua/korysna-agronomichnainformaciya/zernovi/biostymulyatory-na-osnovi-aminokyslot-pryncyp-diyi-ta-rol-u> (дата звернення 06.03.2025).
5. Капітанська О., Полянчиков С., Логінова І. 5 правил ефективного позакореневого підживлення. Журнал "ПРОПОЗИЦІЯ" №5. 2021. с.47-50.
6. Позакореневе підживлення, її можливості і основні помилки. Українська агропромислова група. URL: https://uapg.ua/blog/pozakorenevepidzhivlennya/#%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B8_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%80%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%B7%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D0%B5_%D0%BF%D1%96%D0%B4%D0%B6%D0%B8%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F (дата звернення 06.03.2025)
7. Недуха О.М. Гетерофілія у рослин. Національна академія наук України інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного. 2011. с.59-68.

8. Камінський Ю. Позакореневе підживлення томатів: перевірені способи. *Сад та город*. 12.01.2024. URL: <https://sad.net.ua/pozakoreneve-pidzhyvlennyatomativ-perevireni-sposoby/> (дата звернення 09.03.2025).

9. Позакореневе живлення. Альтернатива мінеральних добрив .Аграрна платформа.05.06.2024. URL: <https://aoplatforma.com/blog/pozakoreneve-zivlennyayak-alternativa-mineralnix-dobriv?srsltid=AfmBOopB9VbAx8R38gbjprk697Wkw8qvG8GgNW0JEJbJuGEr7rE6tvkd> (дата звернення 11.03.2025).

Володимир ЩАСЛИВИЙ³¹,
студент 2 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ШКІДЛИВІ ОРГАНІЗМИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ В ОБЕЖЕННІ ЇХ ШКОДОЧИННОСТІ

***Анотація.** У даній статті висвітлені основні шкочинні організми сільськогосподарських культур, що є серйозною загрозою для врожайності та якості продукції. До них належать комахи-фітофаги, збудники хвороб та ссавці. Серед комах-шкочинників слід виділити попелиць, личинок лускокрилих, колорадського жука та щитівок, які завдають значної шкоди рослинам, висмокчуючи сік та пошкоджуючи структуру рослин. Грибкові та бактеріальні хвороби, такі як борошниста роса та фітофтороз, також є поширеними проблемами, що призводять до масового в'янення рослин. Серед ссавців гризуни, як-от полівки, можуть значно знизити урожай, поїдаючи насіння та молоді рослини. Для боротьби зі шкочинними організмами використовуються агротехнічні, біологічні та хімічні методи. Агротехнічні методи включають сівозміни та правильний догляд за рослинами, біологічні – залучення та використання природних ворогів шкочинників, а хімічні – застосування пестицидів. Ефективна інтегрована система управління шкочинниками може допомогти знизити їх вплив на сільське господарство.*

***Ключові слова.** Сільськогосподарські культури, фітофаги, збудники хвороб, ссавці, агротехнічні методи, біологічні методи, хімічні методи, пестициди, інтегрована система управління.*

***Annotation.** This article highlights the main harmful organisms of agricultural crops, which are a serious threat to yield and product quality. These include phytophagous insects, pathogens, and mammals. Among insect pests, aphids,*

³¹ Науковий керівник: Рудська Н. О., кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин.

lepidopteran larvae, Colorado potato beetles, and scale insects are notable, causing significant damage to plants by sucking sap and damaging plant structure. Fungal and bacterial diseases, such as powdery mildew and late blight, are also common problems that lead to mass wilting of plants. Among mammals, rodents, such as voles, can significantly reduce yields by eating seeds and young plants. Agrotechnical, biological, and chemical methods are used to control pests. Agricultural methods include crop rotation and proper plant care, biological methods include the attraction and use of natural enemies of pests, and chemical methods include the use of pesticides. An effective integrated pest management system can help reduce their impact on agriculture.

Keywords. *Agricultural crops, phytophages, pathogens, mammals, agrotechnical methods, biological methods, chemical methods, pesticides, integrated management system.*

Вступ. Сільське господарство є однією з основних галузей економіки, що забезпечує людство продуктами харчування та сировиною для промисловості. Проте, на шляху до отримання високоякісного врожаю постають численні виклики, серед яких основними є шкодочинні організми. Ці організми здатні завдати серйозної шкоди сільськогосподарським культурам, знижуючи їх продуктивність і якість. До них належать комахи-фітофаги, збудники хвороб рослин та ссавці, дані шкодочинні організми мають свої особливості та методи боротьби.

Комахи-фітофаги, такі як попелиці, личинки лускокрилих (гусениці) та колорадський жук, активно пошкоджують рослини, висмоктуючи з них соки або пошкоджуючи їх тканини. Дані фітофаги здатні розмножуватися дуже швидко, що робить їх контроль особливо складним. Наприклад, колорадський жук, який пошкоджує картоплю, може за короткий проміжок часу знищити значну частину врожаю, що призводить до серйозних економічних втрат до 30 %.

Хвороби рослин, викликані збудниками грибового, бактеріального або вірусного походження, також становлять значну загрозу. Такі захворювання, як фітофтороз і борошниста роса, можуть викликати масове в'янення рослин, що вкрай негативно впливає на сільськогосподарське виробництво. Інфекції часто поширюються через насіння, ґрунт або інструменти, що ускладнює їх виявлення та контролювання.

Крім комах та хвороб, сільське господарство піддається значним втратам врожаю з боку ссавців, таких як гризуни. Полівки, миші та інші гризуни поїдають насіння та молоді рослини, що також може суттєво знизити врожай. Ці тварини часто стають особливо активними в періоди, коли запаси їжі обмежені, що робить їх боротьбу з ними ще більш актуальною.

Для боротьби з шкідниками використовуються різні методи, серед яких агротехнічний, біологічні та хімічні. Агротехнічні методи включають сівозміни, вибір стійких сортів і правильний догляд за рослинами. Біологічні методи передбачають використання природних ворогів шкідників, таких як птахи чи корисні комахи. Хімічні методи включають застосування пестицидів, що

допомагає знизити чисельність шкідників, проте їх використання потребує обережності через можливий негативний вплив на навколишнє середовище.

Виклад основного матеріалу. Шкідливі організми – це живі організми, які негативно впливають на здоров'я людини, домашніх сільськогосподарських тварин, а також завдають шкоди сільськогосподарським рослинам. Наприклад, шкідники можуть знищувати продукти харчування, пошкоджувати одяг, культурні цінності та інші матеріальні блага.

До хвороботворних організмів належать патогенні бактерії, гриби, а також різноманітні тварини і прості організми. Рослинництву можуть заважати бур'яни, які конкурують з культурними рослинами за ресурси. З іншого боку, харчові продукти і товари, створені людиною, піддаються руйнуванню з боку комах, кліщів, цвілевих грибів та бактерій, що може призвести до значних економічних втрат.

Боротьба зі шкідливими організмами є важливим завданням, оскільки вона включає не лише захист врожаю, але й забезпечення безпеки харчових продуктів та збереження культурних цінностей. Ефективні методи контролю, такі як біологічні, агротехнічні та хімічні, дозволяють зменшити вплив шкочинних організмів на сільське господарство[1].

Останніми роками зміна клімату зумовило нестабільні погодні умови, що по-різному вплинули на поширення шкідників у сільськогосподарських культурах. Інколи їх активність знижувалася, але часто спостерігалися справжні «навали» шкідників. Проте, знаючи про потенційні загрози, можна ефективно протидіяти цим проблемам.

Згідно з даними ФАО, щороку через діяльність шкідників у світі втрачається понад 40% врожаю, зокрема близько 37% – до збору та 9% під час зберігання. Загальні витрати оцінюються у 30 мільярдів доларів, при цьому втрати від хвороб складають 25 мільярдів, а від бур'янів – 20 мільярдів.

В Україні зареєстровано 480 видів шкідників сільськогосподарських культур, які завдають істотної шкоди врожаю. Найпоширеніші з них залежать від культур, що переважають у сівоозміні.

В Україні найбільшу площу серед зернових колосових культур займає озима пшениця, яка займає до 85% посівів. Основні посіви цієї культури, а також невеликі площі ярої пшениці, зосереджені в Степу та Лісостепу. В Поліссі та частково в інших зонах вирощують озиме жито, а в Степу – озимий ячмінь. Ярий ячмінь, овес і просо вирощуються в усіх зонах. На озимій пшениці налічується близько 200 видів шкідників. До найбільш поширених і небезпечних належать злакові попелиці, клопи черепашки, хлібні жулички та хлібні пильщики.

Злакові попелиці є малорухомими, тому їх чисельність та розміщення можна визначити за допомогою регулярних оглядів. Основними шкідниками є клопи черепашки, зокрема шкідлива, маврська та австрійська черепашки. Посіви озимої пшениці обстежують у фазі весняного кушення, щоб оцінити динаміку заселення шкідниками. Облік проводять на ділянках 50×50 см, підраховуючи кількість клопів. Хімічні обробки проводять, якщо виявлено 1–2 дорослі клопи

або 10 личинок на 1 м². У фазі молочної стиглості, при наявності 2 і більше личинок на 1 м², обробляють посіви, які планують отримати з якісним зерном.

Трипси також є серйозними шкідниками на злакових культурах, зокрема трипс пшеничний, злаковий, хлібний та житній. Вони можуть призводити до зниження маси 1000 зернин на 10–30%. Якщо на початку фази колосіння на одному колосі виявляється 20–30 трипсів, це може призвести до втрат врожаю понад 14%. Визначають дорослих трипсів на початку колосіння, взявши 20 проб з п'яти неповністю достиглих колосків. Якщо щільність трипсів перевищує 1417 особин на колос, посіви обробляють інсектицидами [2, 3].

Хлібні жужेलіці завдають значних збитків як личинки, так і дорослі особини. Особливо шкідливими є хлібна жужेलіця мала та велика. Обстеження посівів проводять кілька разів: перед сівбою озимих та після появи сходів. Якщо виявлено значні пошкодження, обробку проводять під час активного живлення личинок.

Хлібні жуки включають кілька видів жуків-кузьок, зокрема хлібний жуккузька та польовий хрущ. Ці шкідники завдають збитків, виїдаючи зерна під час молочної стиглості. Оцінку чисельності жуків проводять у певний час доби, коли вони активно живляться. Якщо чисельність перевищує 4-5 особин на 1 м², поля обробляють інсектицидами.

Злакові мухи також завдають шкоди, зокрема шведська, гессенська та інші види. Личинки пошкоджують конус наростання, внаслідок чого рослини в'януть. Обстеження проводять восени, навесні та влітку. Хімічні обробки доцільні, якщо заселено 5–10% рослин. Економічний поріг для шведської мухи становить 6 личинок на 100 стебел.

Перший облік проводять у фазі повного кущення ярих зернових і на початку виходу в трубку озимої пшениці. Крайові обробки починають з 5–6 колоній на рослині. У фазі початку цвітіння проводять другий облік, підраховуючи попелиць на колосках. Хімічні обробки проводять за щільності популяції 8–10 у фазі цвітіння та 25–30 на колос у фазі молочної стиглості.

На сої немає спеціалізованих шкідників, але молодим сходом часто завдають шкоди паросткові мухи, бульбочкові довгоносики, а під час вегетації — кліщі-фітофаги, польові клопи-сліпняки. У фазі утворення генеративних органів шкідливими є акацієва вогнівка та деякі види п'ядунів [4].

Серед бульбочкових довгоносиків найбільш поширеними є смугастий (*Sitona lineatus*) та сірий щетинистий (*S. crinitus*), а також еспарцетовий (*S. callosus*) і люцерновий кореневий (*S. longulus*). Ці довгоносики пошкоджують усі бобові культури, особливо горох. Смугастий довгоносик зазвичай розмножується у вологіших районах, а щетинистий – у посушливих умовах. Зимують дорослі жуки та частково личинки на полях у верхньому шарі ґрунту або в дернині лісосмуг. У травні самки відкладають близько 100 яєць на стебла, листки або поверхню ґрунту. Личинки, що виходять через 10–20 днів, живляться бульбочками на корінні сої, гороху та інших бобових. Розвиток личинок триває 35–40 днів, а заляльковування відбувається в червні-липні.

Спостереження за цією групою шкідників включає осінні та весняні розкопки, облік чисельності жуків і визначення ступеня пошкодження рослин. Жуків обліковують у теплу сонячну погоду, коли вони найбільш активні.

Акацієва вогнівка (*Etiella zinckenella*) є небезпечним шкідником для бобових культур, зокрема сої, чини та гороху. Гусениці виїдають генеративні органи, молоді зав'язі бобів тощо. Обстеження посівів на початку бутонізації проводять методом косіння сачком для виявлення кількості дорослих метеликів.

В Україні відомо близько 600 видів совок (Noctuidae), з них 145 шкодять у сільському та лісовому господарствах. Вони поділяються на підгризаючі та листогризучі. Підгризаючі гусениці, такі як озима совка (*Scotia segetum*), живляться підземними частинами рослин, пошкоджуючи різні культури. Обстеження полів проводять восени, навесні та влітку для оцінки чисельності гусениць [5].

Стебловий метелик (*Ostrinia nubilalis*) завдає шкоди кукурудзі, коноплям та соняшнику. Гусениці проникають у стебла і качани, пошкоджуючи їх. В Україні зазвичай розвивається одне покоління, але на півдні – два.

Лучний метелик здатен пошкоджувати понад 200 видів рослин. Гусениці живляться з нижнього боку молодих листків, вигризаючи тканини. Обстеження чисельності гусениць і метеликів визначає терміни та доцільність захисних заходів. Останніми роками в Україні активно поширюються шкідники приховано хоботники, які можуть призвести до втрати до 50% врожаю ріпаку, якщо їх не контролювати. Найбільш шкодочинними є ріпаковий насіннєвий (*Ceutorrhynchus assimilis*), ріпаковий великий (*C. napi*) і капустияний стебловий (*C. quadridens*). Великий ріпаковий приховано хоботник є одним з перших весняних шкідників; його личинки прогризають ходи в пагонах, викликаючи їх деформацію та сприяючи проникненню хвороб, таких як фомоз і сіра гниль. Щоб уникнути пошкоджень, обробки слід проводити до початку яйцекладки при температурі вище +6 °C.

Ріпаковий насіннєвий приховано хоботник завдає шкоди переважно на початку цвітіння, коли самиця відкладає яйця у стручки. Личинки виїдають насінини, що може призвести до втрати 30% врожаю. Якщо на посівах виявляється 10% заселених рослин із 2–3 жуками на одну рослину, необхідно проводити обробку [6].

Ріпаковий квіткоїд (*Meligethes aeneus*) зимує під опалим листям і на початку весни переселяється на квітки капустияних культур, де самиця відкладає 50–60 яєць. Личинки живляться внутрішніми частинами бутонів і квіток, що також шкодить врожайності. Контроль шкідників ріпаку вимагає своєчасних обробок, щоб уникнути значних втрат урожаю [2].

Шкідники сільськогосподарських культур можуть мати руйнівний вплив на врожай, тому фермери та вчені постійно розробляють нові методи їх контролю. Основними підходами до захисту рослин є агротехнічні, механічні, фізичні, біологічні та хімічні методи, а також інтегрований захист. Важливою складовою є сівозмінна, оптимізація зрошення і управління ризиками, що допомагає уникнути значних втрат.

Агротехнічні методи передбачають створення оптимальних умов для росту культур і стримування бур'янів. Своєчасне прибирання врожаю та ліквідація залишків рослин запобігають поширенню шкідників. Правильний відбір насіння та контроль за термінами висіву також сприяють зменшенню ризиків.

Механічні методи захисту включають використання пасток для шкідників, збори шкідливих організмів вручну та інші фізичні засоби контролю. Фізичні методи можуть включати вплив ультразвуку, радіації або температури для знищення шкідників.

Біологічні методи передбачають використання природних ворогів шкідників, корисні комахи, хижаків та паразитів, що контролюють чисельність шкідливих організмів. Наприклад, трихограмма використовується для боротьби з лускокрилими та двокрилими шкідниками та їхніми личинками.

Хімічні методи передбачають застосування пестицидів для контролю шкідників. Однак їх використання повинно бути обґрунтованим, щоб уникнути забруднення навколишнього середовища.

Інтегрований метод захисту рослин поєднує всі вищезазначені стратегії, дозволяючи досягти оптимального балансу між корисними та шкідливими організмами. Регулярний моніторинг стану посівів допомагає визначити поріг шкідливості, при якому витрати на обробку будуть меншими, ніж потенційні втрати врожаю [7].

Для ефективного захисту рослин від шкідників і хвороб важливо уважно моніторити поля та виявляти потенційні проблеми. Системи штучного інтелекту, такі як EOSDA CropMonitoring, збирають та аналізують дані про родючість ґрунту, вологість, прогнози погоди, а також шкоду від шкідників і бур'янів. Родюча земля слугує імунною системою для культур, зменшуючи їх сприйнятливості до шкідників.

Сівозміна є важливим інструментом у боротьбі зі шкідниками, знижуючи фітосанітарний потенціал і сприяючи зникненню специфічних бур'янів та хвороб. Вона також покращує родючість ґрунту. Використовуючи платформу EOSDA, фермери можуть контролювати сівозміну і дані про вирощуванні культури.

Оптимізація системи зрошення є ще одним ключовим аспектом. Після зонування полів можна виявити проблеми з вологою, що впливають на здоров'я культур і роблять їх більш вразливими до шкідників. Сучасні технології забезпечують ефективний контроль за водними ресурсами.

Важливо оперативно реагувати на будь-які проблеми на полях. EOSDA CropMonitoring надає можливість постійного контролю та сповіщення про зміни, що дозволяє швидко вжити заходів. Управління погодними ризиками, зокрема прогнозування стихійних явищ, також сприяє захисту посівів [6, 7].

Бур'яни можуть суттєво заважати культурним рослинам, тому їх виявлення і знищення є важливими етапами. Використання вегетаційного індексу MSAVI допомагає виявити бур'яни на ранніх стадіях, а класифікація методів боротьби включає профілактичні та винищувальні заходи.

Серед методів боротьби зі шкідниками виділяються агрономічні, механічні та хімічні. Агрономічний метод передбачає вивчення складу ґрунту, добрив і очищення полів. Постійний моніторинг поля допомагає вчасно виявити шкідників і вжити необхідних заходів.

Системи захисту рослин також включають хімічні засоби, посадку стійких до хвороб сортів та введення карантину для заражених культур. EOSDA CropMonitoring допомагає прогнозувати ризики захворювань, аналізуючи метеорологічні дані [3].

Висновок. Захист рослин від шкідників є критично важливим аспектом сільського господарства, оскільки ці організми можуть суттєво знижувати врожайність та якість культур. Системи штучного інтелекту, такі як EOSDA CropMonitoring, забезпечують фермерам можливість здійснювати ефективний моніторинг полів, аналізуючи дані про стан ґрунту, вологість, а також виявляючи шкоду від шкочинних організмів. Використання сівозміни зменшує ризики поширення шкідників і хвороб, покращуючи родючість землі.

Загалом, інтегрований підхід до захисту рослин, що включає технології моніторингу, агрономічні практики та своєчасну реакцію на загрози, є ключем до успішного ведення сільського господарства і забезпечення стабільного врожаю.

Список використаної літератури

1. Станкевич С. В., Забродіна І. В. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур. Харків: ФОП Бровін О. В., 2016. 216 с.
2. Федоренка В. П. Ентомологія: підручник; за ред. В. П. Федоренка. Київ: Фенікс, Колобіг, 2013. 344 с.
3. Rudska N. Control of the number of sucking pests of winter wheat in the conditions of the Right-bank Forest Steppe. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 1 (28). С. 113–136.
4. Rudska N. Influence of the protection system on limitation of the number of main pests in corn crops. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 4 (27). С. 143–165.
5. Марковська О. Є. Оптимізація системи інтегрованого захисту пшениці озимої від шкідливих організмів за вирощування в короткоротаційних сівоzmінах на зрошенні. *Інноваційні технології в рослинництві*. 2018. С. 104–106.
6. Rudska N., Zabarnyi O. Control of the main pests of winter oilseed rape in the conditions of Vinnytsia region. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 4 (31). С. 137–157.
7. Станкевич С. В. Управління чисельністю комах-фітофагів: навч. посібник. Х.: ФОП Бровін О. В., 2015. 178 с.

Владислав ЯРЕМЧУК³²,
студент 3 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВИВЧЕННЯ РОЛІ БОТАНІЧНИХ САДІВ У ЗБЕРЕЖЕННІ БІОРІЗНОМАНІТТЯ

Анотація. Ботанічні сади відіграють важливу роль у збереженні біорізноманіття, включаючи охорону рідкісних і зникаючих видів, наукові дослідження та екологічну освіту. У цій статті розглядаються сучасні підходи до збереження генофонду рослин у ботанічних садах, їх участь у міжнародних природоохоронних програмах та значення для стабільності екосистем. Особливу увагу приділено методам збереження видів, таким як створення банків насіння, розведення *ex situ* та використання біотехнологічних підходів. Також проаналізовано основні виклики, що стоять перед ботанічними садами в контексті глобальної зміни клімату, урбанізації та скорочення природних оселищ. Окреслено перспективи подальшого розвитку ботанічних садів, включаючи впровадження цифрових методів моніторингу, вдосконалення методів культивування рідкісних видів та посилення міжнародної співпраці у сфері збереження біорізноманіття.

Ключові слова: ботанічні сади, біорізноманіття, збереження видів, екосистеми, екологічна освіта, біотехнології.

Annotation. Botanical gardens play an important role in biodiversity conservation, including the protection of rare and endangered species, scientific research, and environmental education. This article reviews modern approaches to the conservation of plant gene pools in botanical gardens, their participation in international conservation programmes, and their significance for the stability of ecosystems. Particular attention is paid to species conservation methods such as the creation of seed banks, *ex situ* breeding, and the use of biotechnological approaches. The main challenges facing botanical gardens in the context of global climate change, urbanization, and the reduction of natural habitats are also analyzed. Prospects for the further development of botanical gardens are outlined, including the introduction of digital monitoring methods, improving methods of cultivating rare species, and strengthening international cooperation in the field of biodiversity conservation.

Keywords: botanical gardens, biodiversity, species conservation, ecosystems, environmental education, biotechnology.

³² Науковий керівник – Яковець Л.А. кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

Вступ. У сучасних умовах збереження біорізноманіття є одним з ключових викликів для науки про навколишнє середовище та охорони навколишнього середовища. Інтенсивна господарська діяльність, урбанізація, зміна клімату та деградація природних екосистем призвели до скорочення популяцій багатьох видів рослин, що загрожує стійкості екосистем і порушує природний баланс. У цьому контексті ботанічні сади відіграють важливу роль як центри збереження генофонду рослин, наукових досліджень та освітньої діяльності.

Ботанічні сади відіграють багатофункціональну роль у збереженні біорізноманіття, включаючи вирощування рідкісних і зникаючих видів, створення банків насіння, розробку програм збереження *ex situ* та екологічну освіту. Вони також слугують не лише науково-дослідними установами, але й платформами для впровадження інноваційних підходів до збереження рослин, таких як біотехнологічні методи розмноження та використання цифрових технологій для моніторингу рослин.

Незважаючи на важливу роль ботанічних садів, вони стикаються з низкою проблем, таких як брак фінансування, наслідки глобальної зміни клімату, обмеженість природних ресурсів та необхідність адаптації до сучасних досягнень науки і технологій. Саме тому дослідження значення ботанічних садів є надзвичайно важливим.

Мета дослідження – проаналізувати роль ботанічних садів у збереженні біорізноманіття, визначити їх основні функції та перспективи розвитку в контексті сучасних екологічних проблем.

Виклад основного матеріалу. Ботанічні сади мають багатовікову історію, яка сягає глибини античних часів. Перші відомі сади були створені в Стародавньому Єгипті, Месопотамії та Китаї, де вони слугували як місця вирощування лікарських і харчових рослин. Однак, саме антична Греція та Рим започаткували традицію культивування екзотичних видів у спеціально відведених зелених зонах. Зокрема, у працях Теофраста (IV–III ст. до н. е.) згадується систематизований підхід до вирощування та вивчення рослин [1, 2, 3].

У середньовіччі розвиток ботанічних садів був тісно пов'язаний із монастирськими господарствами, де ченці культивували лікарські рослини та вивчали їхні властивості.

Найбільший розквіт ботанічних садів розпочався в епоху Відродження, коли розвиток науки та географічні відкриття сприяли пошуку та акліматизації нових видів рослин. Перші офіційні ботанічні сади, орієнтовані на наукове дослідження, були створені в Італії – Пізанський (1544 р.) та Падуанський (1545 р.). Вони стали зразком для подальшого розвитку аналогічних установ у Європі. XVII–XVIII століття ознаменувалися активним створенням ботанічних садів у Франції, Великій Британії, Нідерландах та інших країнах. У цей період особливо важливу роль у розвитку ботанічної науки відіграли Королівські ботанічні сади в К'ю (Велика Британія), засновані у 1759 році, які стали одним із найбільших центрів акліматизації рослин з різних куточків світу. У XIX столітті ботанічні сади почали активно розвиватися і за межами Європи – у США, Південній Америці, Австралії та Азії. У цей період вони не лише зосереджувалися на

збереженні та вивченні рослин, а й брали активну участь у міжнародному обміні насінням та створенні гербаріїв. У XX столітті ботанічні сади почали розглядатися як важливі природоохоронні установи, здатні допомогти в боротьбі із вимиранням видів. Вони почали створювати генетичні банки, колекції рідкісних та зникаючих рослин, а також реалізовувати програми реінтродукції. Особливо значний внесок у розвиток цих програм зробили ботанічні сади США та Європи (рис. 1) [4, 5, 6].



Рис. 1. Ботанічний сад Пізи [7]

Ботанічні сади є важливими науковими центрами, де проводяться дослідження в різних напрямках ботаніки, включаючи систематику, фізіологію, генетику, екологію, фітохімію та біотехнології. Одним із ключових аспектів їхньої діяльності є вивчення адаптації рослин до змінних умов середовища, зокрема оцінка стійкості видів до абіотичних і біотичних факторів, таких як температура, вологість, забруднення та вплив патогенів. Для цього створюються контрольовані експериментальні ділянки, що дозволяють вести довготривалі спостереження та тестувати методи збереження рідкісних і зникаючих видів [8, 9, 10].

Дослідження екологічної стійкості рослин сприяє розробці стратегій реінтродукції видів у природні екосистеми та моніторингу змін у біоценозах. Також ботанічні сади тестують нові методи культивування, зокрема гідропоніку, аеропоніку та біотехнологічні підходи, що дозволяє оптимізувати агротехнічні прийоми для збереження флори в екстремальних умовах [11, 12].

Окрім фундаментальних і прикладних досліджень, ботанічні сади активно беруть участь у міжнародних наукових проєктах, спрямованих на вивчення флори різних регіонів, впровадження інноваційних методів вирощування рослин та збереження генофонду. Співпраця з такими організаціями, як Ботанічні сади світу (BGCI) та Міжнародний союз охорони природи (IUCN), дозволяє інтегрувати результати досліджень у глобальні природоохоронні ініціативи та розробляти ефективні стратегії охорони рослинного світу [11, 12].

Ботанічні сади відіграють важливу роль у збереженні біорізноманіття, забезпечуючи створення та підтримку колекцій рослин завдяки методам *ex situ* (збереження поза природним середовищем) та *in situ* (збереження в природних

умовах). Особливе значення мають банки насіння, де генетичні ресурси рослин зберігаються у контрольованих умовах, що дозволяє їх використовувати для відновлення екосистем, особливо в умовах зміни клімату та деградації природних територій.

За даними Міжурядової науково-політичної платформи з біорізноманіття та екосистемних послуг (IPBES), понад мільйон видів рослин і тварин перебувають під загрозою зникнення через антропогенні фактори, зокрема вирубку лісів, зміну клімату та деградацію природних екосистем. У цьому контексті ботанічні сади підтримують колекції рідкісних рослин і сприяють їх збереженню [13].

Згідно з даними Ботанічних садів світу (BGCI), понад 30% усіх відомих рослинних видів зберігається саме в ботанічних садах, що робить їх важливими установами у боротьбі з вимиранням флори на глобальному рівні [14].

Біорізноманіття охоплює всю різноманітність живих організмів – від мікроорганізмів до рослин і тварин – і включає три рівні: генетичний, видовий та екосистемний. Кожен із них відіграє ключову роль у підтримці стійкості природних систем та забезпеченні екосистемних послуг, таких як регулювання клімату, очищення повітря і води, утворення ґрунтів та запилення рослин. Однак через антропогенний вплив, включаючи вирубку лісів, розширення сільськогосподарських угідь, забруднення довкілля та зміну клімату, темпи втрати біорізноманіття досягли критичних показників. За даними Міжурядової науково-політичної платформи з біорізноманіття та екосистемних послуг (IPBES), понад мільйон видів рослин і тварин перебувають під загрозою зникнення, що ставить під сумнів стабільність екосистем і життєдіяльність людства [13].

Для вирішення цієї проблеми ухвалено низку міжнародних ініціатив, зокрема Конвенцію про біологічне різноманіття (CBD), прийняту в 1992 році. Вона передбачає розробку національних стратегій збереження біорізноманіття, створення природоохоронних територій та інтеграцію екологічних принципів у різні галузі економіки. У 2022 році в рамках конференції COP15 затверджено Глобальну рамкову програму збереження біорізноманіття до 2030 року, яка передбачає розширення природоохоронних зон і скорочення втрат природних середовищ [15, 16].

Важливою складовою діяльності ботанічних садів є екологічна освіта та просвітницька робота, спрямована на підвищення обізнаності суспільства. Вони організовують лекції, екскурсії, семінари, виставки та спеціалізовані курси для різних вікових груп – від дітей дошкільного віку до студентів і дорослих, формуючи екологічно свідомі моделі поведінки та заохочуючи участь у природоохоронних заходах.

Одним із ключових інструментів навчання є інтерактивні методи, зокрема експериментальні ділянки для вирощування рослин, лабораторні дослідження, інформаційні кампанії та тематичні виставки, присвячені охороні рідкісних і зникаючих видів. Соціальні проєкти сприяють збереженню навколишнього середовища та раціональному використанню природних ресурсів.

Значущим аспектом екопросвіти є співпраця з місцевими громадами. Ботанічні сади взаємодіють із навчальними закладами, органами місцевого самоврядування, екологічними організаціями та волонтерськими рухами, залучаючи громадян до природоохоронних заходів. Такі ініціативи, як озеленення міських територій, відновлення екосистем, створення громадських садів і природних парків, сприяють розвитку екологічної культури та відповідального ставлення до довкілля [17, 18].

Окрім освітньої діяльності, ботанічні сади виконують культурну та рекреаційну функцію. Вони слугують місцями відпочинку, що особливо важливо у великих містах із дефіцитом природних просторів. Поєднання естетики та науки сприяє популяризації ботаніки та привертає увагу до проблем збереження рослинного світу (рис. 2)



Рис. 2. Карпатський біосферний заповідник [18]

Висновок. Ботанічні сади відіграють важливу роль у збереженні біорізноманіття, поєднуючи наукові дослідження, екологічну освіту та природоохоронну діяльність. Захищаючи та вирощуючи рідкісні та зникаючі види, ботанічні сади сприяють збереженню генофонду рослин і є важливими центрами досліджень адаптації видів до мінливих умов навколишнього середовища.

Екологічна освіта, яку надає ботанічний сад, допомагає підвищити рівень екологічної свідомості та залучити громадськість до природоохоронної діяльності. Освітні програми, науково-популярні заходи та співпраця з міжнародними організаціями допомагають поширювати інформацію про важливість збереження природи та заохочують суспільство діяти екологічно відповідально.

Незважаючи на свій великий потенціал, ботанічні сади стикаються з низкою викликів, серед яких брак фінансування, наслідки зміни клімату та необхідність адаптації до нових умов навколишнього середовища. Впровадження сучасних технологій, таких як цифрові бази даних, біотехнологічні методи та автоматизовані системи моніторингу, відкриває нові можливості для ефективного збереження біорізноманіття.

Список використаної літератури

1. Сад Стародавнього Єгипту. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сад_Стародавнього_Єгипту (Дата звернення 13.03.2025 р.)
2. Давньоримські сади. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Давньоримські_сади (Дата звернення 11.03.2025 р.)
3. Коротка історія ботаніки. URL: <https://moyaosvita.com.ua/nauka/korotkaistoriya-botaniki/> (Дата звернення 11.03.2025 р.)
4. An Environmental History of Medieval Europe. 2025. С. 47-78.
5. Эрвин Панофски. Renaissance And Renascences In Western Art. 2019. 388 с.
6. Recent Developments in Kew's Grass Databases (Grassbase). JSTOR. 2021. С. 22-60.
7. Ботанічний сад Пізи. URL: <https://climatetoolkit.org/uk/profile/ortobotanico-di-pisa/> (Дата звернення 12.03.2025 р.)
8. Bussotti, F., Tognelli, R., Montagni, G., Borghini, F., Bruschi, P., & Tani, C. Response of *Quercus pubescens* leaves exposed to geothermal pollutant input in southern Tuscany (Italy). 2003. С. 349-356.
9. Cornelissen, J.H.C., Cerabolini, B., Castro-Díez, P., Villar-Salvador, P., Montserrat-Martí, G., Puyravaud, J.P., Maestro, M., Werger, M.J.A., & Aerts, R. Functional traits of woody plants: correspondence of species rankings between field adults and laboratory-grown seedlings? 2003. С. 311-320.
10. Givnish, T.J., Montgomery, R.A., & Goldstein, G. Adaptive radiation of photosynthetic physiology in the Hawaiian lobeliads: light regimes, static light responses, and whole-plant compensation. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. 2004. С. 499-534.
11. Gunady, E. Climate Resilience in Plants: Strategies for Survival in a Changing World. 2024. P. 35-48.
12. Cunningham, P., Gerhardt, D., Ghosh, P., & Salt, D. Climate Resilience in Plants: Mechanisms and Strategies. Climate Change in Plant Ecology. 2017. С. 120-140.
13. IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services). Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES. 2019. С. 1-100.
14. BGCI (Botanic Gardens Conservation International). The role of botanic gardens in conservation. BGCI. 2020. С. 12-45.
15. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (CBD). Convention on Biological Diversity: Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020. United Nations. 2011. С. 23-34.
16. United Nations. Convention on Biological Diversity: A Guide to the CBD. United Nations. 2022. С. 91-103.

17. Umair, M., Ayub, M. A., Usman, M., & Faiz, T. Restoration of Degraded Soil for Sustainable Agriculture. Springer. 2015. С. 31-81.

18. Природно-заповідний фонд України. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Природно-заповідний_фонд_України (Дата звернення 13.03.2025 р.)

Лада КАПШИЦЬКА³³,
Студентка 3-го курсу,
Факультету агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

МЕТОДИ СЕЛЕКЦІЇ КУКУРУДЗИ

Анотація. У цій статті розглядались основні методи селекції кукурудзи, які сприяють підвищенню врожайності, якості та толерантності до екстремальних умов навколишнього середовища. Було описано традиційні методи селекції, молекулярні маркери та трансгенні технології, які значно покращують адаптацію кукурудзи до зміни клімату, посухи та інших стресових факторів і шкідників. Проаналізовано процес гібридизації кукурудзи та використання інбредних ліній і гібридів для створення високоврожайних сортів. Зазначено, що молекулярна селекція може скоротити час і витрати на відбір рослин з бажаними генетичними ознаками, що є важливим для швидкої адаптації до нових умов вирощування. У роботі також висвітлювались перспективні напрямки досліджень, такі як вивчення генетичних ліній, стійких до кліматичного стресу, та інтеграція нових наукових досягнень у селекцію кукурудзи для забезпечення сталого виробництва в умовах глобальної зміни клімату.

Ключові слова: селекція кукурудзи, гібридизація, молекулярні маркери, трансгенні технології, стійкість до стресів, генетичні лінії, адаптація до клімату, агрономія, селекційний процес, посухостійкість.

Anotation. This article reviews the main methods of corn breeding that contribute to increasing yield, quality, and tolerance to extreme environmental conditions. Traditional breeding methods, molecular markers, and transgenic technologies that significantly improve corn adaptation to climate change, drought, and other stress factors and pests are described. The process of corn hybridization and the use of inbred lines and hybrids to create high-yielding varieties are analyzed. It is noted that molecular breeding can reduce the time and cost of selecting plants with desirable genetic traits, which is important for rapid adaptation to new growing

³³ Науковий керівник – Мазур О.В., завідувач кафедри к.с.-г.н., доцент кафедри рослинництва та садівництва ВНАУ.

conditions. The paper also highlights promising research areas, such as the study of genetic lines resistant to climatic stress and the integration of new scientific achievements in corn breeding to ensure sustainable production in the face of global climate change.

Keywords: *corn breeding, hybridization, molecular markers, transgenic technologies, stress resistance, genetic lines, climate adaptation, agronomy, breeding process, drought resistance.*

Вступ. Селекція кукурудзи має важливе значення для забезпечення продовольчої безпеки та підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

Постійні зміни клімату, такі як підвищення температури та нестабільні опади, збільшують потребу у виведенні нових сортів, стійких до екстремальних умов навколишнього середовища, таких як посуха та зміни у складі ґрунту. Нещодавні дослідження підкреслили важливість використання сучасних геномних технологій для виведення таких сортів. Одним з важливих напрямків є вивчення генетичних механізмів, що впливають на стійкість кукурудзи до кліматичних стресів, таких як посуха та високі температури. Інтеграція молекулярних маркерів і геномних селекційних технологій значно прискорить процес виведення нових високоврожайних, адаптованих до клімату сортів кукурудзи [1, с. 10]. Хоча селекція кукурудзи досягла значного прогресу, все ще існує низка невирішених проблем. Однією з них є пошук найкращих генетичних ліній, які зберігають стабільність і підвищують врожайність в умовах мінливого клімату. Сучасні методи, такі як дослідження геномних асоціацій (GWAS), використовуються для виявлення причинних генів таких важливих ознак, як посухостійкість, морозостійкість та стійкість до хвороб. Однак визначення стабільних і надійних генетичних маркерів для таких ознак залишається складним завданням [2, с. 4524]. Крім того, необхідний подальший розвиток для інтеграції молекулярної генетики та біоінформатики в селекцію кукурудзи. Нове покоління інструментів дозволило точно оцінити генетичну мінливість, яка може впливати на ефективність використання азоту, що є критично важливим фактором для росту рослин. Однак, незважаючи на досягнення в цій галузі, механізми метаболізму азоту ще не до кінця зрозумілі, і невідомо, як інтегрувати ці знання для виведення більш ефективних сортів, здатних досягати успіху в різних умовах навколишнього середовища [3, с. 12]. Одним з перспективних напрямків подальших досліджень є вивчення комбінаційної здатності батьківських ліній. Відбір батьківських ліній з високою комбінаційною здатністю може значно підвищити ефективність селекції та створити гібриди з кращою врожайністю та адаптивністю до складних умов. Однак, незважаючи на використання молекулярних маркерів, все ще залишається питання, які лінії насправді мають найкращі характеристики для отримання стабільних, високоврожайних гібридів. Іншим важливим питанням є посухостійкість кукурудзи, особливо на ранніх стадіях росту. Це важливий аспект для забезпечення стабільної врожайності в регіонах з нестабільними умовами

зволоження. Нещодавні дослідження показали, що генотипи з довгим корінням мають перевагу в умовах дефіциту води, але проблема відбору таких генотипів та їх селекції в комерційні гібриди залишається [4, с. 100]. Виробники кукурудзи потребують ефективних стратегій підвищення посухостійкості культури без значного зниження врожайності. Таким чином, наукові проблеми селекції кукурудзи охоплюють багато аспектів, включаючи генетичне різноманіття, стійкість до кліматичних стресів, особливо посухи, та використання сучасних геномних технологій для виведення нових гібридів. Хоча сьогодні досягнуто значного прогресу у використанні молекулярних маркерів та біоінформатики, методи прогнозування та комбінування генетичних ліній потребують вдосконалення для досягнення бажаних результатів у селекції кукурудзи.

Виклад основного матеріалу. Селекція кукурудзи – один з основних напрямків в агрономії, спрямований на підвищення врожайності, якості та стійкості цієї важливої культури. За останні кілька століть кукурудза зазнала значних змін, особливо з точки зору продуктивності, завдяки впровадженню нових методів селекції [5].



Рис. 1. Схема селекційного процесу[9]

Різні підходи, включаючи традиційну селекцію, молекулярні маркери та трансгенні технології, використовувалися для досягнення високої продуктивності в селекції кукурудзи, покращення її характеристик та забезпечення стабільних врожаїв у складних умовах. Щоб зрозуміти сучасні методи селекції, важливо зазирнути в історію кукурудзи. Ця культура походить від дикорослої рослини теосінте, яка була одомашнена в Мексиці тисячі років тому. У той час корінні народи Америки почали вирощувати різні сорти кукурудзи, що заклало основу для подальшої еволюції цієї культури. Завдяки

значному розвитку сільського господарства та обміну генетичним матеріалом між різними популяціями, кукурудза поширилася по всій Америці, а згодом і в інших частинах світу. Одним з ключових моментів у розвитку сучасних сортів кукурудзи стало відкриття процесу гібридизації [6].

Гібридизація кукурудзи, тобто схрещування різних генетичних ліній, дозволяє значно підвищити врожайність і стійкість рослин. Це відкриття заклало основу для подальшого розвитку селекційних технологій. Традиційна селекція кукурудзи була основним методом селекції, що використовувався в ранньому сільському господарстві. Цей метод передбачає відбір і селекцію рослин з бажаними ознаками, такими як висока врожайність, стійкість до хвороб і шкідників, а також пристосованість до різних кліматичних умов. Одним з основних методів традиційної селекції є контрольоване запилення та схрещування [7].

Існують різні типи схрещувань кукурудзи, найпоширенішими з яких є інбредні лінії та гібриди. Інбредні лінії є генетично чистими і зберігають ознаки протягом декількох поколінь. Інбредні лінії - це генетично чисті лінії, які зберігають ознаки протягом декількох поколінь. У той же час, інбредні лінії не є високопродуктивними і в основному використовуються для отримання гібридів, які поєднують в собі кращі ознаки батьківських ліній. Використовуючи інбредні лінії для схрещування кукурудзи, можна отримати гібриди, які є більш продуктивними і стійкими до різних стресових факторів. Гібриди часто мають ефект, відомий як гібридна сила, який виражається у збільшенні врожайності та виживання рослин порівняно з батьківськими лініями. Гібридна стійкість досягається шляхом поєднання генетичних ліній з різними характеристиками, що дозволяє отримати рослини, які ростуть швидше, краще пристосовані до мінливих умов і дають вищу врожайність. Молекулярна селекція передбачає використання молекулярних маркерів. У молекулярній селекції молекулярні маркери можна використовувати для відбору рослин з бажаними ознаками, не чекаючи, поки вони почнуть плодоносити. Молекулярні маркери - це специфічні послідовності ДНК, які можуть ідентифікувати ген, що відповідає за певну ознаку. Час, необхідний для селекції, може бути значно скорочений, оскільки можна заздалегідь визначити, чи містить рослина відповідний ген, чи ні.

Молекулярна селекція є ефективним методом виявлення рослин, стійких до хвороб і шкідників, а також до кліматичних умов, таких як посуха і низькі температури. Цей метод дозволяє точно відбирати рослини за генетичними ознаками, а не за зовнішнім виглядом чи врожайністю. Молекулярні маркери можна використовувати для ідентифікації рослин, стійких до певних захворювань, таких як вірус в'янення кукурудзи та фузаріоз. Це може прискорити селекційний процес і дозволити виводити нові сорти, адаптовані до конкретних умов вирощування. Молекулярні маркери також можуть допомогти зменшити витрати на дослідження та підвищити ефективність селекції, оскільки вони дозволяють відбирати рослини на ранній стадії розвитку. Трансгенні технології стали ще однією важливою сторінкою в історії селекції кукурудзи. При трансгенній селекції вводяться гени, які надають рослині нові властивості. До

них відносяться стійкість до гербіцидів, шкідників і хвороб, покращене поглинання поживних речовин [8].

Трансгенні методи селекції можуть значно покращити такі характеристики кукурудзи, як врожайність, стійкість до стресових умов та використання ресурсів. Одним з найпоширеніших прикладів трансгенних технологій є створення генетично модифікованих сортів кукурудзи, стійких до гербіцидів. Ці рослини можуть переносити гербіциди, що використовуються для боротьби з бур'янами, не пошкоджуючи саму кукурудзу. Це дозволяє фермерам ефективніше боротися з бур'янами, зменшуючи потребу в ручній праці та підвищуючи ефективність сільського господарства. Іншим прикладом використання трансгенних технологій є виведення стійких до шкідників сортів кукурудзи.

Такі сорти можуть містити гени, які роблять рослину непривабливою для певних видів шкідників, або ж вони можуть бути генетично модифіковані для виробництва речовин, токсичних для шкідників, але безпечних для людей і тварин. Методи розведення кукурудзи значно змінилися за останні кілька століть. Традиційна селекція, молекулярна селекція та трансгенні методи дозволили вивести нові сорти з високою врожайністю та стійкістю до шкідників і зміни клімату. Сучасні методи селекції значно підвищили ефективність виробництва кукурудзи, сприяючи забезпеченню продовольчої безпеки в усьому світі. Однак, незважаючи на ці досягнення, залишається багато викликів, включаючи зміну клімату, обмеженість природних ресурсів і необхідність підвищення стійкості культур до стресів навколишнього середовища. Тому селекція кукурудзи продовжує розвиватися, інтегруючи нові наукові досягнення та технології для забезпечення сталого розвитку сільського господарства та високої продуктивності цієї важливої культури в майбутньому.

Висновок. У дослідженні викладено основні методи селекції кукурудзи як основи для підвищення продуктивності, толерантності до стресових факторів та адаптації до мінливих кліматичних умов. Описано основні підходи до селекції, включаючи традиційні методи, методи молекулярної селекції та генетичної модифікації, які сприяли значному покращенню якості та врожайності кукурудзи, а також її здатності адаптуватися до різних стресів. Встановлено, що важливим кроком у селекційному процесі є пошук найкращих генетичних ліній або комбінацій, які можуть забезпечити стабільні врожаї за різних умов вирощування. Важливим питанням, пов'язаним з цим, є подальше дослідження генетичних механізмів стійкості кукурудзи до екстремальних кліматичних умов, таких як посуха та високі температури. Зокрема, інтеграція молекулярних маркерів та біоінформатики потребує подальшого розвитку для створення більш адаптованих та ефективних сортів. Роль молекулярної селекції виявляється важливою у підвищенні стійкості кукурудзи до хвороб, шкідників та водного стресу. Молекулярна селекція дозволяє швидше і точніше відбирати рослини з бажаними генетичними ознаками, що значно скорочує час і ресурси. Перспективи подальших досліджень у цій галузі зосереджені на вдосконаленні існуючих методів селекції, інтеграції нових біотехнологій та геномних

досліджень, а також створенні кукурудзи, яка буде не лише високоврожайною, але й стійкою до зміни клімату та інших стресових факторів. Більше уваги слід також приділяти дослідженню комбінаційної здатності батьківських ліній та вдосконаленню прогнозування генетичних ліній і методів комбінування для отримання більш стабільних і продуктивних гібридів. Виведення сортів кукурудзи, які ефективно використовують природні ресурси, в тому числі азот, стане важливим кроком до забезпечення сталого розвитку сільського господарства в умовах мінливого клімату.

Список використаної літератури

1. Muntean, L., Ona, A., Berindean, I., Racz, I., & Muntean, S. (2022). Maize breeding: From domestication to genomic tools. *Agronomy*, 12(10), 2365. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/10/2365>
2. Mukri, G., Patil, M. S., Motagi, B. N., Bhat, J. S., Singh, C., Jeevan Kumar, S. P., ... & Simal-Gandara, J. (2022). Genetic variability, combining ability and molecular diversity-based parental line selection for heterosis breeding in field corn (*Zea mays* L.). *Molecular Biology Reports*, 49(6), 4517-4524. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11033-022-07295-3>
3. Luo, C., Dai, H., Liang, S., Zhao, H., & Zhou, L. (2025). Integration of GWAS and Co-Expression Network Analysis Identified Main Genes Responsible for Nitrogen Uptake Traits in Seedling Waxy Corn. *Genes*, 16(2), 126. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4425/16/2/126>
4. Vilas-Boas, J. K., Steiner, F., Zuffo, A. M., Aguilera, J. G., & Alves, C. Z. (2025). Tolerance of high-yielding corn hybrids to drought stress during the early growth stage. *Revista Ciência Agronômica*, 56, e202493937. URL: <https://www.scielo.br/j/rca/a/KDJkVxfVqcZ34X3Crgg9SLm/?lang=en>
5. Corn Breeding. All About Corn. URL: <https://www.allaboutcorn.umn.edu/lessons/corn-breeding>.
6. Corn Breeding: Types of Cultivars. Home. URL: <https://passel2.unl.edu/view/lesson/26fb42c8f450/8>.
7. Inbreeding, Hybrid Vigor, and Hybrid Corn |. URL: <https://passel2.unl.edu/view/lesson/c3ded390efbf/9>.
8. Методи селекції кукурудзи: схеми селекційного процесу, його методика та техніка. Освіта.UA. URL: <https://osvita.ua/vnz/reports/biolog/26263/>.

Kateryna KOVALOVA ³⁴,
1nd year student,
Faculty of agronomy, horticulture and plant protection
Vinnitsa National Agrarian University,
Vinnitsa, Ukraine

СТАН ЛІСОСМУГ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ THE STATE OF FOREST BELTS IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

***Анотація.** У статті досліджено питання зміни клімату та адаптації рослин в межах полезахисних лісосмуг. Сьогодні широко обговорюються можливі причини глобальних змін клімату, які впливають на трансформацію ландшафтів, роль захисного лісорозведення в системі заходів адаптації сільськогосподарства до несприятливих кліматичних умов. Наразі для сільського та лісового господарства необхідно розробити план комплексних дій щодо адаптації до змін клімату та досягнення нейтрального балансу деградації земель. Постійно зростаючі посухи, погодні аномалії в останні роки ускладнюють вирішення проблем отримання високих і стабільних урожаїв сільськогосподарських культур. В агроландшафтах полезахисні лісосмуги ефективно протидіють багатьом несприятливим кліматичним умовам.*

***Ключові слова:** зміна клімату, ліс, полезахисні лісосмуги, погодні умови.*

Annotation. The article investigates the issues of climate change and adaptation of plants within field protective forest belts. Today, possible causes of global climate change, which affect the transformation of landscapes, the role of protective afforestation in the system of measures for adapting agriculture to adverse climatic conditions, are widely discussed. At present, it is necessary for agriculture and forestry to develop a plan of comprehensive measures to adapt to climate change and achieve a neutral balance of land degradation. Constantly increasing droughts, weather anomalies in recent years complicate the solution of the problems of obtaining high and stable yields of agricultural crops. In agro-landscapes, field protective forest belts effectively counteract many adverse climatic conditions.

Keywords: climate change, forest, field protective forest belts, weather conditions.

Introduction. The increasing drought and weather anomalies of the recent years complicate the task of obtaining high and stable crop yields. In agricultural landscapes, field protective forest belts effectively counteract many adverse climatic conditions. They occupy an important place in the system of measures to increase crop yields and soil fertility, protect crops from drought and dry winds, and soils from water and wind

³⁴ Науковий керівник – Яковець Л.А. кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

erosion. Of all types of forest plantations, the greatest impact on the climate is exerted by field protective forest belts. An interconnected chain of forest plantations is the main spatially forming element of agroecosystems.

An important factor in regulating atmospheric gas pollution and forming the balance of carbon in the biosphere is its deposition in vegetation and soil. The amount of carbon directly accumulated by trees in different agricultural systems varies within 3-25 t. ha, but in some cases reaches 60 t. ha. The most carbon-intensive are young, intensively growing stands. In this situation, global climate change will lead to further degradation of the ecosystem, reducing their diversity.

Over the past century, the general temperature increase has been 0.74°C , which has led to droughts, a reduction in the frost period, an increase in the number and intensity of summer high temperatures, and an increase in the frequency of extreme climatic events. Scientific studies show that an increase in the average annual air temperature by 1.8°C can lead to a shift to the north of the broad boundaries of climatic zones within Ukraine by 160 km [2].

Scientists had confirmed the trend of accelerating global warming. The consequences of climate change are manifested in an increase in surface air temperature, in a change in the amount of spatial and temporal distribution of precipitation, in an increase in the frequency of dangerous agro-meteorological phenomena (droughts, forest fires, dust storms, dry winds) and dangerous stressful weather changes, which negatively affect the possibility of developing a number of industries, among which agriculture and forestry are of great importance. As a result of climate change, aridization and desertification processes are intensifying.

Contribution to basic material. Ukrainian scientists have published many articles devoted to these issues. Today, the study of modern climate trends has important consequences, since human economic activity is in many cases determined by climatic resources. In the scientific literature, there are many explanations of the causes of climate change, its manifestations, hypotheses and forecasts.

Many researchers: G.N. Vysotskyi, N.V. Maksymenko, G.B. Gladun, believe that the main factor of modern global changes is climate warming due to an increase in the concentration of greenhouse gases in the atmosphere under the influence of natural and anthropogenic factors [1].

Over the past decade, the concentration of CO_2 in the atmosphere has increased by a third, methane by 2.5 times, hundreds of millions of tons of chlorofluorocarbons have been emitted. At the same time, humanity has destroyed 40% of ecosystems that function as environmental regulators and are no longer able to neutralize human activity [4].

An important factor in regulating atmospheric gas pollution and forming the balance of carbon in the biosphere is its deposition in vegetation and soil. In conditions of increasing CO_2 concentration in the atmosphere, biocenoses and agro-landscapes that are capable of absorbing more carbon dioxide from the atmosphere and retaining carbohydrates for longer are considered more important. These are forest biogeocenoses and agro-forest landscapes.

Among the scientists, the prevailing opinion is that modern temperature variations and the trend of temperature growth are caused primarily by natural causes, namely, directly related to the changes in solar activity and anthropogenic activity.

Scientists conclude that the "contribution" of human activity to the increase in CO₂ concentration in the last decade is probably quite large. Scientists have concluded that the cause of the increase in global air temperatures (by 70%) is the increase in solar activity, the consequence of which is an increase in the concentration of CO₂, which in turn plays the role of a catalyst that increases the rate of temperature changes. With increasing temperatures, the hydrological components in the system – lithosphere-hydrosphere – begin to change. The problems of soil protection in the conditions of global climate change with increasing anthropogenic impact were studied by V.V. Lukish, O.G. Tararik, Ya.P. Didukh, G.V. Vysotsky.

Constantly increasing droughts, weather anomalies in recent years complicate the solution of the problems of obtaining high and stable yields of agricultural crops. In agro-landscapes, field protective forest belts effectively counteract many adverse climatic conditions.

They occupy an important place in the system of measures of increasing the yield of agricultural crops and soil fertility, protect crops from drought, dry winds, and soils from water and wind erosion. Of all types of forest plantations, field protective forest belts have the greatest impact on the climate. They have their impact on the surrounding area through the main element of the microclimate - wind. As they deepen into the system of field protective forest belts, the airflow speeds decrease on average in forest belts 400-500 m wide by 33% in spring and 50% in summer [5].

By reducing wind force, field protective forest belts prevent soil deflation, keep snow from drifting into ravines and gullies, reduce evaporation, and protect crops from dry winds, frosts, and dust storms. Such scientists as V.V. Lukish, V.O. Lyulchyk, O.P. Polishchuk, and O.P. Tkachuk have written many works examining the importance of protective afforestation in combating droughts, dry winds, dust storms, and soil erosion. The scientist Yakovets Liudmyla identifies changes in the agro-ecological state of the soil depending on the intensity of farming, as a factor in the transfer of pollutants accumulated in the soil to the grain and seeds of the main field crops [3].

The high anti-deflation efficiency of field protective forest belts systems is especially evident during dust storms. Their main positive value is that they weaken the wind speed and the intensity of turbulent movement of air masses.

Along with the decrease in the speed and transformation of the wind flow under the influence of field protective forest belts, the other climatic indicators change. In various natural zones, field protective forest belts increase the relative humidity of the air. Its increase under the influence of forest belts is especially noticeable on dry, hot and dry days.

During hot daytime hours (12-15 hours), the relative humidity of the air under the protection of field protective forest belts increases by 1.-3%. In dry weather, air humidity in the fields with agricultural crops can increase by 10-15%. Air and soil temperature in spring during daytime hours increases among forest belts by 1-2°C [4].

In the future, the plants themselves have an increasing influence on the temperature regime. Near the field protective forest belts, under a more developed ground mass of plants, the soil heats up less during the daytime than at a distance from them. The temperature of the air and soil near the field protective forest belts in the summer decreases due to the more active absorption of solar energy by plants through transpiration.

Numerous observations prove that evaporation in the fields protected by field protective forest belts in the forest-steppe is reduced by 30-40%. In the system of field protective forest belts, non-blown evaporation from the fields is reduced by 10-15%. By reducing the temperature and increasing the humidity of the environment, field protective forest belts accelerate the growth and development of plants, eliminate the wilting of agricultural crops and help more economical use of water for transpiration.

Field protective forest belts have a significant impact on snow retention and its distribution, soil freezing and thawing, and its water-physical properties. Field protective forest belts retain solid precipitation with the greatest redistribution within protected fields, which creates potential opportunities for additional moisture during the spring snowmelt. In forest protection agro-landscapes, an increase in solid precipitation is observed in 1.3, and in field protection zones - in 1.6 - 4.4 times more than in open ones [1].

Due to the increase in soil moisture, the inflow of water into the aquifer increases. The rise in groundwater in the system has a positive effect on the growth and development of plants with a deep root system, especially perennial grasses, fruit trees and forest plantations.

Field protective forest belts, by reducing heat exchange and increasing snow accumulation, have an insulating effect on the territory protected by them during cold periods. The freezing of the soil in winter on fields protected by shelterbelts is less than without them. This has a positive effect on the wintering of winter crops.

Thus, the interacting set of forest plantations is the main space, the organizing element of agroecosystems. Depending on their purpose, they resist droughts and dry winds, blizzards, dust storms, sand drifts, washout and erosion, salinization, waterlogging, pollution and soil degradation and desertification.

Conclusions. The consequences of changing climatic conditions are manifested in an increase in surface air temperature and the frequency of recurrence of dangerous agrometeorological phenomena (droughts, forest fires, dust storms, dry winds) and adverse stressful weather changes, which negatively affect the development opportunities of a number of industries. Scientists confirm the real possibility of adapting agriculture and forestry to climate change and its anomalies. The integrated use of forest reclamation, agrotechnical, hydrotechnical, and organizational and economic measures makes it possible to resist successfully adverse climatic phenomena.

Literature

1. Gladun G. Forest reclamation of agroforestry landscapes. Dictionary of basic terms and definitions. Kh.: Noveslovo, 2003. 164 p.

2. Gladun G.B., Lokhmatov N.A. V.V. Dokuchaev and forest reclamation. Kh.: Noveslovo, 2007. 574 p.

3. Kovbasyuk P. High-value fodder crop for every farm. *Proposal*. 2000. No. 2. P. 46-48.

4. Yakovets L. Agroecological assessment of the state of edaphotic soils of the Right-bank Forest-Steppe depending on the intensity of chemicalization of agriculture. *Polish Journal of Science*. 2020. Vol.1.P. 9-16.

5. Yukhnovskyi V. Forest and agricultural landscapes of lowland Ukraine: optimization, standards, ecological aspects. Monograph. Kyiv: Institute of Agrarian Economy, 2003. 273 p.

6. Yukhnovskyi V., Shevchenko O.V., Dudarets S.M., Konakov B.I. Hydrotechnical reclamation of forest lands. Textbook / Ed. V.Yu. Yukhnovskyi. K.: Aristey, 2007. 314 p.

Наталія МЕЛЬНИК³⁵,
студентка 21-А групи,
Факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

АГРОМЕТЕРЕОЛОГІЯ. СОНЯЧНА РАДІАЦІЯ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА РОСЛИНИ

***Анотація.** У даній статті ми розглянемо питання метеорології, а саме її підрозділу агрометеорології. Дізнаємося, що таке агрометеорологія, як наука. Висвітимо питання історії агрометеорології, її завдань та методів. Вияснимо, що таке радіація та які існують її види. Розглянемо питання сонячної радіації та її впливу на рослини та природу в цілому.*

***Ключові слова:** метеорологія, явище, атмосфера, повітря, наука, погода, тиск, температура, клімат, сонце, радіація, рослина, випромінювання.*

***Annotation:** In this article we will consider the issues of meteorology, namely its subdivision of agrometeorology. We will learn what agrometeorology is as a science. We will highlight the issues of the history of agrometeorology, its tasks and methods. We will explain what radiation is and what types of it exist. We will consider the issues of solar radiation and its impact on plants and nature in general.*

***Keywords:** meteorology, phenomenon, atmosphere, air, science, weather, pressure, temperature, climate, sun, radiation, plant, emission.*

³⁵ Науковий керівник – Поліщук М.І., канд. с.-г. н. доц. кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії

Вступ. Метеорологія – наука про земну атмосферу, яка вивчає її фізичні явища та процеси. Основні об'єкти дослідження: склад і будова атмосфери, тепловий режим атмосфери, вологообіг, загальна циркуляція, електричні поля, оптичні і акустичні явища. **Агromетeорoлoгiя** - наука, що вивчає метеорологічні, кліматичні, гідрологічні умови в їх взаємодії з об'єктами і процесами сільськогосподарського виробництва. Об'єктом вивчення агromетeорoлoгiї є складна система «грунт – рослина – повітря». Агromетeорoлoгiї як наука, знаходиться на межі різних областей знань: метеорології, біології, ґрунтознавства, кліматології, фізіології рослин, географії та ін [1, 2].

Виклад основного матеріалу. *Історія розвитку агromетeорoлoгiї, як науки.* Становлення агromетeорoлoгiї стало можливим після того, як у метеорології стали застосовуватися інструментальні спостереження, які змогли кількісно оцінити важливіші характеристики погоди – атмосферний тиск і температуру повітря [2]. *Французький учений Рене Антуан Реомюр* вперше представив кількісну залежність між рослинністю та кліматом. Він вперше ввів показник суми температур й застосував її для вивчення темпів розвитку рослин (1734). Інший французький учений *Гаспарін* у своїх роботах розглядав зв'язок клімату з землеробством[3]. На розвиток агromетeорoлoгiї також вплинули: Д. Шимкевич, С. Бак, М. Прайс і М. Молга. **Агromетeорoлoгiя, як наука**, була сформована *Олександром Воєйковим та Петром Броуновим. О. І. Воєйков* уперше довів можливість і необхідність застосування знань про клімат у сільському господарстві. У 1885 році він створив перші в Російській імперії 12 агromетeорoлoгiчних станцій, розробив програму спостережень на них. *П. І. Броунов* уперше розробив методичні засади, програми, інструкції та форми записів результатів агromетeорoлoгiчних спостережень за впливом погоди на ріст, розвиток і продуктивність рослин.

Завдання агromетeорoлoгiї. До агromетeорoлoгiї ставляться такі завдання:

1. Вивчення закономірностей формування метеорологічних і кліматичних умов сільськогосподарського виробництва в часі та просторі;
2. Розробка методів кількісної оцінки впливу метеорологічних факторів на стан ґрунту;
3. Формування врожаю сільськогосподарських культур;
4. Розробка методів агromетeорoлoгiчних прогнозів;
5. Агрокліматичне районування, розміщення нових видів, сортів, гібридів сільськогосподарських культур;
6. Агрокліматичне обґрунтування заходів найповнішого та найраціональнішого використання ресурсів клімату для підвищення продуктивності рослинництва;
7. Агрокліматичне обґрунтування засобів меліорації земель, мікроклімату полів, упровадження індустріальних технологій в рослинництві, у тому числі диференційованого застосування агротехніки відповідно до наявних або очікуваних умов погоди;

8. Розробка методів боротьби з несприятливими та небезпечними для сільського господарства гідрометеорологічними явищами, у тому числі методів активного впливу на ці явища;

9. Дослідження закономірностей формування метеорологічних і кліматичних умов сільського господарства;

10. Розробка методів кількісної оцінки впливу метеорологічних факторів на розвиток та продуктивність сільськогосподарських рослин, поширення шкідників і хвороб сільськогосподарських культур;

11. Обґрунтування розміщення нових сортів та гібридів, обґрунтування заходів найповнішого використання ресурсів клімату для підвищення продуктивності землеробства;

12. Розробка заходів боротьби з несприятливими явищами погоди, методів меліорації мікроклімату полів: обґрунтування диференційного використання агротехніки відповідно до метеорологічних умов, що склалися або очікуються;

13. Оперативне забезпечення сільського господарства агрометеорологічною інформацією тощо [2].

Методи агрометеорології. Основні методи:

Метод паралельних (одночасних) спостережень за станом, ростом та розвитком рослин і метеорологічними умовами, у яких вирощуються об'єкти спостережень. Запропонований П. І. Броуновим. Вивчаються всесторонні кількісні та якісні зв'язки між умовами погоди та ростом, розвитком і формуванням продуктивності рослин. Визначаються критичні значення фактори для різних культур, сортів тощо. Найпоширеніший метод.

Метод прискорених (частіших) строків сіви, при якому рослини висіваються в полі в різні строки (наприклад, через кожні 5–10 діб). Вивчається вплив різних метеоумов на рослину в одній місцевості.

Метод географічних посівів, при якому в різних ґрунтово-кліматичних умовах (в різних географічних пунктах) висіваються дослідні рослини.

Метод експериментально-польовий. За допомогою різноманітних стаціонарних та пересувних камер штучного клімату (фітотронів), теплиць тощо регулюється температура та вологість ґрунту, кількість світла, газовий склад повітря і т.ін.

Методи математичної статистики та моделювання, за допомогою яких на основі масових матеріалів спостережень отримуються різноманітні взаємозв'язки між погодними умовами та ростом і розвитком окремих культур.

Метод теоретичного аналізу передбачає отримання в кількісній формі виявлених теоретичним шляхом закономірностей.

Метод дистанційних вимірів з гелікоптерів, літаків, супутників [2].

Картографічний метод – складаються мікрокліматичні карти для оцінки агрокліматичних ресурсів з метою найраціональнішого розміщення сільськогосподарських культур [5].

Агрометеорологічні методи дають найкращі результати на територіях з істотним дефіцитом природного волого забезпечення, коли кількість опадів і температурний режим є визначають урожайності. У регіонах з високим рівнем

волого забезпечення головними обмежуючими факторами врожайності виступають збудники хвороб і шкідники [6]. **Поняття «радіація» та її типи.** Сонце – найближча до нашої планети зірка, центр сонячної системи, у якій кожну секунду відбуваються реакції термоядерного синтезу. Їх наслідком випромінювання світла та тепла (Рис. 1), або радіація, яка підтримує життя на Землі та обумовлює клімат.

Тож **радіація** – це енергія, яку випромінює Сонце. Її потік являє собою електромагнітні хвилі різної довжини, діапазон яких досить широкий: від радіохвиль, рентгенівських променів і до іонізуючого випромінювання, яке ми звикли називати радіацією.

До останнього належать рентгенівські та гамма-промені. Проте **поняттям «радіація» визначається весь спектр сонячного випромінювання.**



Рис. 1. Енергія сонячного випромінювання [9]

*Радіація, що досягає поверхні нашої планети, може бути розсіяною чи прямою. Це пов'язане з великою кількістю природних перешкод на її шляху: озоновий шар атмосфери, хмари, водяна пара та пил у повітрі. Вплив розсіяної радіації на організм є значно меншим, ніж прямої. **Види електромагнітної радіації:***

Пряма радіація – доходить до земної поверхні у вигляді пучка паралельних променів, що виходять безпосередньо від сонячного диска. **Розсіяна радіація** – та яка розсіялась в атмосфері, надходить на земну поверхню з усього небесного зводу. У похмурі дні вона є єдиним джерелом енергії у приземних шарах атмосфери. **Сумарна радіація** – сукупність прямої й розсіяної, що надходить у природних умовах на земну поверхню. Сумарна радіація частково поглинається Землею, а частково відбивається. **Відбита радіація** – частина сумарної радіації, що втрачається земною поверхнею внаслідок відбивання. *Різницю між сумарною та відбитою сонячною радіацією називають поглиненою (залишковою) [8].*

*Відношення відбитої радіації до тієї, що надійшла на дану поверхню, називається **альбедо**.*

Сонячна радіація – електромагнітне і корпускулярне випромінювання Сонця [10]. Загалом, Земля отримує від Сонця менше $0,7 \times 10^{-9}$ (однієї двохмільярдної частки) енергії, яку воно випромінює.

Електромагнітна складова сонячної радіації поширюється у вигляді електромагнітних хвиль зі швидкістю світла і потрапляє в земну атмосферу. Спектральний діапазон електромагнітного випромінювання Сонця дуже

широкий – від радіохвиль (Сонячні радіосплески) до рентгенівських та гамма променів, втім, максимум його інтенсивності припадає на видиму (жовто-зелену) частину спектру. **Корпускулярна складова сонячної радіації** складається переважно з протонів, які рухаються від Сонця зі швидкостями 300-1500 км/с (сонячний вітер). Під час сонячних спалахів, протуберанців утворюються також частинки високих енергій (в основному протони й електрони), що утворюють сонячну компоненту космічних променів [7].

Що впливає на сонячну радіацію:

- географічна широта місцевості: у країнах, близьких до екватора, природний радіаційний фон вищий, а ближче до полюсів – нижчий;
- висота місцевості: гірські вершини отримують більше сонячної енергії, ніж рівнинні простори. Це пояснюється тим, що промені Сонця проходять до вершин гір коротший шлях в атмосфері;
- пора року: на полюсах та екваторі показники майже не змінюються впродовж року, а от у середніх широтах, де відчутні зміни пір року, його показники влітку та взимку різняться;
- висота стояння сонця над горизонтом: коли сонце у зеніті, інтенсивність значно вища, ніж коли воно наближається до горизонту;
- прозорість атмосфери: чим більш забруднена атмосфера, тим менше сонячного випромінювання досягає поверхні Землі. Чим більше в атмосфері хмар, водяної пари і пилу, тим сильніше розсіювання сонячних променів і тим менша кількість сонячної радіації надходить до Землі. Наприклад, у деяких промислових районах запилене повітря послаблює сонячну радіацію майже наполовину.
- підстилаюча поверхня: ґрунти, рослинність, сніг або вода неоднаково поглинають і відбивають сонячну радіацію.

Сонячна енергія та рослини. Сонячна енергія – джерело життя на Землі. Посередником, що пов'язує променевою енергією Сонця з життям людини, є рослина (Рис. 2), яка перетворює в процесі фотосинтезу енергію Сонця в органічну речовину. У ході цього процесу рослини з вуглекислого газу, води та мінеральних речовин ґрунту, синтезують первинні органічні речовини, виділяючи в атмосферу кисень. Саме вони є тією ланкою, яка зв'язує життя на Землі з енергією, що народилася в космосі. Органічні речовини рослин служать основою живлення для всіх організмів. Рослини використовують сонячну енергію продовж усього свого життя. Причому Сонце діє на рослини не тільки безпосередньо, а й через нагрівання ґрунту і повітря.



Рис. 2. Сонячна радіація та рослини [10]

Для характеристики сонячного режиму використовують такий показник, як тривалість сонячного сяяння. Це час, упродовж якого сонце не було закрите хмарами і його промені безпосередньо досягли земної поверхні. Знання річного ходу сонячного освітлення дає змогу провести вчасно сівбу та здійснити інші технологічні елементи. Найбільша тривалість сонячного освітлення в Україні у середньому за рік складає 2150-2450 годин.

Сонячне випромінювання у житті сільськогосподарських культур та заходи його збереження. Рослини потребують якісного тривалого денного освітлення. Без світла практично не можна їх вирощувати. Вирощені при недостатньому освітленні культури, характеризуються низьким вмістом хлорофілу, поживних речовин, цукрів, азотистих сполук, мікро- та макроелементів, вітамінів. В умовах затінення збільшується висота рослин, але послаблюється кущіння, знижується маса надземних органів, погіршуються умови розвитку кореневої системи. Недостатня кількість освітлення зі значною хмарністю є причиною слабкості, диференціації тканин рослини, вони надто витягуються, що часто призводить до переростання та вилягання зернових культур, а коренеплоди та бульбоплоди при цьому слабо розвиваються. Сонячна радіація помітно впливає на хімічний склад рослин. За достатнього освітлення рослини й посіви формують високу врожайність доброї якості. Так, зерно сільськогосподарських культур містить більше білку, клейковини, мінеральних речовин, вітамінів. Вміст цукру в коренеплодах і плодах овочевих, баштанних культур зростає зі збільшенням кількості сонячних днів продовж вегетаційного періоду. У сільському господарстві використовують ряд науково обґрунтованих агротехнічних заходів для регулювання, збільшення або зменшення кількості сонячної радіації, яку одержує окремо рослина. Серед них поширені: проріджування посівів, зменшення або збільшення норми висіву, напрямку сівби, насадження куліс, сумісні посіви, екранізація рослин захисною плівкою, додаткове штучне освітлення тощо.

Висновки. Отже, у даній статті ми розглянули питання метеорології, а саме її підрозділу агрометеорології. Дізналися, що таке агрометеорологія, як наука, дослідили її історію, завдання, методи тощо. Висвітливо питання поняття «радіації», її видів. Вияснили, що таке «сонячна радіація» та з'ясували її складові, як випромінювання енергії Сонця. Дізналися, що впливає на сонячну радіацію та який вплив вона має на рослини. Розглянули питання сонячного випромінювання у житті сільськогосподарських культур та заходи його збереження.

Список використаної літератури

1. ГНСС-метеорологія: навч. Посіб. [для студ. Спец. «Косм. Моніторинг Землі»] / Ф. Д. Заблоцький ; М-во освіти і науки України, Нац. Ун-т «Львів. Політехніка», [Прогр. «Темпус» Європ. Союзу]. Львів: Вид-во Львів. Політехніки, 2013.
2. Ткаченко Т.Г. Агрометеорологія: навч. Посібник. Х. : ХНАУ, 2015.

3. Польовий А. М. Агrometeorologічні дослідження в Україні / А. М. Польовий, Л. Ю. Божко, Т. І. Адаменко. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2017. № 19. С. 72-81.

4. Основи агrometeorologії: Підручник : Польовий А.М., Божко Л.Ю., Вольвач О.В.; Одеський державний екологічний університет. Одеса : Видавництво ТЕС, 2012. С. 8-9.

5. Основи агrometeorologії: Підручник : Польовий А.М., Божко Л.Ю., Вольвач О.В.; Одеський державний екологічний університет. Одеса : Видництво ТЕС, 2012. С. 6-7.

6. Біляєва І.М. Наукове обґрунтування та практичне використання агrometeorologічних методів прогнозування врожайності польових культур в умовах зрошення. *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал*. 2015р.

7. В. Г. Іванчук. Сонячна радіація. *Українська радянська енциклопедія : у 12 т. / гол. Ред. М. П. Бажан ; редкол.: О. К. Антонов та ін. 2-ге вид. К. : Головна редакція УРЕ, 1974–1985.*

8. Сумарне випромінювання. Словник-довідник з екології : навч.-метод. Посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2013. С. 170-171.

9. Оцінка енергії сонячного випромінювання. *ЕкоЕлектрика*. URL: <https://eco-electrics.com.ua/articles/otsinka-energiyi-soniachnogo-viprominiuvannia> (дата звернення 13.03.2025).

10. Сонячна радіація та розвиток і продуктивність кукурудзи: український до свід. *Агроном*. 29.04.2024. URL: <https://www.agronom.com.ua/sonyachnaradiatsiya-ta-rozvytok-i-produktyvnist-kukurudzy-ukrayinskyj-dosvid/> (дата звернення 15.03.2025).

Владислав СКАКУН³⁶,
студент 3-го курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

БІОСТИМУЛЯТОРИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ҐРУНТОВІ МІКРОБІОМИ

Анотація. У даній статті розглядається вплив різних типів біостимуляторів (органічних, мікробних та хімічних) на ріст і розвиток рослин, склад ґрунтового мікробіому та фізико-хімічні властивості ґрунту. В основному розглядаються механізми дії гумінових кислот, екстрактів водоростей, корисних мікроорганізмів (*Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas*) та регуляторів росту рослин (ауксинів, цитокінінів, гіберелінів) за різних агрономічних умов. Для

³⁶ Науковий керівник – Васильков О.В., асистент кафедри землеробства, ґрутознавства та агрохімії

оцінки ефективності біостимуляторів використовували класичні мікробіологічні підходи, а також сучасні молекулярно-біологічні методи, включаючи секвенування метагеному (NGS) та кількісну ПЛР (qPCR). Проаналізовано динаміку чисельності ґрунтових мікроорганізмів, зміни в активності азотфіксуючих і фосфатфіксуючих бактерій та їх вплив на фізикохімічні властивості, такі як структура ґрунту, аерація та водоутримуюча здатність.

Ключові слова: біостимулятори, рослини, ґрунтовий мікробіом, гумінові кислоти, врожайність, фізико-хімічні властивості ґрунту.

Annotation. This article reviews the effects of different types of biostimulants (organic, microbial, and chemical) on plant growth and development, the composition of the soil microbiome, and the physicochemical properties of the soil. The main focus is on the mechanisms of action of humic acids, algae extracts, beneficial microorganisms (*Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas*), and plant growth regulators (auxins, cytokinins, gibberellins) under various agronomic conditions. To assess the effectiveness of biostimulants, classical microbiological approaches were used, as well as modern molecular biological methods, including metagenome sequencing (NGS) and quantitative PCR (qPCR). The dynamics of the number of soil microorganisms, changes in the activity of nitrogen-fixing and phosphate-fixing bacteria, and their effects on physicochemical properties, such as soil structure, aeration, and waterholding capacity, were analyzed.

Keywords: biostimulants, plants, soil microbiome, humic acids, yield, physicochemical properties of soil.

Вступ. Сучасне сільське господарство стикається з проблемами, пов'язаними з деградацією ґрунтів, зниженням їх родючості та порушенням мікробіологічного балансу. Одним з найбільш перспективних підходів до покращення агроєкосистем є використання біостимуляторів - природних або синтетичних сполук, які сприяють росту та розвитку рослин, активізують біологічні процеси в ґрунті та покращують мікробіологічний склад. Ґрунтовий мікробіом відіграє важливу роль у підтримці здоров'я ґрунту, включаючи розкладання органічної речовини, кругообіг поживних речовин, фіксацію азоту та захист рослин від патогенів. Однак надмірне використання мінеральних добрив і пестицидів порушує мікробний баланс і знижує природну стабільність і продуктивність ґрунтів. На цьому тлі біостимулятори з'явилися як інноваційний інструмент для відновлення ґрунтової мікрофлори та підвищення ефективності агротехнологій.

Незважаючи на зростаючий інтерес до біостимуляторів, їх вплив на мікробіом ґрунту все ще залишається недостатньо вивченим. Існує потреба у з'ясуванні механізмів дії біостимуляторів, оцінці ефективності різних типів біостимуляторів та аналізі їхнього довготривалого впливу на функціонування ґрунтової екосистеми. Метою даного дослідження є аналіз впливу біостимуляторів на склад та активність ґрунтових мікроорганізмів, визначення

ролі біостимуляторів у формуванні стійких агроєкосистем та оцінка їх потенціалу для практичного застосування для підвищення родючості ґрунтів.

Виклад основного матеріалу. Біостимулятори – це природні або синтетичні сполуки, які покращують ріст і розвиток рослин, впливаючи на фізіологічні та біохімічні процеси, не забезпечуючи при цьому джерело основних поживних речовин. Вони підвищують стійкість рослин до стресів, стимулюють розвиток кореневої системи, покращують поглинання мінеральних речовин та активізують мікробіологічну взаємодію між рослиною та ґрунтом. Біостимулятори можна використовувати для підвищення ефективності використання добрив, зменшення негативного впливу стресів, таких як посуха та засолення, а також для покращення якості врожаю. Біостимулятори можна розділити на три основні групи за походженням та механізмом дії: органічні, мікробні та хімічні [1, 2].

Органічні біостимулятори включають гумінові кислоти, фульвокислоти, екстракти водоростей, амінокислоти, білкові гідролізати та природні полімери. Гумінові кислоти покращують структуру ґрунту, підвищують водоутримуючу здатність і доступність мікроелементів. Гумінові кислоти зв'язують частинки ґрунту в агрегати, покращуючи таким чином аерацію та зменшуючи ризик ерозії. Фульвокислоти проникають у клітини коренів і транспортують поживні речовини, підвищуючи ефективність засвоєння. Амінокислоти та білкові гідролізати позитивно впливають на метаболічні процеси рослин, підвищуючи стійкість до абіотичних стресів та сприяючи відновленню пошкоджених тканин. Препарати на основі екстрактів бурих водоростей (*Ascophyllum nodosum*) містять природні фітогормони та поліненасичені жирні кислоти, які сприяють росту мікроорганізмів. Внесення гумінової кислоти збільшило кількість ґрунтових мікроорганізмів на 25-30%, стимулювало ріст мікоризних грибів та підвищило доступність фосфору для рослин (Рис. 1) [3, 4].

До мікробних біостимуляторів належать живі корисні мікроорганізми, такі як *Azospirillum*, *Bacillus* і *Pseudomonas*, які сприяють фіксації азоту, мобілізації фосфору та синтезу біологічно активних речовин. Наприклад, використання *Bacillus megaterium* збільшило рівень доступного фосфору в ґрунті на 30%, сприяючи розвитку зернових культур. Мікробні препарати також виробляють екзополісахариди, які стабілізують ґрунтові кластери, підвищують утримання вологи та зменшують ерозію [5, 6, 7, 8].

До хімічних біостимуляторів належать регулятори росту рослин, такі як індол-3-оцтова кислота (ауксин), бензиладенін (цитокинін) і гібереліни, а також мінеральні стимулятори. Вони впливають на клітинні процеси і сприяють росту та розвитку рослин. Ауксини сприяють розвитку кореневої системи та покращують поглинання води і поживних речовин, цитокиніни регулюють поділ рослинних клітин і транспорт поживних речовин, а гібереліни стимулюють проростання насіння і ріст пагонів. Основними перевагами хімічних біостимуляторів є те, що вони швидко діють і можуть використовуватися в поєднанні з мінеральними добривами [9, 10].



Рис. 1. *Ascophyllum nodosum* [11]

Сучасні молекулярно-біологічні та класичні мікробіологічні методи були використані для оцінки змін у складі мікробної популяції ґрунту після застосування біостимуляторів. Це дозволяє визначити видовий склад мікроорганізмів, оцінити їх чисельність та функціональну активність. Одним з найефективніших методів є метагеномний аналіз (секвенування наступного покоління, NGS), який дозволяє визначити загальний склад мікроорганізмів у ґрунті без необхідності культивування їх у лабораторії. Для аналізу із зразків ґрунту виділяли тотальну ДНК за допомогою набору DNeasy PowerSoil Kit та ампліфікували ген 16S рРНК бактерій і ITS-область грибів за допомогою полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР). Отримані фрагменти були секвеновані на платформі IlluminaMiSeq, а потім порівняні з базами даних NCBI та SILVA для біоінформатичного аналізу. Наприклад, було оцінено вплив екстрактів водоростей на біорізноманіття ґрунту та виявлено збільшення кількості представників роду *Pseudomonas*, який відіграє важливу роль у підтримці здоров'я рослин [12, 13, 14, 15].

Кількісна ПЛР у реальному часі (qPCR) була використана для визначення відносної чисельності основних мікробних груп з використанням праймерів, специфічних до ключових генів, таких як *nifH* (азотфіксуючі бактерії) і *phoD* (фосфатфіксуючі бактерії), активність яких можна було оцінити. Наприклад, було показано, що внесення мікробного біостимулятора на основі *Bacillus* збільшує експресію гена *phoD* і покращує транслокацію фосфору в ґрунті [16, 17].

Азотфіксуючі бактерії висівали на середовище Ешбі, фосфатфіксуючі мікроорганізми – на агар Піковської, а актиноміцети – на середовище Чапека. Кількість мікроорганізмів оцінювали в колоніє утворюючих одиницях (КУО). Наприклад, після внесення гумінової кислоти кількість азоспірил зросла в 1,5 рази, що свідчить про посилення азотфіксації (Рис. 2)[6, 18].

Прикладами рослин, ріст яких було покращено завдяки застосуванню біостимуляторів, є пшениця, помідори, соя, кукурудза, соняшник, огірки та виноград. Застосування мікробного біостимулятора на основі *Bacillus subtilis* підвищило врожайність пшениці на 20%, покращило засвоєння азоту і фосфору, сформувало більш розвинену кореневу систему і підвищило стійкість до несприятливих умов. Внесення гумінових кислот у ґрунт для вирощування

томатів збільшило біомасу плодів на 15%, підвищило стійкість до посухи та покращило загальну якість врожаю. Соеві боби позитивно реагували на обробку екстрактами водоростей, що сприяло активному розвитку кореневої системи, збільшенню поглинання води та поживних речовин і посиленню фіксації азоту.



Рис.2. Азотфіксуючі бактерії [19]

Кукурудза продемонструвала підвищену стійкість до грибкових захворювань, покращену якість зерна та підвищену врожайність при застосуванні мікробних препаратів, отриманих з *Pseudomonas*. Дослідження з використанням біостимуляторів на соняшнику показало збільшення кількості насіння на 10% та збільшення вмісту олії на 5%. Дослідження з використанням біостимуляторів на основі амінокислот на огірках показало більш раннє цвітіння, більш рівномірне дозрівання та збільшення врожайності на 12%. У винограді біостимулятор на основі фульвокислот підвищив вміст цукру в плодах, покращив стійкість до грибкових інфекцій та сприяв підвищенню якості врожаю і терміну зберігання [20, 21, 22, 24].

Висновок. У дослідженні проаналізовано вплив різних типів біостимуляторів (органічних, мікробних та хімічних) на ріст і розвиток рослин, зміни в ґрунтовому мікробіомі та покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту. Результати показали, що всі типи біостимуляторів мають позитивний вплив на агроєкосистеми, але їхні ефекти залежать від умов застосування.

Органічні біостимулятори, такі як гумінові кислоти та екстракти водоростей, довели свою високу ефективність у покращенні структури ґрунту, водоутримуючої здатності та доступності поживних речовин. Їх використання збільшило кількість ґрунтових мікроорганізмів на 25-30%, сприяючи активізації мікоризних грибів та покращенню засвоєння фосфору. Цей тип біостимуляторів виявився особливо ефективним для покращення родючості ґрунтів з низьким вмістом органічної речовини.

Мікробні біостимулятори, що містять корисні мікроорганізми (*Azospirillum*, *Bacillus* та *Pseudomonas*), показали найкращі результати у стимулюванні азотфіксації, мобілізації фосфатів та загальної активності ґрунтового мікробіому. Застосування препаратів *Bacillus megaterium* підвищило рівень доступного фосфору на 30%. Мікробні біостимулятори слід застосовувати

в умовах, коли важливо активізувати біологічні процеси в ґрунті, особливо під зерновими та бобовими культурами.

Хімічні біостимулятори (ауксини, цитокініни та гібереліни) вирізнялися негайною дією та потенціалом для поєднання з мінеральними добривами. Їх застосування стимулювало ріст кореневої системи, підвищувало поглинання води та поживних речовин і допомагало рослинам адаптуватися до стресових умов. Наприклад, обробка сої гіберелінами збільшила біомасу кореневої системи на 18%. Однак хімічні біостимулятори мають обмежену тривалість дії і найкраще підходять для короточасного покращення стану рослин у стресових умовах.

Загалом, мікробні біостимулятори виявилися найбільш ефективними в довгостроковій перспективі, оскільки вони не лише покращують ріст і розвиток рослин, але й підтримують біологічну активність ґрунту та мають довготривалий ефект. Органічні біостимулятори рекомендуються для покращення структури та родючості ґрунту, тоді як хімічні добрива найкраще використовувати для швидкого відновлення рослин у стресових умовах. Тому тип біостимулятора слід обирати, виходячи з конкретних агрономічних завдань, ґрунтових і кліматичних умов.

Список використаної літератури

1. Roupael, Y., Colla, G. Toward a sustainable agriculture through plant biostimulants: from experimental data to practical applications. 2020. С. 1461.
2. Біостимулятори. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Біостимулятори> (Дата звернення 08.03.2025 р.).
3. Sharma, H.S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J.R., Martin, T. Plant biostimulants: A review on the processing of plant extracts and their effects on plant growth and crop yield. 2014. С. 422–443.
4. Bulgari, R., Franzoni, G., Ferrante, A. Biostimulants Application in Horticultural Crops under Abiotic Stress Conditions. 2019. 8 с.
5. Sharma, S.B., Sayyed, R.Z., Trivedi, M.H., Gobi, T.A. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. 2013. С. 587.
6. Bashan, Y., de-Bashan, L.E. How the Plant Growth-Promoting Bacterium *Azospirillum* Promotes Plant Growth – A Critical Assessment. 2010. С. 77–136.
7. Vassilev, N., Vassileva, M., Nikolaeva, I. Simultaneous P-solubilizing and biocontrol activity of microorganisms: potentials and future trends. 2006. С. 137–144.
10. Bhardwaj, R., Kant, C., Sharma, R. Regulation of plant growth and development by hormones. 2020. С. 425–438.
11. Аскофиллум. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Аскофиллум> (Дата звернення 09.03.2025 р.).
12. Shaky, M., Gottel, N., Castro, H. et al. A multifactor analysis of fungal and bacterial community structure in the root microbiome of mature *Populus deltoides* trees. 2013. 12 с.

13. Fierer, N., Jackson, J.A., Vilgalys, R., Jackson, R.B. Assessment of soil microbial community structure by use of taxon-specific quantitative PCR assays. 2005. С. 4117–4120.
15. Tedersoo, L., Anslan, S., Bahram, M., Põlme, S., Riit, T. Shotgun metagenomes and multiple primer pair-barcode combinations of amplicons reveal biases in metabarcoding analyses of fungi. 2015. С. 1–43.
16. Han, L., Wang, H., Zhang, Z., Gong, S., Yan, Y. Quantitative PCR analysis of nifH gene expression in diazotrophic microbial communities in agricultural soils. 2019. С. 21–28.
17. Полімеразна ланцюгова реакція у реальному часі (qPCR). URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Полімеразна_ланцюгова_реакція_у_реальному_часі (Дата звернення 10.03.2025 р.).
18. Vassilev, N., Vassileva, M., Nikolaeva, I. Simultaneous P-solubilizing and biocontrol activity of microorganisms: potentials and future trends. 2006. С. 137–144.
19. Азотфіксація За Допомогою Рослин Та Бактерій. URL: <https://eos.com/uk/blog/azotfiksatsiia/> (Дата звернення 10.03.2025 р.).
20. Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. 2014. С. 3–41.
21. Canellas, L.P., Olivares, F.L. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. 2014. 11 с.
22. Sharma, H.S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J.R., Martin, T. Plant biostimulants: A review on the processing of plant extracts and their effects on plant growth and crop yield. 2014. С. 422–443.
23. Roupael, Y., Colla, G. Toward a sustainable agriculture through plant biostimulants: from experimental data to practical applications. 2020. 1461 с.
24. *Bacillus subtilis*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Bacillus_subtilis (Дата звернення 10.03.2025 р.).

Анна-Марія СОКОЛОВА³⁷,
Студентка 2-го курсу,
Факультету агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ЗАХИСТ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ ВІД ШКОДОЧИННИХ ОРГАНІЗМІВ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ПРАВОБЕРЕЖНОГО

***Анотація.** Дослідженнями встановлено, за першого обліку (ВВСН 14) забур'янення у контрольній ділянці становило 85 шт/м² бур'янів. Гербіцид Харнес у нормі 2,0 л/га достатньо ефективно знищував плоскуху звичайну, мишій сизий, відмінно – гірчак шорсткий. Проте незадовільно контролює гірчак*

³⁷ Науковий керівник – Колісник О. М., доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

березковидний, осот польовий і березку польову. У фазі чотирьох листків у варіантах де вносили Харнес (2,0 л/га) забур'яненість становила 38 шт/м², а Харнес (1,5 л/га) – 46 шт/м².

Ключові слова. кукурудза, гербіцид, бур'яни, норма внесення гербіцидів, структура урожайності.

Abstract. Studies have shown that at the first registration (BBCH 14) weed infestation in the control plot was 85 pcs/m² of weeds. The herbicide Harness at a rate of 2.0 l/ha effectively destroyed common flatweed, blue mouseweed, and excellently - rough bitterweed. However, it controls birch-like bittercress, field thistle and field birch unsatisfactorily. In the four-leaf phase in the variants where Harness (2.0 l/ha) was applied, the weed infestation was 38 pcs/m², and Harness (1.5 l/ha) - 46 pcs/m².

Keywords. corn, herbicide, weeds, herbicide application rate, yield structure.

Вступ. Організація ефективного застосування фунгіцидів та гербіцидів на кукурудзі має виключно важливе стратегічне значення, оскільки тісно пов'язана з виробництвом зерна цієї культури. Від стану насінництва залежать об'єми і вартість вирощеного товарного зерна, а також його експортна спроможність. Особливо важливого значення набуває якісне насінництво у системі завдань, поставлених Стратегією розвитку зерновиробництва країни до 2035 року, а також визнання принципу еквівалентності щодо постачання вітчизняного насіння на міжнародні ринки Європейського Союзу.

Виклад основного матеріалу. Кукурудза - культура, яка зазвичай висівають з широким міжряддям, тож доволі тривалий час вона не може чинити фітоценотичний тиск на бур'яни і відповідно, не здатні конкурувати за світло, простір, вологу та елементи живлення з бур'яною рослинністю. Між тим, нестача ресурсів на старті є серйозною перепорою до формування високого рівня майбутньої врожайності. Тож, щоб забезпечити посіви всім необхідним на ранніх етапах росту, ігнорувати ґрунтовий захист в жодному разі не варто – адже він є основою, на яку потім «надбудовуватимуться» подальші обробки [1, 3, 4].

Шкода, завдана бур'янами дуже багатогранна і різноманітна. Вступаючи в міжвидові конкурентні стосунки з культурними рослинами, забирають воду, поживні речовини. Наявність бур'янового компонента в агроценозі сприяє розвитку шкідників та хвороб. В основу класифікації бур'янів покладені основні принципи: тип живлення, тривалість життя та характер розмноження. Ця класифікація носить прикладний характер, найповніше відповідаючи вимогам практичного землеробства. Підсумкова класифікаційна одиниця бур'янів – біологічний тип або біологічна група. Біологічний тип або біологічна група бур'янів - група рослин, схожих між собою за особливостями життя – за типом живлення, за тривалістю життя та характером розмноження [2, 4, 5-6].

В агроценозах кукурудзи шкідливими бур'янами є однорічні бур'яни – галінсога дрібноцвітна (*Calinsoga parviflora* (Cov.)), суріпиця звичайна (*Barbarea vulgaris* (R.Br.)), амброзія полиннолиста (*Ambrosia artemisiifolia*), види проса

(*Panicum* spp. (L.)), портулак городній (*Portulaca vulgaris* (L.)), мишій сизий (*Setaria glauca* (L.)) та інші.

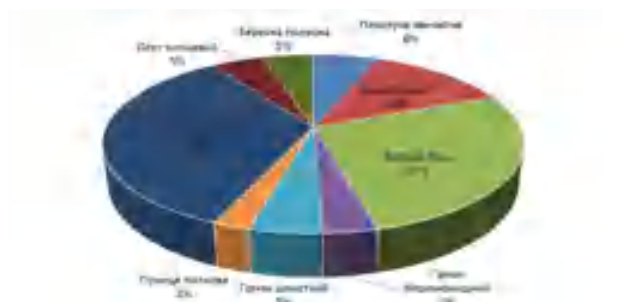


Рис.1. Видова структура бур'янів у посівах кукурудзи на зерно, %

Візуальний розподіл частки певного виду бур'янів показано на рисунку 1. Талабан польовий займає третину із загальної кількості бур'янів, лобода 27 %, злаки – 19 %, коренепаросткові – 10% і до п'яти відсотків інші види бур'янів.

Кількісно-видовий та ваговий облік бур'янів провели перед збирання врожаю кукурудзи. Він дає можливість оцінити використані способи захисту культури щодо контролю бур'янів. Як бачимо з таблиці 1 максимально ефективним був гербіцид Майстер Пауер (1,3) лише 4 шт/м². Цей комбінований гербіцид успішно знищував однорічні бур'яни мав достатньо ґрунтову дію проконтролювати нові сходи проте під впливом інтенсивних опадів не було достатньої дії на осот і березку польову, а також спостерігається присутність поодиноких рослин лободи білої.

Таблиця 1. Чисельність бур'янів перед застосуванням гербіцидів на кукурудзі, шт./м²

Назва бур'яну	Варіант досліджу				
	Контроль	Харнес (2,0 л/га)	Примекстра TZ Голд (4 л/га)	Майс Тер [®] Пауер (1,3 л/га)	Елюміс (1,8 л/га)
Осот польовий	7	5	0	2	1
Березка польова	6	4	2	2	1
Лобода біла	19	6	0	0	0
Гірчак березковидний	5	4	1	0	0
Плоскуха звичайна	9	4	8	0	0
Мишій сизий	13	3	11	0	0
Гірчак шорсткий	3	0	0	0	0
Гірчиця польова	3	2	0	0	0
Талабан польовий	17	9	0	0	0
<i>Всього</i>	<i>73</i>	<i>37</i>	<i>22</i>	<i>4</i>	<i>2</i>

На ділянках де застосували Примекстра TZ Голд (4 л/га) залишилися злакові бур'яни та частково березка. Загальна кількість бур'янів – 22 шт/м².

Надзвичайно високу ефективність показав гербіцид Елюміс (30 г/л Нікосульфурон, 75 г/л Мезотріон). У цих варіантах на час збирання кукурудзи бур'янів не виявлено.

Аналіз структури забур'янення перед збиранням кукурудзи показав, що домінувала лобода біла – 21%, мишій сизий і талабан польовий – 18 %, осот 10%. Частка інших бур'янів була меншою за 10%.

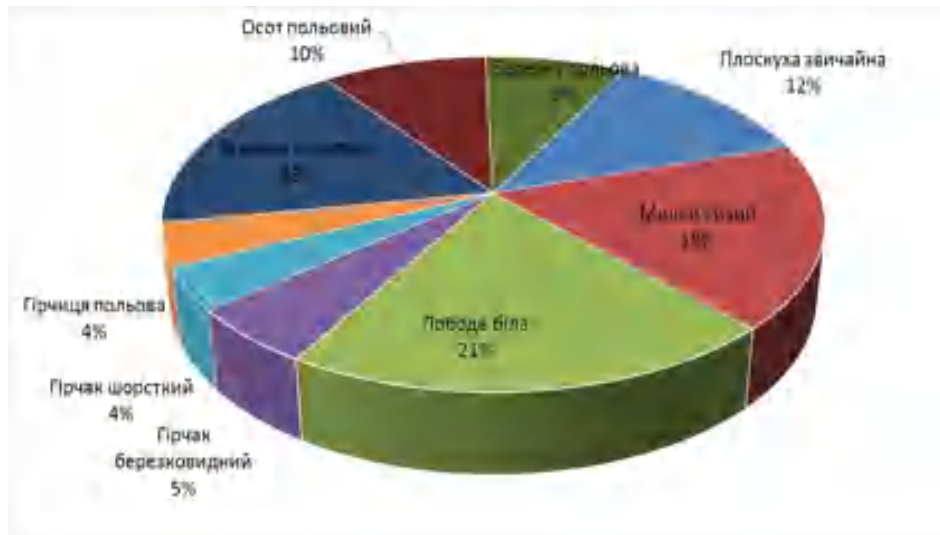


Рис.2. Видова структура бур'янів у посівах кукурудзи на зерно перед збиранням урожаю, %.

Характеристика структурних елементів врожаю відображає вплив того чи іншого елементу технології вирощування. Аналіз цих показників є важливим, оскільки саме елементи структури обумовлюють врожайність культури. Встановлено, що низка структурних ознак, наприклад кількість рядів зерен, є більш стійкими до умов навколишнього середовища, коли інші ефективніше відгукуються на елементи технології [2, 5, 6].

У середньому за роки досліджень встановлено, що збільшення норми добрив позитивно впливало на структурні показники врожаю кукурудзи (табл. 2).

Таблиця 2. Структура врожаю кукурудзи залежно від застосування гербіцидів в середньому 2023-2024 рр.

№	Варіант досліджу	Норма внесення гербіциду	Кількість рядів зерен, шт.	Кількість зерен у ряді, шт.	Маса зерна з 1 качана, г
1	Контроль (беззахисту)	-	14,5	32,0	129,2
2	Харнес	2,0л/га	14,3	33,7	134,7
3	Примекстра TZ Голд	4л/га	14,6	33,8	135,4
4	МайсТер® Пауер	1,3л/га	14,5	31,9	137,6
5	Елюміс	1,8 л/га	14,5	33,8	137,1

Найбільший вплив на масу зерна з качана мало підживлення після цвітіння. Маса зерна з качана у цьому варіанті становила 187,3–200,5 г, що забезпечило 12,4-25,6 г, або 8,5-16,6 % приросту відносно контролю.

Важливим та об'єктивним показником оцінки окремих ланок технології вирощування сільськогосподарських культур є величина врожайності.

Врожай кукурудзи формується під впливом ґрунтових та кліматичних умов, які впливають на кількість та якість врожаю. Поліпшуючи умови росту і розвитку культурних рослин можна досягти отримання високого врожаю.

Урожай це кількість продукції (в даному випадку зерно), яка зібрана з усієї площі посіву сільськогосподарської культури. Урожайність поділяють на господарську та біологічну. Господарську – визначають як частку від ділення валового збору на посівну площу культури (ц/га; т/га).

Урожайність біологічна це кількість біомаси (зерно та солома) з одиниці площі. Біомасу збирають без утрат з 1 або з 10 м² та перераховують на площу одного гектара. При визначенні біологічного врожаю кукурудзи вимірюють загальну масу рослин з відібраних зразків (коріння не враховують) та після обмолоту качанів – масу зерна й одержані результати перераховують на 1 м² та на всю площу поля.

В наших дослідженнях на рівень урожайності зерна кукурудзи суттєвий вплив мали гідро-термічні умови років досліджень. Більші показники врожаю фіксувалися нами у 2023 році, при чому ця тенденція прослідковується у всіх варіантах досліді (табл. 3)

Таблиця 3. Вплив гербіцидів на урожайність зерна кукурудзи, т/га

№	Варіант досліді	Норма внесення	Врожайність, т/га			Приріст врожаю до контролю т/га
			2023р.	2024р.	Середнє за 2023-2024 рр.	
1	Контроль (без захисту)	–	6,10	6,50	6,30	–
2	Харнес	2,0 л/га	8,70	9,20	8,95	2,65
3	Примекстра TZ Голд	4 л/га	9,40	9,90	9,65	3,35
4	МайсТер® Пауер	1,3 л/га	11,90	12,80	12,35	6,05
5	Елюміс	1,8 л/га	11,70	12,50	12,10	5,80
НІР ₀₅			0,13	0,35		

Формування врожаю зерна кукурудзи залежало і від чинника, який ми вивчали – використання гербіцидів. Максимальну врожайність (12,35 т/га) зерна кукурудзи у середньому за роки досліджень забезпечив варіант із внесенням гербіциду Майстер Пауер – 1,3 л/га. Приріст врожаю до контрольного варіанту складає 6,05 т/га або 96,0 %. Певною альтернативою використання Майстер Пауер є внесення гербіцидів Елюміс (30 г/л Нікосульфурон, 75 г/л Мезотріон). Даний варіант контролю бур'янів забезпечив урожай зерна та надвишку до

контролю у середньому за 2023-2024 рр. на рівні 12,10 т/га та 5,80 т/га відповідно. Включення у технологію вирощування кукурудзи внесення Харнесу (2 л/га) та Примекстра TZ Голд (4 л/га) є менш ефективним, оскільки надвишка до контрольного варіанту була значно меншою і коливалась в межах 2,65-3,35 т/га або 42,1-53,2%. Враховуючи показник НІР 0,5 т/га, ми стверджуємо, що наші результати є математично доведені та достовірні.

Отже, можна зробити висновок, що в умовах дослідження застосування гербіцидів сприяє покращення елементів структури врожаю кукурудзи на зерно та забезпечує достовірне підвищення врожайності.

Висновки. За результатами проведених досліджень з вивченням впливу гербіцидів на врожай зерна кукурудзи робимо наступні висновки:

Вплив гербіцидів опосередковано впливає на вологість ґрунту. Після застосування ґрунтового гербіциду Харнес (2,0 л/га) у фазу цвітіння кукурудзи вологість була вищою порівняно з контрольною ділянкою на 0,8% і становила 18,7%. У варіантах де була найменша забур'яненість вологість зростала до 19,319,4%. У фазі дозрівання кукурудзи у контролі вологість ґрунту становила 15,7 % вологи, що на 0,7-1,7% менше порівняно із варіантами, де застосовували хімічні препарати захисту від бур'янів.

Кількісно-видовий та ваговий облік бур'янів провели перед збирання врожаю кукурудзи. Максимально ефективним був гербіцид Майстер Пауер (1,3) – забур'яненість становила лише 5 шт/м². Цей комбінований гербіцид успішно знищував однорічні бур'яни мав достатньо ґрунтову дію щоб контролювати нові сходи проте не мав достатньої дії на осот і березку польову, а також спостерігається присутність поодиноких рослин лободи білої. Надзвичайно високу ефективність показала комбінація гербіцидів харнес (ацетохлор) як ґрунтового гербіциду Елюміс (1,8 л/га). У цих варіантах на час збирання кукурудзи бур'янів не виявлено.

У середньому за 2023-2024 роки дослідження ефективність гербіцидів є високою і становить 49-100%. Найнижчу ефективність дії на бур'яни (майже 50%) має ґрунтовий гербіцид Харнес, що приблизно на 20 % менше за внесення страхового гербіциду Пріми TZ Голд 4 л/га. Максимальну ефективність (100%) забезпечує Елюміс (1,8 л/га).

Найвищу врожайність (12,35 т/га) зерна кукурудзи забезпечив варіант із внесенням гербіциду Майстер Пауер – 1,3 л/га. Приріст врожаю до контрольного варіанту складає 6,05 т/га або 96,0 %. Певною альтернативою використання Майстер Пауер є внесення гербіцида Елюміс (1,8 л/га). Даний варіант контролю бур'янів забезпечив урожай зерна та надвишку до контролю на рівні 12,1 т/га та 5,80 т/га відповідно. Включення у технологію вирощування кукурудзи внесення Харнесу (2 л/га) та Пріми TZ Голд (4 л/га) є менш ефективним, оскільки надвишка до контрольного варіанту була значно меншою і коливалась в межах 2,65-3,35 т/га або 42,1-53,2 %.

Список використаної літератури

1. Колісник О.М. Стійкість самозапилених ліній та гібридів кукурудзи до основних хвороб та шкідників в умовах Правобережного Лісостепу України. *Вісник полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 2 С.53-61.
2. Колісник О.М. Оцінка генотипів кукурудзи за стійкістю до шкодочинних об'єктів в умовах лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. №2 (13). С. 143-153.DOI: 10.37128/2707-5826-2019-2-12
3. Колісник О.М., Бутенко А.О., Малинка Л.В., Масік І.М., Онучко В.І., Онучко Т.О., Кріучко Л.В., Кобзев О.М. Adaptive properties of maize forms for improvement in the ecological status of fields. *Ukrainian Journal of Ecology* 2019 №9(2), 33-37.
4. Колісник О.М. Створення простих гібридів кукурудзи з різною стійкістю до хвороб і шкідників. *Зрошуване землеробство*. 2019. Випуск 71. С. 71-75.
5. Паламарчук В.Д., Доронін В.А., Колісник О.М., Алексєєв О.О. Основи насіннєзнавства (теорія, методологія, практика). Вінниця: «Друк», 2022. 392 с.
6. Паламарчук В.Д., Колісник О.М. Сучасна технологія вирощування кукурудзи для енергоефективного та еколого безпечного розвитку сільських територій Вінниця: «Друк», 2022. 372 с.
- 7.

Ярослав ЦАРЮК³⁸,

студент 5-го курсу

ННІ агротехнологій та природокористування
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин

Вінницький національний аграрний університет

Вінниця, Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

Анотація. Враховуючи сучасну енергетичну кризу, породжену нестачею викопних видів палива, все більше актуальним стає питання використання відновлювальних джерел енергії та сталого розвитку економіки. У зв'язку із збільшенням промислових площ вирощування енергетичної верби в Україні, виникає потреба у вивченні і впровадженні у виробництво нових технологій догляду. У статті показано вплив елементів технології вирощування на показники росту й розвитку енергетичної верби. Встановлено оптимальні пори року посадки, зокрема, при посадці восени середній відсоток приживання по всіх

³⁸ Науковий керівник – Мазур О.В. доцент кафедри рослинництва та садівництва ВНАУ

варіантах склав (вар. 1-6) 84 %, тоді як при посадці весною – 35 %, тобто вдвічі менше.

При зменшенні кількості висаджених живців на 1 га урожай сирової маси верби децю зменшується, тобто оптимальною є схема посадки восени 13-15 тис, а весною в перший строк – 13 тис./га, а в другий строк – 15 тис./га.

Ключові слова: енергетична верба, строки, схема посадки, пори року.

Annotation. Considering the current energy crisis caused by the lack of fossil fuels, the issue of using renewable energy sources and sustainable economic development is becoming more and more relevant. In connection with the increase in industrial areas of energy willow cultivation in Ukraine, there is a need to study and introduce new care technologies into production. The article shows the influence of elements of cultivation technology on growth and development indicators of energy willow. The optimal times of the year for planting were determined, in particular, when planting in autumn, the average percentage of rooting in all variants (var. 1-6) was 84%, while when planting in spring it was 35%, i.e. half as much.

When reducing the number of planted cuttings per 1 ha, the yield of raw willow mass decreases slightly, i.e. the optimal planting scheme is 13-15 thousand in the fall, and 13 thousand/ha in the first season in the spring, and 15 thousand/ha in the second season.

Keywords: energy willow, terms, planting scheme, seasons.

Вступ. Ґрунтово-кліматичні умови більшості регіонів України є сприятливими для вирощування культур з високим рівнем накопичення енергії біомаси під час вегетації. Значні перспективи для біоенергетики в Україні мають деякі нетрадиційні культури, здатні накопичувати велику біомасу, зокрема за рахунок того, що у них фотосинтез відбувається впродовж тривалого періоду – від ранньої весни до пізньої осені. Серед широкого спектру нових високопродуктивних культур є енергетична верба «*Salix Viminalis*». Енергетичні рослини, в нашому випадку енергетичну вербу, можна вирощувати на малопродуктивних землях, заплавах річок, торф'яниках [1-3].

У зв'язку із збільшенням промислових площ вирощування енергетичної верби в Україні, виникає потреба у вивченні і впровадженні у виробництво нових технологій догляду, встановленню науково-обґрунтованих параметрів і прийомів вирощування, таких як строки та глибина посадки живців (черенків), і їх вплив на формування структури врожаю, біологічні особливості і продуктивності агрофітоценозу. Тому розроблення і впровадження елементів механізованої технології вирощування біомаси енергетичної верби для виробництва твердого біопалива у вигляді брикетів та пелетів, є актуальною темою, що має наукове й практичне значення [4, 5].

Мета досліджень. Оптимізація елементів технології та підвищення продуктивності вирощування енергетичної верби на основі визначення особливостей росту, розвитку та продуктивності, розробка технологічних процесів та обґрунтування елементів технології вирощування в умовах

центральної частини Лісостепу України для виробництва твердих видів біопалива.

Завдання досліджень:

1. Встановити строки садіння живців (черенків) енергетичної верби.
2. Встановити схему садіння живців (черенків).
3. Встановити продуктивність біомаси енергетичної верби «Salix Viminalis» залежно від ширини міжрядь та способу догляду за насадженнями в перший рік вегетації.

Об'єкт дослідження – вплив строків та оптимальна схема садіння живців (черенків) енергетичної верби на її продуктивність.

Предмет дослідження – складові елементи технології (технологічні процеси) вирощування і використання біомаси енергетичної верби, на основі вивчення біологічних і агрофізичних властивостей культури.

Дослідження проводилися за загальноприйнятими науковими та спеціальними агрономічними методами, з широким використанням електронної обчислювальної техніки при опрацюванні та аналізі одержуваних результатів [6, 7].

Схема досліду: _Фактор А. Строки садіння живців (черенків) енергетичної верби. Весняний строк садіння: II декада квітня; I декада травня. Осінній строк садіння: III декада вересня; II декада жовтня. Фактор Б. Схема садіння живців (черенків): 2x70x200 (15 тис. шт./га); 2x100x200 (13 тис. шт./га); 2x150x200 (12 тис. шт./га)

Виклад основного матеріалу В період вегетації енергетичної верби проходило інтенсивне використання рослинами вологи та випаровування з поверхні ґрунту. про це свідчать дані по вмісту продуктивної вологи в середині вегетації. На всіх варіантах досліджень вміст вологи в метровому шарі ґрунту був приблизно однаковим. На 20-й день після садіння було визначено відсоток черенків енергетичної верби, що прижилися і почали вегетацію (табл. 1).

При посадці восени середній відсоток приживання по всіх варіантах склав (вар. 1-6) 84 %, тоді як при посадці весною – 35 %, тобто вдвічі менше.

Особливо низький відсоток приживання при посадці енергетичної верби 5.05. 2022 р. – всього 27 %.

В період збирання врожаю (17.11. 2022 р.) були визначені біометричні (продуктивні) показники розвитку рослин енергетичної верби (Табл. 2).

Кількість черенків, що були посаджені восени в I строк, відросли 5 шт., в II строк – 5 шт., тобто 100 %-ве приживання. При посадці навесні відповідно – 3,3 та 2,1 шт., тобто приживання складає 54 %. При посадці навесні зменшується кількість пагонів з одного живця, середня висота всіх пагонів та середня вага пагонів з одного живця і, як наслідок, значне зменшення урожаю сирової маси енергетичної верби (табл. 3).

У середньому по варіантах при посадці восени урожай сирової маси склав 29,4 т/га, при посадці навесні – 8,6 т/га. При посадці у жовтні та травні місяцях відмічається значне зменшення врожаю сирової маси в порівнянні з вереснем та квітнем.

Таблиця 1 Відсоток черенків енергетичної верби, що прижилися на 20-й день після садіння на 2,5 пог.м, %

Варіанти дослідів	Повторення									Середнє значення		
	I			II			III					
	посаджено	прижилося	%	посаджено	прижилося	%	посаджено	прижилося	%	посаджено	прижилося	%
1	5	4	80	5	5	100	5	4	80	5	4,3	86
2	5	4	80	5	4	80	5	4	80	5	4,0	80
3	5	4	80	5	5	100	5	4	80	5	4,3	86
4	5	4	80	5	5	100	5	4	80	5	4,3	86
5	5	4	80	5	4	80	5	5	100	5	4,3	86
6	5	3	60	5	5	100	5	4	80	5	4,0	80
7	5	2	40	5	2	40	5	3	60	5	2,3	46
8	5	2	40	5	2,5	50	5	2,0	40	5	2,2	44
9	5	2	40	5	2	40	5	2,0	40	5	2,0	40
10	5	1,5	30	5	1,5	30	5	1,5	30	5	1,5	30
11	5	1,3	26	5	1,2	24	5	1,5	30	5	1,3	26
12	5	1,3	26	5	1,2	24	5	1,5	30	5	1,3	26

Таблиця 2 Продуктивні показники розвитку рослин енергетичної верби в досліді на період збирання врожаю, 17.11. 2022 р.)

п/п	Показники	Варіанти дослідів											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Кількість черенків, що відросли на 2,5 м, шт. (1,75 м²)	5	5	5	5	5	5	3	3	4	2	2	2
2	Кількість пагонів з одного черенка, шт.	6	5	3,6	3,2	3,0	3,2	4,0	3,3	3,2	4,5	3,0	2,8
3	Середня висота всіх пагонів, см	2,81	2,51	2,54	2,83	2,88	2,76	2,40	2,19	2,14	2,28	2,08	1,95
4	Середня вага пагонів з одного черенка, кг	1,150	1,50	1,250	0,825	0,800	0,650	0,800	1,050	0,30	0,600	0,320	0,270
5	Урожайність сировини, т/га	32,8	42,8	35,7	23,6	22,8	18,6	13,7	18,0	6,8	6,8	3,4	3,1

При зменшенні кількості висаджених живців на 1 га урожай сировини верби дещо зменшується, тобто оптимальною є схема посадки восени 13-15 тис, а весною в перший строк – 13 тис./га, а в другий строк – 15 тис./га.

Продуктивність енергетичної верби та вихід сухої біомаси подано в таблиці 4

Таблиця 3 Урожай сирової маси енергетичної верби, т/га

Варіанти дослідів	Зміст варіантів			Повторення			Середнє значення
	Пора року садіння	Час садіння	Схема садіння черенків	I	II	III	
1	Осінь	III декада вересня	2x70x200 (15 тис. шт./га)	34,2	32,5	31,8	32,8
2			2x100x200 (13 тис. шт./га)	44,1	43,8	40,2	42,8
3			2x150x200 (12 тис. шт./га)	36,2	35,8	35,0	35,7
4		II декада жовтня	2x70x200 (15 тис. шт./га)	24,0	23,6	23,2	23,6
5			2x100x200 (13 тис. шт./га)	23,2	22,8	22,4	22,8
6			2x150x200 (12 тис. шт./га)	19,5	18,2	18,4	18,6
7	Весна	II декада квітня	2x70x200 (15 тис. шт./га)	14,5	13,7	13,0	13,7
8			2x100x200 (13 тис. шт./га)	18,6	18,0	17,4	18,0
9			2x150x200 (12 тис. шт./га)	7,4	6,8	6,2	6,8
10		I декада травня	2x70x200 (15 тис. шт./га)	7,6	6,8	6,0	6,8
11			2x100x200 (13 тис. шт./га)	4,0	3,3	3,2	3,4
12			2x150x200 (12 тис. шт./га)	3,8	3,1	2,4	3,1

НІР₀₅: А-0,8; В-0,11; С- 0,13.

Таблиця 3. Продуктивність енергетичної верби в досліді, 2022 р.

Варіанти дослідів	Зміст варіантів			Урожай сирової маси, т/га	Вміст сухої речовини, %	Вихід сухої біомаси, т/га
	Пора року садіння	Час садіння	Схема садіння черенків			
1	Осінь	III декада вересня	2x70x200 (15 тис. шт./га)	32,8	85,2	27,9
2			2x100x200 (13 тис. шт./га)	42,8	83,4	35,7
3			2x150x200 (12 тис. шт./га)	35,7	85,0	30,3
4		III декада жовтня	2x70x200 (15 тис. шт./га)	23,6	82,2	19,4
5			2x100x200 (13 тис. шт./га)	22,8	84,2	19,2
6			2x150x200 (12 тис. шт./га)	18,6	82,5	15,3
7	Весна	II декада квітня	2x70x200 (15 тис. шт./га)	13,7	82,1	11,2
8			2x100x200 (13 тис. шт./га)	18,0	85,4	15,4
9			2x150x200 (12 тис. шт./га)	6,8	85,2	5,8
10		I декада травня	2x70x200 (15 тис. шт./га)	6,8	84,2	5,8
11			2x100x200 (13 тис. шт./га)	3,4	82,0	2,8
12			2x150x200 (12 тис. шт./га)	3,1	83,4	2,6

Вміст сухої речовини в рослинах верби по варіантах досліджень складав від 82,0 до 85,2 % і мало відрізнявся між варіантами. Величина виходу сухої біомаси залежала в першу чергу від величини врожаю сирової маси енергетичної верби. Аналізуючи ці дані, відмічаємо більший вихід сухої біомаси при посадці живців верби восени, в порівнянні із весняними посадками.

Розрахунковий вихід енергії з сухої біомаси по варіантах досліджень подано в таблиці 5.

Таблиця 5 Розрахунковий вихід енергії з отриманої біомаси енергетичної верби в досліді, ГДж/га

Варіанти дослідів	Урожай сирової маси, т/га	Вміст сухої речовини, %	Коефіцієнт	Теплоємність твердого біопалива, МДж/кг	Вихід енергії з отриманого твердого біопалива, ГДж/га
1	32,8	85,2	1,1	16	490,7
2	42,8	83,4	1,1	16	625,2
3	35,7	85,0	1,1	16	534,1
4	23,6	82,2	1,1	16	340,6
5	22,8	84,2	1,1	16	337,1
6	18,6	82,5	1,1	16	268,4
7	13,7	82,1	1,1	16	197,7
8	18,0	85,4	1,1	16	269,3
9	6,8	85,2	1,1	16	101,7
10	6,8	84,2	1,1	16	100,5
11	3,4	82,0	1,1	16	49,1
12	3,1	83,4	1,1	16	45,3

В перший осінній строк посадки вихід енергії склав 550 ГДж/га, в другий – 315 ГДж/га; при посадці весною отримано відповідно – 190 та 65 ГДж/га.

Висновки. При посадці восени середній відсоток приживання по всіх варіантах склав (вар. 1-6) 84 %, тоді як при посадці весною – 35 %, тобто вдвічі менше. Особливо низький відсоток приживання при посадці енергетичної верби 5.05. 2022 р. – всього 27 %.

При посадці восени крім збільшення кількості черенків, що прижилися, більшою є також кількість пагонів з одного черенка та довжина пагонів в середньому на всіх черенках. Якщо довжина всіх пагонів в середньому на всіх черенках при посадці восени складала 58,1 см, то на варіантах, закладених весною лише 26,3 см, тобто вдвічі менше. Кількість черенків, що були посаджені восени в I строк, відрости 5 шт., в II строк – 5 шт., тобто 100 % - приживання. При посадці навесні відповідно – 3,3 та 2,1 шт., тобто приживання складає 54 %. При посадці навесні зменшується кількість пагонів з одного живця, середня висота всіх пагонів та середня вага пагонів з одного живця і, як наслідок, значне зменшення урожаю сирової маси енергетичної верби. У середньому по варіантах при посадці восени урожай сирової маси склав 29,4 т/га, при посадці навесні – 8,6 т/га. При посадці у жовтні та травні місяцях відмічається значне зменшення врожаю сирової маси в порівнянні з вереснем та квітнем. При зменшенні кількості висаджених живців на 1 га урожай сирової маси верби дещо зменшується, тобто оптимальною є схема посадки восени 13-15 тис, а весною в перший строк – 13 тис./га, а в другий строк – 15 тис./га.

Вміст сухої речовини в рослинах верби по варіантах досліджень складав від 82,0 до 85,2 % і мало відрізнявся між варіантами. Величина виходу сухої біомаси залежала в першу чергу від величини врожаю сирової маси енергетичної верби. Відмічаємо більший вихід сухої біомаси при посадці живців верби восени, в порівнянні із весняними посадками. У перший осінній строк посадки вихід

енергії склав 550 ГДж/га, в другий – 315 ГДж/га; при посадці весною отримано відповідно – 190 та 65 ГДж/га.

Список використаної літератури

1. Калетнік Г. М. Виробництво та використання біопалив: Підручник. Вінниця: Консоль, 2015. 408 с.
2. Гелетуша Г.Г., Железна Т.А., Олійник Є.М. Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні. Промислова теплотехніка. 2013. Т. 35, № 5. С. 48-57.
3. Гелетуша Г.Г., Железна Т.А., Олійник Є.М., Гелетуша А.І. Перспективи виробництва електричної енергії з біомаси в Україні. Промислова теплотехніка. 2013. Т. 35, № 6. С. 67-75.
4. Роїк М.В., Сінченко В.М., Фучило Я.Д., Гументик М.Я. Енергетична верба: технологія вирощування та використання. Під редакцією доктора сільськогосподарських наук В.М. Сінченка. Вінниця : ТОВ «НіландЛТД», 2015. 340 с.
5. Фучило Я.Д. Види роду *Salix* L. в Україні та їхнє використання. Наук. вісн. НАУ. 1999. Вип. 17. 348-351.
6. Волкодав В.В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. К.:Алефа, 2000. 100 с.
7. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій у сільському господарстві. К.: Урожай. 1998. 205 с.

Богдан ЮЩИШИН³⁹,

студент 2-го курсу,
факультету агрономії, садівництва та захисту рослин
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

БАЛАНС ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН У ҐРУНТАХ УКРАЇНИ

Анотація. Баланс поживних речовин у ґрунтах є ключовим фактором для забезпечення родючості та ефективного вирощування сільськогосподарських культур. В Україні інтенсивне землеробство призводить до виснаження природних запасів азоту, фосфору, калію та мікроелементів, що знижує врожайність та погіршує екологічну ситуацію. Невиправдане використання хімічних добрив та неправильне їх внесення можуть призвести до забруднення ґрунтів і водних ресурсів. Для покращення балансу необхідно використовувати органічні добрива, оптимізувати застосування мінеральних та біологічних добрив, а також впроваджувати сівозміну. Регулярний моніторинг стану ґрунтів

³⁹ Науковий керівник Забарна Т.А. кандидат с. -г. наук, ст. викл. кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії

дозволяє своєчасно коригувати агротехнічні заходи та зменшувати негативний вплив на екосистеми. Збереження балансу поживних речовин у ґрунтах сприяє сталому розвитку сільського господарства України та забезпечує екологічну та економічну стабільність.

Ключові слова: поживні речовини, ґрунти, баланс, екологічна стабільність, агрономія, Україна.

Annotation. *The balance of nutrients in soils is a key factor in ensuring the fertility and efficient cultivation of crops. In Ukraine, intensive agriculture leads to the depletion of natural reserves of nitrogen, phosphorus, potassium and trace elements, which reduces yields and worsens the environmental situation. Unjustified use of chemical fertilizers and their improper application can lead to contamination of soils and water resources. To improve the balance, it is necessary to use organic fertilizers, optimize the use of mineral and biological fertilizers, as well as introduce crop rotation. Regular monitoring of soil conditions allows you to timely adjust agrotechnical measures and reduce the negative impact on ecosystems. Maintaining the balance of nutrients in soils contributes to the sustainable development of agriculture in Ukraine and ensures environmental and economic stability.*

Keywords: *nutrients, soils, balance, ecological stability, agronomy, Ukraine.*

Вступ. Баланс поживних речовин у ґрунтах — це взаємодія різноманітних хімічних елементів у ґрунтовому середовищі, що визначає здатність ґрунтів забезпечувати рослини необхідними для їх росту та розвитку елементами. Для України, де сільське господарство має важливе значення для економіки, підтримання правильного балансу поживних речовин є не лише питанням продовольчої безпеки, а й екологічної стабільності.

Оскільки країна є однією з найбільших у світі за площею сільськогосподарських угідь, проблема балансу поживних речовин у ґрунтах набуває особливої актуальності. Порушення цього балансу, через надмірне або недостатнє використання добрив, деградацію ґрунтів, а також інші фактори, може призвести до зниження родючості, зменшення врожайності, деградації екосистем і погіршення якості навколишнього середовища. З огляду на важливість цієї проблеми, необхідно глибше розглянути чинники, які впливають на баланс поживних речовин у ґрунтах України, їх наслідки та можливі шляхи вирішення.

Виклад основного матеріалу. Україна володіє великою територією з різноманітними типами ґрунтів. Найбільш родючими є чорноземи, що займають значну частину території країни, зокрема на південь та в центральних районах. Однак незважаючи на високий природний потенціал, стан ґрунтів в Україні часто знаходиться під загрозою через порушення природного балансу.

Зокрема, у деяких регіонах спостерігається дефіцит азоту, калію та фосфору, що не тільки знижує ефективність сільськогосподарського виробництва, а й призводить до ерозії та

деградації ґрунтів. Проблеми із балансом поживних речовин також посилюються внаслідок надмірного використання хімічних добрив.

Проте, нераціональне застосування добрив може призвести до накопичення токсичних елементів у ґрунтах і водних ресурсах, що негативно впливає на здоров'я людей і тварин.

За останні десятиліття внаслідок інтенсивного землеробства в Україні спостерігається істотне зниження вмісту органічної речовини в ґрунтах. Цей процес супроводжується зменшенням вмісту гумусу, що є важливим чинником для підтримки родючості ґрунтів. За даними Державної служби статистики України, середній вміст гумусу в ґрунтах за останні 20 років знизився на 20-30%, що спричиняє погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунтів.

Ось декілька факторів, що впливають на баланс поживних речовин у ґрунтах України:

- **Тип ґрунту.** Україна має широкий спектр ґрунтів: від чорноземів до піщаних та глинистих. Чорноземи є одними з найродючіших ґрунтів у світі, однак і вони потребують збалансованого використання добрив та догляду. Піщані ґрунти містять менше поживних речовин і швидше втрачають родючість через змив та ерозію.

- **Агрокліматичні умови.** Погодні умови, рівень зволоження, температура і тривалість вегетаційного періоду суттєво впливають на поглинання поживних елементів рослинами. У посушливих районах України знижується здатність ґрунтів утримувати вологу, що призводить до швидшого виведення поживних речовин.

- **Агротехніка.** Применшення сівозміни, часте використання одного й того ж виду культур на одній ділянці, а також застосування недоцільних або надмірних доз добрив можуть призвести до значних змін у складі ґрунтових поживних речовин. Інтенсивне використання хімічних добрив, таких як азотні та фосфорні, часто не компенсується органічними добавками, що призводить до порушення природного балансу.

- **Деградація ґрунтів.** Природні фактори, такі як ерозія, змив ґрунтів, засолення та інші процеси, значно погіршують родючість ґрунтів. Ерозія, зокрема, спричиняє втрату верхнього шару ґрунту, багатого на органічні речовини і поживні елементи [1].

У процесі інтенсифікації сільського господарства українські землі зазнають значного тиску. Підвищення врожайності через застосування хімічних добрив не завжди супроводжується відновленням органічної складової ґрунту. Одним з основних аспектів, який впливає на баланс поживних речовин, є незбалансоване внесення мінеральних добрив. Ось деякі основні моменти, що пояснюють зміни балансу:

1. Внесення азотних добрив. Азот є одним з найважливіших елементів для рослин, але надмірне внесення азотних добрив може призвести до накопичення токсичних речовин в ґрунті та погіршення якості води.

2. Недостатнє використання органічних добрив. Органічні добрива, такі як компост і гній, сприяють відновленню гумусу в ґрунтах. Однак на великих

сільськогосподарських підприємствах часто не вистачає органічних добрив для підтримки необхідного рівня родючості.

3. Застосування засобів захисту рослин. Шкідливі речовини, які потрапляють в ґрунт після використання пестицидів і гербіцидів, можуть змінювати біологічний склад ґрунтів, що негативно впливає на поглинання поживних елементів.

Доступність поживних речовин означає здатність рослин отримувати необхідні елементи, такі як азот, фосфор і калій. Недостатнє забезпечення поживними речовинами може обмежити ріст рослин та знизити врожайність. Біотести рослин є корисними інструментами для оцінки наявності поживних елементів у ґрунті. Вони передбачають вирощування рослин-індикаторів у різних зразках ґрунту, щоб визначити, наскільки добре рослини реагують на доступні поживні речовини. Це дозволяє фермерам і дослідникам оцінити здатність ґрунту забезпечувати рослини необхідними елементами для їх росту.

Для стабілізації балансу поживних речовин необхідно застосовувати комплекс заходів, орієнтуючись на збереження родючості та екологічну стійкість:

1. Інтегроване внесення добрив. Потрібно використовувати не лише мінеральні, а й органічні добрива. Це дозволить зберегти гумус в ґрунтах і зменшити негативний вплив хімічних добрив на навколишнє середовище.

2. Сівозміни та зелені добрива. Застосування сівозмін дозволяє зберігати родючість ґрунтів, оскільки різні культури мають різні потреби у поживних елементах. Використання зелених добрив (наприклад, люпину або конюшини) допомагає наситити ґрунт азотом і покращити його структуру.

3. Захист від ерозії. За допомогою спеціальних агротехнічних заходів можна значно зменшити ерозію ґрунтів, що зберігає верхній родючий шар. Такі методи, як термічне оброблення ґрунтів, використання мульчування, зменшують змив і втрату поживних речовин.

4. Мікробіологічне поліпшення ґрунтів. Використання біопрепаратів для поліпшення ґрунтової флори та фауни дозволяє оптимізувати обмін поживних речовин, підвищити активність корисних мікроорганізмів, що стимулюють процеси розкладу органічних речовин і вивільнення поживних елементів.

5. Аналіз і моніторинг стану ґрунтів. Регулярний аналіз складу ґрунтів дозволяє вчасно коригувати рівень добрив і за допомогою точних даних оцінювати потреби рослин у певних поживних елементах.[2]

Біотестування ґрунтів з використанням рослин-індикаторів є одним з ефективних методів для оцінки доступності поживних речовин. Цей метод дозволяє не лише виявити наявність певних елементів у ґрунті, але й оцінити, наскільки доступними ці елементи є для рослин. Ідея полягає в тому, щоб вирощувати рослини, які чутливі до дефіциту або надлишку певних елементів, в умовах різних ґрунтів або при використанні різних доз добрив.

До рослин-індикаторів можна віднести такі види, як люпин, гірчиця, рапс, вівсяниця або інші рослини, які швидко реагують на зміни у складі ґрунту. За

допомогою біотестів можна визначити, які поживні речовини є дефіцитними, а також на які конкретно елементи ґрунт має найбільше обмежень.

Перевагою біотестів є їх простота та ефективність у реальних польових умовах. Це дозволяє фермерам швидко оцінити стан ґрунту без необхідності проведення складних лабораторних аналізів [5].

Для покращення стану ґрунтів та відновлення балансу поживних речовин в Україні важливим кроком є проведення комплексної роботи між науковими установами, сільськогосподарськими підприємствами та державними органами. Впровадження точного землеробства, системи моніторингу стану ґрунтів та розвитку органічного землеробства може значно покращити ситуацію з родючістю ґрунтів [3].

Застосування біоактиваторів і мікробіологічних препаратів для покращення родючості ґрунту є перспективним напрямом. Ці препарати стимулюють діяльність корисних ґрунтових мікроорганізмів, що, у свою чергу, покращує розкладання органічних решток, підвищує доступність мікроелементів і покращує структуру ґрунту. Наприклад, препарати на основі азотфіксуючих бактерій можуть значно зменшити потребу в хімічних добривах, зокрема азотних.

Ґрунти містять велику кількість різних елементів, необхідних для росту рослин. Ці елементи можна поділити на макро- і мікроелементи. Макроелементи, такі як азот (N), фосфор (P), калій (K), кальцій (Ca), магній (Mg) та сірка (S), потрібні рослинам у великих кількостях, тоді як мікроелементи, наприклад, бор (B), цинк (Zn), марганець (Mn), мідь (Cu) та інші, необхідні рослинам у малих кількостях, але вони відіграють не менш важливу роль у забезпеченні здоров'я рослин.

1. **Азот (N)** – один з основних елементів для росту рослин, що відповідає за синтез білків, амінокислот і хлорофілу. Недостача азоту призводить до сповільнення росту, жовтизни листя та зниження врожайності. Перевищення азоту також може бути шкідливим, викликаючи погіршення стійкості рослин до хвороб і несприятливих погодних умов.

2. **Фосфор (P)** – важливий для енергетичних процесів у клітинах рослин, а також для розвитку кореневої системи. Недостаток фосфору сповільнює ріст рослин і знижує врожайність, особливо на початкових етапах розвитку.

3. **Калій (K)** – покращує стійкість рослин до посухи, хвороб та шкідників, регулює водний баланс і фотосинтетичні процеси. Недостатній рівень калію може призвести до ослаблення рослин і зниження їхньої стійкості до стресових умов.

4. **Кальцій (Ca) та магній (Mg)** – важливі для зміцнення клітинних стінок та функціонування ферментів, що відповідають за фотосинтез і обмін речовин.

5. **Сірка (S)** – необхідна для синтезу амінокислот і білків, а також впливає на ріст і розвиток рослин. Дефіцит сірки може негативно вплинути на їх здоров'я та врожайність.

6. **Мікроелементи** – навіть у малих кількостях мікроелементи відіграють важливу роль у процесах росту, фотосинтезу та захисту рослин від хвороб [4].

Перспективними є також розробки нових біотехнологій, які сприятимуть кращому засвоєнню поживних речовин рослинами та збереженню екологічної рівноваги в ґрунтах. На державному рівні важливо забезпечити підтримку екологічно чистих методів ведення сільського господарства, а також заохочувати фермерів до використання органічних добрив.

Висновок. Баланс поживних речовин у ґрунтах є однією з основних складових, що визначає родючість землі і сприяє високій врожайності сільськогосподарських культур. В Україні ґрунти, зокрема чорноземи, є одними з найродючіших у світі, однак їх стан та здатність забезпечувати рослини необхідними елементами значно погіршилися за останні десятиліття. Причини цього полягають у кількох факторів, серед яких найважливіші — інтенсивне землеробство, надмірне використання мінеральних добрив, відсутність належного контролю за агрохімічним станом ґрунтів та забруднення навколишнього середовища.

Незважаючи на високий потенціал українських ґрунтів, їх деградація та виснаження можуть призвести до значного зниження родючості, погіршення екологічного стану та економічних втрат у сільському господарстві. Спостерігається низький рівень органічних речовин у ґрунтах, дефіцит важливих елементів живлення, зокрема калію, фосфору і мікроелементів. Це вимагає своєчасного реагування та впровадження ефективних методів для відновлення природного балансу.

З метою покращення ситуації, важливо застосовувати комплексний підхід до управління родючістю ґрунтів. Системи сівозміни, органічні та біологічні добрива, оптимізація використання мінеральних добрив — це ті інструменти, які можуть не лише відновити баланс поживних речовин у ґрунтах, але й зберегти екологічну стабільність агроєкосистем. Відновлення природних процесів в ґрунті, таких як азотфіксація, збереження водного балансу і біологічна активність, є важливими аспектами для покращення здоров'я ґрунтів.

На глобальному рівні важливо підвищити увагу до інтегрованого підходу в управлінні ґрунтами. Це включає поєднання агротехнічних, біологічних і хімічних методів управління родючістю ґрунтів. Для цього необхідні стратегічні програми, які включають в себе не лише підвищення ефективності використання ресурсів, але й збереження довгострокової родючості ґрунтів через раціональне використання природних ресурсів.

Таким чином, підтримка правильного балансу поживних речовин у ґрунтах є основою для довгострокового розвитку сільського господарства України. Інтеграція наукових досліджень, сучасних агротехнічних методів та екологічних підходів дозволить не лише підвищити продуктивність аграрних угідь, але й забезпечити збереження довкілля для майбутніх поколінь.

Список використаної літератури

1. Сіренко І. В., Гурська Т. С. Вплив агротехнічних заходів на родючість ґрунтів України. Київ: Наукова думка, 2021.

2. Лук'яненко О. М. Технології внесення добрив для відновлення балансу поживних речовин. Харків: Аграрна наука, 2020.

3. Шевченко М. В., Березовський О. О. Оцінка стану ґрунтів і моніторинг поживних елементів в Україні. Львів: НДІ агрохімії, 2019.

4. Савчук, В. Г. (2017). *Роль органічних добрив у відновленні родючості ґрунтів*. Науковий журнал *Сільське господарство і лісівництво*, 6, 45-52.

5. Юрченко, В. І., Шевчук, А. А. (2016). *Екологічні аспекти використання добрив в сільському господарстві України*. Журнал екології та землевпорядкування, 14(2), 77-85.

Іван СЕДОВ⁴⁰,
студент 3 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ПОТІВІРУС ШАРКИ СЛИВИ, БІОЛОГІЯ, ШКОДОЧИННІСТЬ, МЕТОДИ КАРАНТИННОГО КОНТРОЛЮ

Анотація. Потівірус шарки сливи (*Plum pox virus, PPV*) є одним з найбільш небезпечних вірусів для сливи та інших кісточкових культур. Він викликає хворобу, що проявляється у вигляді характерних плям на листках, плодах та гілках дерев, що призводить до значного зниження врожайності та погіршення якості плодів. Вірус передається через комах, зокрема попелицю, а також через заражені рослинні матеріали. Ураження дерев призводить до зниження їх стійкості до інших захворювань і ослаблення загальної життєздатності рослин. Для боротьби з потівірусом шарки сливи необхідно впроваджувати ефективні методи карантинного контролю, що включають виявлення й ізоляцію заражених рослин, обмеження пересування рослинних матеріалів із зон зараження, застосування інсектицидів для контролю комах-переносників та вирощування вірусостійких сортів. Важливими є також регулярний моніторинг і термічні обробки матеріалів, що можуть бути джерелом інфекції. Всі ці заходи сприяють мінімізації економічних збитків і збереженню здоров'я садів.

Ключові слова: потівірус шарки сливи; біологія; шкодочинність; карантин; вірус; інсектициди; попелиця; захист.

Annotation. Plum pox virus (PPV) is one of the most dangerous viruses for plum and other stone crops. It causes a disease that manifests itself in the form of characteristic spots on leaves, fruits and branches of trees, which leads to a significant decrease in yield and deterioration of fruit quality. The virus is transmitted through

⁴⁰ Науковий керівник – Вергелес П. М. кандидат с. -г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

insects, in particular aphids, as well as through infected plant materials. The defeat of trees leads to a decrease in their resistance to other diseases and a weakening of the overall vital activity of plants. To combat plum pox virus, it is necessary to implement effective quarantine control methods, including the detection and isolation of infected plants, limiting the movement of plant materials into infection zones, the use of insecticides to control insect vectors and the cultivation of virus-resistant varieties. Regular monitoring and heat treatment of materials that may be a source of infection are also important. All these measures help to minimize economic losses and maintain the health of orchards.

Keywords: *plum leaf spot potyvirus; biology; pest; quarantine; virus; plants; plums; insecticides; aphids; protection.*

Вступ. Потівірус шарки сливи (Plum pox virus, PPV) є одним із найбільш небезпечних патогенів, що вражає не тільки сливу, але й інші кісточкові культури, такі як персики, нектарини, абрикоси та аличу. Вірус належить до родини Potyviridae і передається через комах, зокрема попелицю, а також за допомогою заражених рослинних матеріалів, що значно ускладнює контроль над його поширенням. Захворювання викликає характерні симптоми у вигляді плям на листі, плодових гілках і самих плодах, що призводить до зниження врожайності та погіршення якості плодів, а отже й економічних збитків для садівників. Шарка сливи має особливу небезпеку тим, що може активно поширюватися в умовах глобалізації торгівлі та переміщення рослин, що підвищує ризик інфекції в нових регіонах. У зв'язку з високим ризиком поширення вірусу та його потенційними наслідками для аграрного сектора, важливо детально вивчити біологічні особливості цього вірусу, механізми його поширення, а також розробити ефективні стратегії карантинного контролю та захисту рослин від цієї небезпечної хвороби.

Метою даної статті є дослідження біології потівірусу шарки сливи, аналіз його шкодочинності та розробка рекомендацій щодо методів карантинного контролю для обмеження поширення вірусу.

Виклад основного матеріалу. Потівірус шарки сливи (Plum pox virus, PPV) є одним із найбільш небезпечних патогенів для сливи та інших кісточкових культур. Він належить до родини Potyviridae і має ряд характерних біологічних особливостей, що визначають його здатність до поширення і шкодочинності [1]. PPV – це РНК-вірус, який складається з одного ланцюга РНК. Вірус має циліндричну форму і розмір близько 750 нм в довжину та 12 нм в діаметрі. Вірусний геном містить близько 10 000 нуклеотидів і кодує кілька білків, які відповідають за реплікацію вірусу, а також за проникнення у клітини рослини. Вірус має високу здатність до мутацій, що дозволяє йому швидко адаптуватися до нових умов навколишнього середовища.

Зараження рослин вірусом відбувається через проникнення вірусу в клітини через механізми, що забезпечують взаємодію вірусу з клітинними мембранами рослин. Потівірус шарки сливи здатний потрапляти до рослини через пошкодженні тканини або за допомогою комах-переносників, таких як попелиця.

Потрапивши в клітини, вірус починає реплікуватися, поширюючи інфекцію в межах рослини.

Основним механізмом передачі потівірусу є комахи, зокрема попелиця, яка може переносити вірус з однієї рослини на іншу. Попелиця є ефективним переносником, оскільки під час живлення на зараженій рослині вона проколює клітини рослини і передає вірус у процесі живлення. Іншим шляхом поширення вірусу є заражені рослинні матеріали: насіння, живці та інші частини рослин, які можуть бути транспортовані і викликати нові осередки інфекції. Завдяки цьому вірус може поширюватися на значні відстані, ускладнюючи контроль над хворобою.

Таблиця 1 Біологія вірусу, його шкодочинність та методи карантинного контролю

Аспект	Опис
Біологія вірусу	Потівірус шарки сливи (PPV) належить до родини Potyviridae, роду Potyvirus. Він є лінійним одноланцюговим РНК-вмісним вірусом. Існує шість відомих штамів PPV: PPV-D, PPV-M, PPV-EA, PPV-C, PPV-Res (рекомбінантний) та PPV-W. Вірус інфікує рослини роду Prunus, включаючи сливу, абрикос, персик, аличу та терен
Шкодочинність	Вірус спричиняє появу хлоротичних плям, смуг та кілець на листках, а також деформацію та знебарвлення плодів. Уражені плоди можуть мати заглиблені ділянки, що нагадують віспу, та заповнюватися камеддю. Це призводить до погіршення якості плодів, передчасного осипання та значного зниження врожаю. Втрати можуть сягати від 5% до 100% залежно від сорту, штаму вірусу та кліматичних умов.
Методи карантинного контролю	- Використання сертифікованого садивного матеріалу: Саджанці повинні надходити з регіонів, вільних від захворювання, та бути перевіреними на наявність вірусу. - Карантинні заходи: У разі виявлення шарки сливи запроваджується карантинний режим, який включає знищення уражених дерев шляхом викорчовування та спалювання, дезінфекцію інвентарю та знищення корневих залишків. - Моніторинг та обстеження: Регулярні обстеження садів через 3-4 тижні після цвітіння та в період дозрівання плодів для виявлення симптомів хвороби. - Контроль переносників: Боротьба з попелицями, які є основними переносниками вірусу, шляхом
	застосування інсектицидів та агротехнічних заходів. - Вирощування стійких сортів: Рекомендується заміна сприйнятливих сортів стійкими або толерантними до вірусу, а також висадка дерев, які не є живителями PPV.

Інкубаційний період потівірусу шарки сливи може варіюватися в залежності від умов навколишнього середовища і чутливості конкретного сорту сливи. Загалом інкубаційний період триває від кількох тижнів до кількох місяців. На початкових етапах захворювання симптоми можуть бути маловиразними або взагалі відсутніми. Однак з часом заражені рослини починають проявляти характерні ознаки хвороби.

Основними симптомами потівірусу шарки сливи є поява плям на листі у вигляді жовтих або світло-зелених плям з темними краями, а також спотворення плодів. На плодах утворюються некротичні ділянки та плями, які знижують їх товарний вигляд. Також можуть спостерігатися деформації гілок і зниження загальної життєздатності рослин. У деяких випадках інфекція може призвести до загибелі рослини. Загалом потівірус шарки сливи знижує врожайність на 20-80% залежно від ступеня та часу зараження [2].

Завдяки швидкому поширенню вірусу через комах та рослинні матеріали, захворювання може охоплювати великі площі, що робить боротьбу з ним складною. Тому важливо своєчасно виявляти інфекцію та застосовувати відповідні карантинні заходи для мінімізації збитків у сільському господарстві. не стосується територій, на яких ведуться (велися) бойові дії або тимчасово окупованих російською федерацією станом на 01.01.2025 року.

Основним ефектом потівірусу шарки сливи є зниження врожайності та погіршення якості плодів. На заражених рослинах з'являються характерні симптоми: плями на листі та плодах, деформація плодів і їх гірша якість. Це призводить до зменшення кількості здорових плодів, що здатні до дозрівання і збору. Уражені дерева часто дають плоди, які мають некротичні або нерівномірно пофарбовані ділянки, що робить їх непридатними для продажу або обробки. Крім того, на таких деревах спостерігається сповільнений ріст та розвиток, що також знижує загальний врожай на кілька років вперед. Вірус не лише знижує кількість плодів, а й негативно впливає на їх смакові якості, через що сільськогосподарський продукт стає менш конкурентоспроможним на ринку.

Окрім зниження врожайності, потівірус шарки сливи ослаблює загальну стійкість рослин до інших хвороб та стресових умов. Заражені рослини часто мають ослаблену імунну систему, що робить їх більш вразливими до бактеріальних та грибкових інфекцій, а також до шкідників. Потівірус може порушувати нормальне функціонування клітинних механізмів захисту рослини, що дозволяє іншим патогенам легко проникати в тканини. Це ще більше погіршує стан дерев і може спричинити їх загибель, особливо в разі поєднання з іншими хворобами [3].

Зниження врожайності та якості плодів має прямий економічний вплив на садівництво. Потівірус шарки сливи спричиняє серйозні фінансові збитки для фермерів, адже заражені рослини не тільки не дають достатнього врожаю, а й потребують додаткових витрат на боротьбу з хворобою, а також на збереження або відновлення здоров'я саду. Оскільки зараження часто поширюється на великі площі, боротьба з вірусом стає складною і дорогівартісною. Потрібно здійснювати карантинні заходи, проводити обробку інсектицидами,

застосовувати вірусостійкі сорти, що також потребує додаткових витрат і змін у технології вирощування. У випадку, якщо хвороба поширюється на значні території, це може призвести до обмеження експорту та імпорту фруктів, що ще більше позначається на фінансових результатах підприємств.

Вірус може швидко поширюватися завдяки переносникам – комахам, що значно ускладнює контроль над хворобою. Вірус може проникнути через заражений посадковий матеріал або пересування рослин і матеріалів, що заражені вірусом. Це ставить під загрозу не лише окремі садівничі господарства, а й цілу галузь сільського господарства в регіоні, що може мати довгострокові економічні наслідки, в тому числі через заборону на експорт та вплив на міжнародні торгові зв'язки.

Одним із перших етапів боротьби з потівірусом є своєчасне виявлення заражених рослин. На ранніх етапах захворювання симптоми можуть бути непомітними, тому важливо використовувати діагностичні методи, які дозволяють точно ідентифікувати вірус. Одним з найбільш ефективних методів є полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР), яка дозволяє виявити РНК вірусу навіть при мінімальній кількості інфікованого матеріалу. Також використовуються імуноферментні методи та тест-системи для швидкої ідентифікації вірусу на різних етапах розвитку рослин. Своєчасне виявлення заражених рослин дозволяє оперативно вжити заходи для обмеження поширення інфекції [4].

Карантинні заходи є основним інструментом для обмеження поширення потівірусу шарки сливи. Одним із основних принципів карантину є ізоляція заражених рослин від здорових. Важливо контролювати рух посадкового матеріалу, насіння та інших рослинних матеріалів, які можуть бути джерелами інфекції. У регіонах, де вірус не поширився, вводяться обмеження на ввезення заражених рослин або матеріалів з заражених територій. Також необхідно встановлювати зони санітарного контролю, у яких здійснюється регулярний моніторинг стану рослин, і проводити регулярні фітосанітарні перевірки.

У разі виявлення зараження, заражені рослини повинні бути негайно видалені та знищені, щоб уникнути подальшого поширення вірусу. У деяких випадках, коли поширення інфекції вже набуло великих масштабів, застосовуються суворі карантинні заходи на рівні всіх регіонів, що включають заборону на продаж, транспортування та висадку заражених культур.

Використання вірусостійких сортів сливи є важливим елементом довгострокової стратегії боротьби з потівірусом. Розробка та впровадження таких сортів допомагає зменшити рівень інфекцій у садах, оскільки стійкі сорти не дозволяють вірусу активно розвиватися в рослинах. Вчені активно працюють над створенням нових сортів, які мають генетичну стійкість до PPV. Однак, навіть з вірусостійкими сортами, необхідно впроваджувати комплексні заходи захисту, оскільки це не гарантує повного запобігання зараженню.

Для знищення потівірусу на заражених рослинах та матеріалах широко використовуються термічні обробки та дезінфекцію. Термічні обробки передбачають обробку зараженого посадкового матеріалу гарячим паром, що дозволяє знищити вірусні частинки. Застосування термічної обробки є особливо

важливим для насіння та живців, що транспортуються або використовуються для подальшого розмноження. Іншим ефективним методом є дезінфекція інструментів, рукавичок та інших засобів, що контактують з рослинами. Для цього використовуються спеціальні дезінфекційні розчини, які здатні нейтралізувати вірусні частки та запобігти поширенню інфекції.

Боротьба з потівірусом шарки сливи потребує комплексного підходу та своєчасного застосування ефективних карантинних заходів. Виявлення заражених рослин на ранніх етапах інфекції, застосування інсектицидів для контролю переносників, використання вірусостійких сортів, а також сучасні методи обробки заражених матеріалів дозволяють значно знизити ризик поширення вірусу. Суворе дотримання карантинних заходів є основою ефективної боротьби з цією небезпечною хворобою.

Поширення потівірусу шарки сливи є серйозною загрозою для сільського господарства, особливо для вирощування сливи та інших кісточкових культур. Вірус може спричинити великі економічні збитки через зниження врожайності та погіршення якості плодів. Оскільки на даний момент немає ефективних ліків від вірусних інфекцій, основним методом боротьби є превентивні заходи, які дозволяють контролювати поширення інфекції і зменшити ризики зараження. Зокрема, фітосанітарні перевірки, карантинні заходи, використання біологічних та хімічних методів, а також ретельне планування агротехнічних заходів є важливими складовими стратегії боротьби з вірусом. Одним із головних елементів профілактики є систематичні фітосанітарні перевірки рослинного матеріалу. Завдяки своєчасному моніторингу стану рослин, можна виявити перші ознаки захворювання, навіть якщо симптоми ще не виразні. Фітосанітарні перевірки включають в себе регулярні огляди садів, лабораторне тестування рослин на наявність патогенів (наприклад, полімеразну ланцюгову реакцію – ПЛР для виявлення вірусних часток), а також перевірки на відповідність санітарним стандартам при переміщенні рослинного матеріалу між регіонами. Особливо важливо провести перевірки під час пересування рослин і посадкового матеріалу між різними господарствами та територіями, оскільки це може стати основним шляхом поширення інфекції. Ретельний контроль допомагає своєчасно виявити заражені рослини, запобігти їх подальшому поширенню і вжити необхідних заходів [5].

Для того щоб запобігти поширенню потівірусу шарки сливи, при введенні карантинних заходів, зокрема потрібно заборонити до перевезення заражених рослин та продуктів. Поширення вірусу відбувається, в тому числі, через заражені рослини, насіння, живці та інші рослинні матеріали, тому встановлення карантинних зон і контроль за переміщенням таких матеріалів є критично важливим. Заборона на транспортування заражених рослин до інших регіонів дозволяє обмежити масштаб поширення вірусу, а також знизити ризики для нових територій, які ще не інфіковані. У разі виявлення зараження на нових територіях необхідно запроваджувати суворіші карантинні заходи, включаючи ізоляцію заражених рослин і заборону на продаж.

Застосування біологічних та хімічних методів боротьби з потівірусом шарки сливи також є важливою частиною стратегії профілактики. Одним з основних способів боротьби є контроль популяцій переносників вірусу, таких як попелиця. Для цього використовуються інсектициди, які допомагають знижувати чисельність комах, що переносять вірус. Вибір інсектицидів повинен бути таким, щоб вони не шкодили екосистемі і не сприяли виникненню резистентності у комах. Окрім хімічних методів, можна застосовувати біологічні препарати, такі як природні вороги попелиці, наприклад, дзюрчалки або трихограми.

Слід зазначити, що біологічні методи є більш стійкими в довгостроковій перспективі, оскільки вони сприяють відновленню природного балансу в екосистемах. Застосування біологічних методів може також бути більш безпечним для довкілля і не несе таких ризиків, як хімічні обробки. Проте для досягнення максимального ефекту важливо поєднувати обидва методи – хімічний та біологічний – залежно від обставин і масштабу зараження.

Агротехнічні заходи є важливим інструментом для запобігання поширенню потівірусу шарки сливи. Вони включають в себе такі практики, як правильний вибір сорту, посадка здорового посадкового матеріалу, ведення сівозміни, а також інші методи, які можуть мінімізувати ризики зараження. Одним з ключових аспектів є використання вірусостійких сортів сливи, що можуть стати основою для зменшення впливу інфекції. Однак навіть стійкі сорти потребують належного догляду і регулярного моніторингу. Також важливим аспектом є правильна організація заходів по обробці землі та рослин. Своєчасне видалення заражених рослин, обробка ґрунту і рослин при необхідності допомагає значно знизити ризик поширення вірусу. Крім того, правильне планування полягає в забезпеченні хороших умов для природних ворогів попелиці, таких як хижі комахи, що можуть допомогти в боротьбі з переносниками вірусу.

Висновок. Отже, потівірус шарки сливи є серйозною загрозою для садівництва, завдаючи значних економічних збитків через зниження врожайності та погіршення якості плодів. Вірус поширюється через комах, зокрема попелицю, а також через заражені рослинні матеріали, що робить його контроль складним. Для ефективного обмеження поширення потівірусу необхідно впроваджувати комплексний підхід, включаючи карантинні заходи, регулярний моніторинг, використання вірусостійких сортів та застосування інсектицидів для контролю популяцій комах-переносників. Своєчасне виявлення та ізоляція заражених рослин є ключовими для запобігання масовому поширенню хвороби. Підвищення обізнаності серед садівників і спеціалістів у галузі агрономії щодо методів карантинного контролю допоможе значно знизити ризик зараження і зберегти здоров'я садів.

Список використаної літератури

1. Вергелес П.М., Пінчук Н.В., Коваленко Т.М. 3-14 Карантин рослин: Навч. посіб.: Вінниця: ВНАУ, 2021. 377 с.
2. Станкевич С. В., Леженіна І. П., Забродіна І. В., Жукова Л. В. Карантинні організми (з основами експертизи підкарантинних матеріалів): навч. посіб.;

Харків. нац. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва. Харків: ФОП Бровін О. В., 2021. 459 с.

3. Станкевич С.В., Леженіна І. П., Забродіна І. В. Карантинні організми, обмежено поширені в Україні: навч. посіб.; Харків. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. Харків. 2022. 140 с.

4. Методи захисту рослин у сільському господарстві. Earth Observing System. URL: <https://eos.com/uk/blog/metody-zakhystu-roslyn/>.

5. Станкевич С.В., Забродіна І.В., Васильєва Ю.В., Туренко В.П., Кулешов А.В., Білик М.О. Моніторинг шкідників і хвороб сільськогосподарських культур: навч. посібник. Харків: ФОП Бровін О.В., 2020. 624 с.

НАПРЯМ
2

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЇ, ЛІСОВОГО ТА САДОВО-ПАРКОВОГО ГОСПОДАРСТВА

Анастасія БЕВЗ⁴¹

студентка 3-го року навчан⁴¹ня,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

МОДА І ЕКОЛОГІЯ: ЯК FAST FASHION РУЙНУЄ ПЛАНЕТУ?

Анотація. У сучасному світі індустрія *fast fashion* (швидкої моди) стала серйозною екологічною проблемою. Швидкі темпи виробництва, використання дешевих матеріалів і надмірне споживання призводять до виснаження природних ресурсів, забруднення довкілля та зростання кількості текстильних відходів. У статті розглянуто основні негативні наслідки *fast fashion* для екології, зокрема забруднення води, викиди парникових газів і проблему експлуатації працівників. Також аналізуються альтернативні моделі сталого розвитку в індустрії моди, такі як етичне виробництво, повторне використання та екологічно чисті матеріали. Дослідження підкреслює необхідність переходу до більш свідомого споживання та підтримки екологічних ініціатив у сфері моди.

Annotation. In today's world, the fast fashion industry has become a serious environmental problem. Fast production rates, the use of cheap materials and excessive consumption lead to the depletion of natural resources, environmental pollution and an increase in the amount of textile waste. The article discusses the main negative environmental impacts of fast fashion, including water pollution, greenhouse gas emissions and the problem of labour exploitation. It also analyses alternative models of sustainable development in the fashion industry, such as ethical production, reuse and environmentally friendly materials. The study highlights the need to move

⁴¹ Науковий керівник – Мазур О.В., асистент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

towards more conscious consumption and support environmental initiatives in the fashion industry.

Вступ. «Шидка мода» з'явилася відносно не так давно. Багато брендів прагнуть якомога швидше продати свій одяг і у якомога більших кількостях.

Вони випускають нові колекції, як «конвеєр» – чи не щомісяця, а іноді і через кілька тижнів, створюючи недорогі речі. Відбувається знецінення дорожчих якісних брендових речей, бо люди, виходячи з брендового магазину не розуміють: чому так дорого. Якщо fast fashion пропонує схожі моделі значно дешевше.

Модна індустрія – це один з головних забруднювачів нашої планети. Виробництво одягу відповідає за 10% всіх викидів CO₂ в рік. Також стоїть на 2 місці по використанню прісної води та відповідає за 20% всього промислового забруднення вод.

Уповільнення розвитку в цілому. До виробництва швидкого одягу часто залучають низькооплачувану робочу силу, майже в рабських умовах, – жінок та дітей. Наприклад, в Бангладеші знаходяться найбільші швейні фабрики світу. Через неетичні умови праці в 2013 році там стався обвал у Рана Плаза, у результаті чого загинуло 1132 працівники фабрик швидкої моди. Ці співробітники виготовляли продукцію для деяких провідних модних брендів.

Виклад основного матеріалу. Попри те, що суспільство почало більше усвідомлювати серйозність кліматичних змін і багато брендів роблять різноманітні кроки, аби знизити негативний вплив на навколишнє середовище, мода залишається однією з найбільших індустрій, що забруднюють планету. Саме тому важливо слідкувати за тенденціями сталого розвитку та адаптуватися до змін, які підуть на користь Землі.

Штучна шубка на одну зиму, недорогий синтетичний шарф і сукня з розпродажу, що може коштувати, як сніданок у кафе. Недорогі речі, що продаються у мас-маркетах і актуальні тільки один сезон, зажили назви «fast fashion» – «швидка мода». Втім саме вони забруднюють планету чи не найбільше. Щороку у світі виробляють 5 мільйонів тонн текстилю – ним, доприкладу, можна було б навантажити біля 100 тисяч залізничних вагонів. І саме ця промисловість спричиняє 20% забруднення води у світі, йдеться у звіті Світового банку. Це робить її другим за обсягом забруднювачем води на планеті.

Група вчених з Фінляндії, Швеції, Великобританії, США та Австралії провела дослідження, з якого випливає, що так звана fast fashion («швидка мода», при якій виробники оновлюють колекції кілька разів на рік, але роблять одяг з дешевших матеріалів) є однією з найважливіших загроз навколишньому середовищу. За рівнем викидів CO₂ в атмосферу текстильна індустрія знаходиться на другому місці після авіації – на неї припадає близько 10% таких викидів, що відповідає більш ніж 1,7 млрд тонн CO₂ на рік.

За підрахунками вчених, виробництво одягу споживає 1,5 трлн тонн води і генерує більше 92 млн тонн відходів щорічно. Одягу зараз виробляється майже вдвічі більше, ніж у 2000 році, – близько 62 млн тонн одягу та іншої текстильної

продукції на рік, а до 2030 року цей показник може досягти 102 млн тонн. За даними дослідження, одним з лідерів fast fashion в Європі стала Великобританія: британці купують в середньому 26,7 кг одягу в рік, в той час як німці – 16,7 кг, данці, шведи, норвежці та фіни – від 13 до 16 кг, а італійці – 14,5 кг.

Середній час використання одягу скоротився на 36% в порівнянні з 2019 роком, а імпульсивно куплений одяг нерідко викидають після короткого використання. На нашу думку, споживачам потрібно переглянути свій підхід до покупки одягу, сприймати моду та одяг більшою мірою як функціональний продукт, ніж як розвагу, і бути готовими платити за одяг вищу ціну, яка враховує вплив моди на навколишнє середовище.

За даними Американського хімічного товариства, з 2000-х років виробництво модних товарів подвоїлося, а до 2050 року воно, ймовірно, потроїться. Від початку століття продажі одягу зросли вдвічі зі 100 до 200 мільярдів одиниць на рік, а це означає, що кількість відходів зросла пропорційно.

93% брендів, опитаних платформою Fashion Checker, не платять працівникам на фабриках прожиткового мінімуму. Бренди сегменту масмаркет наймають тисячі людей з Бангладеш, Індії, Китаю, Індонезії та інших країн третього світу й експлуатують як дешеву робочу силу. Працівники отримують низьку зарплату, вони перевантажені роботою та піддаються небезпечним умовам праці або ризикам для здоров'я; серед них багато неповнолітніх. З 75 мільйонів фабричних робітників у всьому світі, за оцінками, лише два відсотки заробляють прожитковий мінімум. Через брак ресурсів для перероблювання та утилізації одягу, модна індустрія щороку втрачає понад 500 мільярдів доларів. Глобальне виробництво текстилю на душу населення зросло з 5,9 кілограма до 13 кілограмів на рік (зростання на 45%) (рис. 1).



Рис.1. Відходи одягу

Менше одного відсотка одягу переробляється для виготовлення нового одягу. Волокна в одязі – це полімери, довгі ланцюжки хімічно пов'язаних молекул. Прання та носіння одягу скорочують і послаблюють ці полімери, тому до того моменту, коли одяг викидають, полімери стають занадто короткі, щоб перетворитися на міцну нову тканину.

У результаті 53 мільйони метричних тонн викинутого одягу спалюють або відправляють на звалища щороку. У 2017 році Burberry спалили непродані сумки, одяг і парфуми на 37 мільйонів доларів. Якщо одяг із натуральних тканин, як-от бавовна та льон, відправити на звалище, він може зіпсуватися за кілька тижнів чи місяців, а руйнування синтетичних тканин може тривати до 200 років. І при цьому вони виробляють метан, потужний парниковий газ, що спричиняє глобальне потепління.

Що може зробити кожен із нас? Споживач є ключем до сталого розвитку моди. Якщо ми хочемо, щоб індустрія моди запровадила більш екологічні практики, то як покупці маємо дбати про те, як виготовляється одяг і звідки він походить, і демонструвати це занепокоєння через те, що ми купуємо. Тоді й відреагує ринок.

Ось кілька порад, як бути відповідальним споживачем:

- Купуйте лише те, що вам потрібно;
- Навчіться купувати та інвестувати в якісний одяг;
- Вибирайте одяг з натуральних матеріалів;
- Вибирайте одяг, який зможе стати позачасовим доповненням до вашого гардероба;
- Бережіть одяг: періть речі рідше, ремонтуйте їх, щоб вони довго служили;
- Купуйте одяг в екологічно чистих брендів із прозорими ланцюжками постачання;
- Купуйте секондхенд або вінтаж, продавайте свій старий чи непотрібний одяг, передайте його тому, хто буде його носити.
- Сформувати капсульний гардероб. Намагайтеся купувати менше речей, але, щоб вони всі поєднувалися між собою. Плюс – краще взяти щось якісніше і дорожче, ніж «багато і дурного». Часто ми купуємо імпульсивно, саме тому кожен рік близько 10,5 мільйонів тонн одягу в США йде на звалища і збільшує рівень світових текстильних відходів.
- Вибирати речі, які зроблені більш етично, перевіряти етикетки і замислюватися над складом і фабрикою-виробником.
- Думати про те, де і як виробляється одяг, з чого зроблені деталі. По можливості не купувати синтетики, цей матеріал на основі нафти, як і поліефір, і нейлон, які насправді є пластмасами. Щоразу, при пранні, ці тканини втрачають тисячі мікрОВОЛОКОН, які в підсумку забруднюють річки і океани.
- Продумати, що можна було б перешити, переробити за модними віяннями. Одне творчо зремонтване вбрання не врятує планету, але може надихнути трьох інших людей дати власному одягові нове життя.
- Знаходити місця, куди здають речі на переробку. Для цього варто подивитися в інтернеті. Скоріш за все такі пункти є в багатьох містах неподалік від нас. А якщо ні – організувати такі місця.
- Не купувати святковий одяг, а орендувати його.
- Прати одяг, використовуючи щадні миючі засоби, які допоможуть продовжити термін служби.

- Можна одяг в хорошому стані пожертвувати в дитячий будинок чи будинок пристарілих, чи в інші заклади, де це доречно і потрібно.

Прогресивні дівчата тепер стежать за глобальними трендами: sustainable lifestyle, zero waste travelling

Висновки. Fast fashion має катастрофічні наслідки для екології, однак кожен із нас може вплинути на ситуацію, змінюючи власні споживчі звички. Усвідомлений вибір одягу та підтримка сталих ініціатив допоможуть зменшити екологічний слід модної індустрії та зберегти природу. Однак, глобальна проблема забруднення навколишнього середовища буде існувати до тих пір, поки все людство не об'єднається для її вирішення. Адже від цього залежить майбутнє наступних поколінь. Як говорить давня індійська сентенція: «Природа – це не те, що ми отримали у спадщину від пращурів, а те, що ми взяли у позику від нащадків».

Хоча багато хто відзначає негативні наслідки швидкої моди, очевидно, що вона поки що тут залишиться. Ми все ще можемо користуватися перевагами швидкої моди, роблячи все, щоб пом'якшити її шкідливий вплив. Наприклад, купувати менше, але якісніше і носити довше, ніж один сезон. А ще користуватися порадами, які ми описали в цій статті. Таким чином зробити свій вагомий внесок для збереження екології нашої величної і красивої планети. А головне не залишити цю роботу нашим дітям, внукам, правнукам. Важливо бути свідомими та дбайливими, природа відповідатиме тим самим.

Список використаної літератури

1. UNIAN.NET, 1998 – 2025. URL: <https://vogue.ua/article/fashion/tendencii/ekologichna-cina-modnoji-industriji-52015.html> (дата звернення 10.03.2025)
3. Програма ООН з навколишнього середовища (UNEP). 2019. Сталий розвиток і циркулярність у текстильному ланцюгу вартості.
4. Allwood J.-M., Bocken N., Malvido de Rodríguez C., Laursen S.-E. Well Dressed? The Present and Future Sustainability of Clothing and Textiles in the United Kingdom. University of Cambridge. 2006. P. 82. URL: https://www.researchgate.net/publication/282249347_Well_Dressed_The_Present_and_Future_Sustainability_of_Clothing_and_Textiles_in_the_United_Kingdom (дата звернення 10.03.2025).
5. Sorensen K., Jorgensen J.-J. Millennial Perceptions of Fast Fashion and Second-Hand Clothing: An Exploration of Clothing Preferences Using Q Methodology. URL: <https://doi.org/10.31274/itaa.13446> (дата звернення 10.03.2025).

Назар ДАВИДЕНКО⁴²

студент 5-го курсу,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
ННІ Агротехнологій та природокористування,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РІЧКИ РУСАВА

Анотація. Ця стаття присвячена комплексному аналізу екологічного стану річки Русава, що протікає в південно-західній частині України та є важливою водною артерією для місцевих екосистем і населення. В дослідженні розглядаються головні антропогенні та природні фактори, що впливають на стан річкових вод, включаючи сільськогосподарське забруднення, побутові стоки, промислові відходи та зміни клімату. Екологічна оцінка річки проведена на основі фізико-хімічних аналізів, що дозволило виявити рівень забруднення води, ступінь впливу на місцеві біоресурси та зміни у біорізноманітті. Окрема увага приділяється деградації екосистем та проблемам самоочищення річки. Стаття також включає рекомендації для місцевої влади та громадськості щодо зниження рівня забруднення, поліпшення моніторингу якості води та впровадження заходів з відновлення екологічної рівноваги.

Anotation. This article is dedicated to a comprehensive analysis of the ecological state of the Rusava river, which flows through the southwestern part of Ukraine and serves as an important water artery for local ecosystems and communities. The study examines the main anthropogenic and natural factors affecting the river's water quality, including agricultural pollution, domestic wastewater, industrial waste, and climate change. The ecological assessment of the river is based on physical and chemical analyses, which allowed for the identification of pollution levels, the degree of impact on local bioresources, and changes in biodiversity. Special attention is given to ecosystem degradation and the river's self-purification challenges. The article also includes recommendations for local authorities and the public on reducing pollution levels, improving water quality monitoring, and implementing measures to restore ecological balance.

Вступ. Згідно ст. 79 Водного Кодексу України до категорії малих річок відносять річки з площею водозбору, які не перевищують 2000 км² або довжиною водотоку річки не більше 100 км, при умові, якщо вона розташована на одній фізикогеографічній зоні. До середніх належать річки, площа водозбору, яка варіюється від

⁴² Науковий керівник – Врадій О.І., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

2000 до 50 тис/км². До категорії великих річок відносять річки, які розташовані на кількох географічних зонах і площею водозбору понад 50 тис/км² [1].

Річка Русава відноситься до малих річок України, яка відіграє важливу роль у житті місцевих екосистем та населення. Проте в останні десятиліття антропогенний вплив, включаючи сільське господарство, промисловість і побутові відходи, значно погіршив екологічний стан річки. Наразі спостерігається зниження якості води, деградація біорізноманіття та забруднення прибережних територій, що потребує термінових заходів для відновлення екологічного балансу.

Виклад основного матеріалу. Річка Русава протікає на території Вінницької області в межах Тульчинського та Могилів-Подільського районів де на околиці м. Ямпіль впадає в Дністер. Її довжина становить близько 78 км, що робить її типовою малою річкою регіону. Русава забезпечує такими послугами своїх громадян як: забезпечення питною водою, зрошення сільськогосподарських угідь, виробництво енергії та рекреаційні галузі, які підтримують місцеву економіку [2].

Стан малих річок є дуже важливим, тому що вони є первинним показником гідрологічного і екологічного стану великих річок. Основною проблемою забруднення річки Русава є побутове сміття, тому що береги річки в межах населених пунктів через які вона протікає, зайняті житловою забудовою і господарськими будівлями.

Тому, екологічний стан річки Русава погіршується через кілька основних факторів:

- **антропогенне забруднення** – це внесок сільськогосподарських відходів, таких як хімічні добрива та пестициди, які значно впливають на хімічний склад води. Промислові стоки, навіть у невеликих обсягах, також сприяють накопиченню важких металів і токсичних речовин у воді;

- **побутові стоки**– місцеві населені пункти часто не мають належної системи очищення побутових стоків, що призводить до їх безпосереднього скидання у річку;

- **зміни клімату**– зниження рівня води через посушливі періоди та нерегулярні опади посилюють проблему забруднення, оскільки зменшується здатність річки до самоочищення.

Також, важливим являється негативний вплив на біорізноманіття та екосистеми забруднення річки Русава, яка проявляється у зниженні кількості видів риби і водних рослин. Це впливає на весь харчовий ланцюг, що призводить до деградації місцевих екосистем. Крім того, зміни у складі води негативно впливають на прибережні зони, де знаходяться різні види птахів та ссавців.

Для оцінки екологічного стану річки було здійснено відбір проб води з різних ділянок. Основні параметри, що вимірювалися, включали рівень забруднення важкими металами у воді. Також було проведено оцінку біорізноманіття за допомогою спостережень за популяціями риби та водних рослин.

Перед збором проб води або інших рідин рекомендується тричі промивати всі матеріали, які будуть використовуватися для збору проб, водою з того ж джерела, з якої відбирається проба. Для збору проб з річок рекомендується виконувати збір у кількох точках з урахуванням характеристик водойми.

Контрольну пробу слід відбирати 150-200 м вище за течією від місця події, другу пробу – у пункті водокористування, третю пробу – нижче за течією від місця події (забруднення). Для здійснення досліджень рекомендується мати дані про гідрологічний режим (швидкість течії). Збір проб рекомендується проводити з обох берегів та у середині річки.

Якщо вода використовується як джерело централізованого водопостачання, проби слід відбирати на рівні водозабору, враховуючи ширину і глибину водойми. При децентралізованому водопостачанні проби рекомендується відбирати біля берега (5-10 м) на глибині 1 м. Якщо вода використовується для масового купання, проби можуть бути відібрані біля берега і у середині водойми на глибині 30-50 см [3].

Глибина відбору проб залежить від попереднього аналізу фізико-хімічних властивостей речовини, яка стала причиною події. Наприклад, нафтопродукти слід відбирати на поверхні водойми, а речовини з великою питомою вагою – з дна.

Аналіз дослідження показав (табл. 1), що рівень забруднення річки Русава перевищує допустиму норму. Відповідно до значень які наведені у таблиці лише показник гідрокарбонатності середнє значення якого становило – 472 мг/л, що перевищував норму (ГДК – 300мг/л), у 1,57 рази. Всі інші досліджувані елементи не мали перевищень.

Таблиця 1. Гідрологічні показники води р. Русава

№ п/п	Назва показника	Одиниці виміру	Значення а				ГДК
			№1	№2	№3	серед. знач.	
1	Водневий показник, рН	од. рН	7,7	7,4	7,7	7,6	6,5- 8,5
2	Нітрати NO ³⁻	мг/л	5,76	5,76	5,76	5,76	45,0
3	Кальцій Ca ²⁺	мг/л	69,7	69,7	69,7	69,7	180
4	Магній Mg ²⁺	мг/л	34,83	34,83	34,83	34,83	50
5	Гідрокарбонати, HCO ₃	мг/л	488	464	464	472	300
6	Хлориди Cl ⁻	мг/л	31,24	6,34	6,34	14,64	300
7	Загальна твердість (жорсткість)	моль/л	6,34	6,34	6,34	6,34	не впливає

Найбільш значні відхилення спостерігаються у зонах поблизу населених пунктів та сільськогосподарських угідь. Там забруднення річки проявляється у порушенні водоохоронної зони, розорення земельних ресурсів, що призводить

до змиву ґрунтового покриву, злив в русло річки стічних вод. Також виявлено зниження популяцій ключових видів риб, що вказує на суттєве порушення екологічного балансу [4].

Висновки. Екологічний стан річки Русава є незадовільним і потребує негайних заходів для поліпшення ситуації. Головною проблемою річки є низька здатність річки до самоочищення. Вона залежить від таких природних факторів, як: об'єму річного стоку, хімічного складу води та швидкості течії, який коливається в межах 0,1-0,5 м/с. Основними рекомендаціями є запровадження системи очищення стоків, зменшення використання хімічних добрив та пестицидів у сільському господарстві, а також проведення заходів з відновлення біорізноманіття річки. Також необхідно посилити моніторинг екологічного стану та забезпечити дотримання екологічних норм на місцевому рівні.

Список використаної літератури

1. Водний кодекс України URL: https://urst.com.ua/vodnyi_kodeks/st79 (дата звернення: 08.09.2024)
2. Climate change is hurting the water quality of rivers, according to new scientific review URL: <https://www.preventionweb.net/news/climate-change-hurtingwater-quality-rivers-according-new-scientific-review> (дата звернення: 08.09.2024)
3. Порядок здійснення відбору проб URL: <https://dsns.gov.ua/upload/2/0/7/0/3/6/5/tema-8-poriadok-zdiisnennia-vidboruprob.pdf> (дата звернення: 09.09.2024)
4. Давиденко Н. Гідрологічна оцінка поверхневих вод р. Русава в межах Клембівської територіальної громади. Кваліфікаційна робота. 2024. 34 с.

Вікторія ЖУРБЕЛЮК⁴³,
студентка 3-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СЕВЕРИНІВСЬКОЇ ГРОМАДИ

***Анотація.** Стаття аналізує природно-кліматичні, земельні ресурси та екологічний стан Северинівської громади, розташованої у центральній частині України. У центрі уваги перебувають земельні ресурси, кліматичні характеристики, стан екологічного середовища, а також економічна структура громади. Дослідження базується на даних офіційних звітів громади,*

⁴³ Науковий керівник – Ткачук О.П., професор кафедри екології та охорони навколишнього середовища

статистичних ресурсах та експертних оцінках. Головною метою є визначення природних переваг та екологічних ризиків, а також пропонування практичних рішень для сталого розвитку. Результати демонструють потенціал громади для зростання за умов збереження екологічної рівноваги, що може бути прикладом для інших регіонів України.

Annotation. The article analyzes the natural climate, land resources and ecological condition of the Severyniv community, located in the central part of Ukraine. The focus is on land resources, climatic characteristics, the state of the ecological environment, as well as the economic structure of the community. The study is based on data from official community reports, statistical resources, and expert assessments. The main goal is to identify natural advantages and environmental risks, as well as to propose practical solutions for sustainable development. The results demonstrate the community's potential for growth under conditions of preservation of ecological balance, which can be an example for other regions of Ukraine.

Вступ. Северинівська громада – одна з сучасних адміністративно-територіальних одиниць України, створена в рамках реформи децентралізації. Громада розташована в регіоні з розвинутою інфраструктурою та сприятливими природними умовами для сільського господарства. До її складу входять кілька населених пунктів із загальною кількістю населення близько 5-7 тисяч осіб.

Тут зберігається багатий історико-культурний спадок, що також робить громаду привабливою для туристів. Водночас економічна діяльність, орієнтована на використання природних ресурсів, потребує балансу з екологічними вимогами.

Виклад основного матеріалу. Северинівська громада має в своєму розпорядженні цінні природні ресурси:

- Землі. Основна частина земельного фонду відведена під сільськогосподарські угіддя. Чорноземи, які складають більшу частину ґрунтів, є ключовою перевагою для вирощування високопродуктивних культур.

- Водні ресурси. На території громади протікають кілька річок та знаходяться ставки, які використовуються для іригації та розвитку рибного господарства.

- Лісові масиви. Ліси виконують як екологічну, так і господарську функцію, забезпечуючи місцевих жителів деревиною, дикорослими ягодами та грибами.

- Корисні копалини. Пісок, глина та інші будівельні матеріали є важливими ресурсами для місцевої економіки.

Це багатство забезпечує громаду економічними перевагами, але також вимагає раціонального та екологічного підходу до їх використання [1].

Северинівська громада знаходиться у зоні помірно-континентального клімату. Основні характеристики:

- Температура. Зима характеризується м'якими морозами, середні температури січня $-5...-7^{\circ}\text{C}$, а влітку температура досягає $+20...+23^{\circ}\text{C}$.

- Опади. Середньорічна кількість опадів складає 500-600 мм, що є достатнім для більшості сільськогосподарських культур.

- Сезонність. Весна настає рано, а осінь триває досить довго, що створює сприятливі умови для вирощування багатьох видів рослин.

Однак громада періодично стикається з кліматичними викликами, такими як літні посухи та сильні вітри, що можуть впливати на врожаї [2].

Економіка Северинівської громади базується переважно на аграрному секторі, але поступово розвиваються й інші напрями:

1. Сільське господарство. Основні культури включають зернові, соняшник, кукурудзу. Активно розвивається також тваринництво, зокрема свинарство та молочне скотарство.

2. Переробка продукції. На території громади функціонують малі підприємства, що займаються переробкою зерна, олійних культур та молочної продукції.

3. Туризм. Природні ландшафти та історичні пам'ятки привертають увагу туристів. У перспективі розвиток сільського зеленого туризму може стати важливим джерелом доходів для місцевих жителів.

4. Екологічні ініціативи. Впровадження «зелених» технологій у сільському господарстві та використання відновлюваних джерел енергії набуває все більшого значення.

Екологічний стан Северинівської громади в цілому стабільний, однак регіон стикається з низкою викликів, що потребують уваги та вирішення. Головною екологічною проблемою є зниження родючості ґрунтів через інтенсивне сільськогосподарське використання. Часте застосування хімічних добрив і пестицидів спричиняє накопичення токсичних речовин, деградацію структури ґрунтів і зниження їх водоутримуючої здатності. Це впливає на якість врожаїв та може спричинити подальше скорочення продуктивних земель.

Рекомендації: Перехід на органічні методи землеробства. Впровадження систем сівозміни для збереження ґрунтової родючості. Використання біологічних засобів захисту рослин.

Водні ресурси:

Річки та ставки громади є важливими для іригації, водопостачання та рибництва. Однак частина водойм забруднена стоками з полів, які містять хімічні сполуки. Це створює ризики для водних екосистем і мешканців, які залежать від цих ресурсів.

Рекомендації: Створення захисних лісосмуг уздовж водойм для запобігання забрудненню. Очищення водойм і впровадження систем фільтрації для місцевих підприємств. Регулярний моніторинг стану водних ресурсів.

Ліси та біорізноманіття:

Ліси громади, які займають близько 10% території, виконують важливу екологічну функцію, але зменшуються через вирубування для господарських потреб. Це впливає на біорізноманіття регіону, яке також зазнає скорочення

через монокультурне землеробство та надмірну експлуатацію природних ресурсів.

Рекомендації: Заліснення деградованих і еродованих земель. Створення заказників для збереження флори й фауни. Розробка програм підтримки природоохоронних територій.

Поводження з відходами: Проблеми із захороненням відходів залишаються актуальними. У багатьох селах громади відсутні організовані полігони, а стихійні звалища спричиняють забруднення повітря, ґрунтів і вод [3].

Рекомендації: Впровадження системи сортування й переробки сміття. Створення сучасних полігонів для захоронення відходів. Проведення інформаційних кампаній серед населення щодо важливості екологічно правильного поведіння з відходами.

Енергетика та зміни клімату:

Громада залежить від традиційних джерел енергії, що сприяє викидам вуглекислого газу та інших парникових газів. Підвищення середньої температури, збільшення посух та нерівномірний розподіл опадів стають дедалі серйознішою загрозою.

Рекомендації: Розвиток альтернативних джерел енергії, таких як сонячна й вітрова енергетика. Проведення озеленення територій для пом'якшення впливу змін клімату. Адаптація сільського господарства до нових кліматичних умов.

Загальний підхід до екології. Збереження навколишнього природного середовища в Северинівській громаді можливе завдяки комплексним діям, що поєднують економічні, соціальні та природоохоронні ініціативи. Завдяки активній участі громади та підтримці зовнішніх партнерів громада може стати прикладом успішного вирішення екологічних викликів.

Потенціал громади. Северинівська громада має всі умови для розвитку сталого сільського господарства, екологічного туризму та зеленої економіки. Екологічні ризики. Інтенсивне використання ресурсів без врахування екологічних наслідків може призвести до значних втрат. Рекомендації: Впровадження сучасних технологій зрощення. Перехід на органічне землеробство. Розширення природоохоронних зон. Інвестиції у розвиток туризму та екологічних проєктів. Громада може стати прикладом для інших регіонів завдяки ефективному поєднанню економічного розвитку та екологічної відповідальності.

Висновок. Северинівська громада має значний потенціал для сталого розвитку завдяки багатим природним ресурсам, сприятливим кліматичним умовам і розвиненому аграрному сектору. Родючі ґрунти, лісові та водні ресурси створюють основу для економічного зростання та екологічної стабільності. Однак екологічні виклики, зокрема деградація ґрунтів, забруднення вод та скорочення біорізноманіття, потребують впровадження екологічно дружніх технологій і заходів зі збереження природного середовища.

Подальший розвиток громади залежить від ефективного поєднання економічної активності з екологічними ініціативами, таких як органічне землеробство, зелений туризм і використання відновлюваних джерел енергії.

Завдяки раціональному використанню ресурсів і стратегічному плануванню Северинівська громада може стати взірцем сталого розвитку, забезпечуючи високий рівень життя для нинішніх і майбутніх поколінь.

Список використаної літератури

1. Офіційний сайт Северинівської громади.
URL: <https://svrn.gov.ua/strategiya-16-33-22-29-06-2021/> (дата звернення 23.11.2024.)
2. Державна служба статистики України – кліматичні та аграрні дані регіону. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 23.11.2024.)
3. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/> (дата звернення 23.11.2024.)

Наталія КРАВЧУК⁴⁴,
студентка 31-ЕО групи,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
ННІ агротехнологій та природокористування,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ПРИРОДНІ УМОВИ ТА ГОСПОДАРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ ТУРБІВСЬКОГО ГРАНІТНОГО КАР'ЄРУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

***Анотація.** У статті розглядаються природні умови та господарська діяльність Турбівського гранітного кар'єру Вінницької області, що є важливим підприємством для будівельної та промислової галузей регіону. Описано особливості клімату, геологічну будову та водний баланс території, які створюють сприятливі умови для видобутку високоякісного граніту. Детально проаналізовано продукцію кар'єру, що включає гранітні блоки, щебінь різних фракцій та відсів, які знаходять широке застосування в будівництві та декоративних роботах, а також зазначено вплив сучасних технологій на підвищення продуктивності видобутку. Стаття також присвячена розгляду негативного екологічного впливу кар'єрної діяльності, зокрема руйнування ландшафту, забруднення повітря та водних ресурсів, шумового та вібраційного впливу. Окрема увага приділяється природоохоронним заходам, спрямованим на рекультивацію відпрацьованих територій, зниження пилovidілення, контролю якості води та мінімізації шуму. Автор підкреслює необхідність інтеграції інноваційних технологій та постійного екологічного моніторингу для досягнення балансу між економічною ефективністю видобутку та збереженням природних ресурсів для майбутніх поколінь.*

⁴⁴Науковий керівник – Ткачук О.П., професор кафедри екології та охорони навколишнього середовища

Annotation. *This article examines the natural conditions and operational activities of the Turbiv Granite Quarry in the Vinnytsia region, a vital enterprise for the construction and industrial sectors in the area. It describes the region's climatic characteristics, geological structure, and water balance, which create favorable conditions for extracting high-quality granite. A detailed analysis of the quarry's production is provided, including granite blocks, aggregates of various fractions, and screenings-materials widely used in construction and decorative applications. The paper also discusses the negative environmental impacts of quarrying, such as landscape degradation, air and water pollution, and the disturbances caused by noise and vibrations. Special emphasis is placed on the environmental protection measures implemented at the quarry, including the reclamation of exhausted areas, dust reduction technologies, water quality monitoring, and noise minimization strategies. The article underlines the necessity of integrating innovative technologies and maintaining continuous environmental monitoring to achieve a balance between economic efficiency in resource extraction and the preservation of natural resources for future generations.*

Вступ. Кар'єри відіграють важливу роль у господарській діяльності, забезпечуючи будівельну та промислову галузі необхідними корисними копалинами. Видобуток граніту є одним із ключових напрямків гірничої промисловості, адже цей матеріал широко використовується в дорожньому будівництві, виробництві бетонних конструкцій та облицювальних матеріалів.

Турбівський гранітний кар'єр, розташований у Вінницькій області, є одним із важливих постачальників якісного граніту в регіоні та за його межами. Його продукція затребувана у багатьох сферах, що робить це підприємство стратегічно важливим для розвитку місцевої економіки.

Окрім економічної складової, кар'єри мають значний соціальний вплив, адже створюють робочі місця, сприяють розвитку інфраструктури та залученню інвестицій. Завдяки діяльності подібних підприємств розвиваються прилеглі населені пункти, покращується транспортне сполучення та збільшується надходження до місцевих бюджетів.

Утім, варто враховувати й екологічні аспекти кар'єрної діяльності, оскільки видобуток корисних копалин може призводити до деградації природних ландшафтів, змін кліматичних умов та зниження біорізноманіття. Тому важливим є поєднання ефективного видобутку ресурсів із заходами щодо мінімізації шкоди довкіллю.

Розвиток кар'єрної промисловості також сприяє удосконаленню технологій видобутку та переробки сировини. Використання сучасного обладнання, автоматизація виробничих процесів і впровадження новітніх методів зменшення екологічного навантаження дозволяють оптимізувати виробничі витрати й підвищити якість кінцевої продукції. Таким чином, правильна організація кар'єрної діяльності може забезпечити баланс між економічною вигодою та збереженням довкілля [1].

Виклад основного матеріалу. Селище Турбів розташоване в одному з найродючіших регіонів Вінницької області, де панує помірно-континентальний клімат із чітко вираженими сезонами. Літо тут тепле та сонячне, з середньою температурою близько $+22...+25^{\circ}\text{C}$, що сприяє активному росту рослинності, а зими характеризуються помірним морозом із середніми температурами від -4 до -8°C . Середня річна кількість опадів становить приблизно 550-600 мм, але розподіл опадів нерівномірний: найбільша їх кількість припадає на весну та початок літа, що забезпечує належне зволоження ґрунтів, але в літні місяці можливі періоди посухи, які впливають на місцеву екосистему.

Геологічна будова регіону має вирішальне значення для розташування та характеристик кар'єру. Турбівський гранітний кар'єр знаходиться в зоні Українського кристалічного щита, що свідчить про його давнє геологічне походження. Тут залягають великі поклади граніту, які сформувалися в процесі магматичного охолодження мільйони років тому. Цей граніт відомий своєю високою міцністю, щільністю та довговічністю, що робить його незамінним матеріалом для будівництва, дорожнього спорудження та облицювальних робіт. Крім того, склад та текстура каменю дозволяють отримувати продукцію різних фракцій, що значно розширює сферу застосування видобутої сировини.

Водний баланс регіону також відіграє важливу роль. Територія Турбова має добре розвинену систему підземних вод, які живлять місцеві річки та струмки. Природне дренованння сприяє підтримці рівня ґрунтових вод, проте активна кар'єрна діяльність може порушувати цей баланс, викликаючи зниження водного рівня або, навпаки, сприяючи локальному застою води. Це важливо враховувати при плануванні рекультиваційних заходів та захисті місцевих екосистем.

Ґрунти Турбова мають різноманітну структуру: від суглинків до піщаних та глинистих ґрунтів, що відображає історію геологічних процесів регіону. Ці ґрунти сприяють зростанню широкого спектру рослинності, що забезпечує біологічну різноманітність місцевої флори. Наявність природних ресурсів, таких як мінеральні води, також свідчить про багатство регіону. Водночас, кар'єрна діяльність, хоча й дає економічну вигоду, може впливати на ці природні процеси, зокрема, через зниження родючості ґрунтів або зміну місцевого мікроклімату.

Екологічна ситуація в районі Турбова вимагає комплексного підходу до використання природних ресурсів. Окрім безпосереднього впливу на ґрунтовий покрив та водні ресурси, видобуток граніту створює додаткове навантаження на атмосферу через пилові викиди та шум від роботи важкої техніки. Саме тому природні умови регіону потребують постійного моніторингу та впровадження сучасних технологій, що дозволяють зберігати екологічний баланс. Важливо враховувати як природні особливості місцевості, так і потенційні ризики для довкілля, що допомагає забезпечити стале використання ресурсів та підтримку природоохоронних заходів.

Таким чином, природні умови Турбова і особливості геологічного складу кар'єру створюють унікальне середовище, яке одночасно сприяє видобутку високоякісного граніту та вимагає уважного підходу до збереження екологічного

балансу регіону. Знання і аналіз цих умов є надзвичайно важливими для подальшої раціональної експлуатації кар'єру та збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь.

Турбівський гранітний кар'єр спеціалізується на видобутку та переробці високоякісного граніту, який має широке застосування в будівництві, дорожньому спорудженні та декоративних роботах. Основна продукція кар'єру поділяється на декілька категорій залежно від призначення та характеристик сировини.

По-перше, це гранітні блоки, які використовуються для облицювання фасадів будівель, виготовлення пам'ятників, декоративних елементів та архітектурних композицій. Ці блоки вирізняються своєю високою міцністю, натуральною текстурою та естетичним виглядом, що робить їх затребуваними як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринку. Завдяки сучасним технологіям обробки, вироблена продукція відзначається високою точністю розмірів та однорідністю, що є важливими критеріями для використання у престижних будівельних проєктах [2].

По-друге, кар'єр виробляє щебінь різних фракцій, який є незамінним матеріалом для будівництва доріг, залізобетонних конструкцій, мостів, а також для виготовлення асфальтобетону та залізничного баласту. Завдяки широкому спектру фракцій щебеню, замовники можуть підібрати оптимальний матеріал для конкретних технічних вимог, що сприяє підвищенню надійності та довговічності будівельних конструкцій. Використання сучасного обладнання для дроблення та сортування гарантує високу продуктивність та економічну ефективність процесу видобутку [3].

Крім того, виробляється відсів гранітний, який знаходить застосування як компонент у виробництві будівельних сумішей, так і як декоративний елемент для благоустрою територій. Висока якість відсіву забезпечує однорідність готових сумішей та сприяє створенню естетично привабливих ландшафтних рішень, де натуральна краса граніту доповнює архітектурні проєкти.

Особливу увагу приділяють виробництву спеціальних декоративних елементів, які виготовляються за індивідуальними замовленнями. Ці елементи можуть включати скульптури, облицювальні плити та інші кам'яні вироби, що використовуються у внутрішньому та зовнішньому дизайні. Завдяки можливості точної обробки та високій якості сировини, такі вироби користуються популярністю серед архітекторів і дизайнерів.

Важливо відзначити, що продукція Турбівського гранітного кар'єру відповідає найвищим стандартам якості, що дозволяє успішно конкурувати на міжнародному ринку. Ефективний контроль якості на кожному етапі виробництва та впровадження сучасних технологій переробки гарантують, що кінцевий продукт має високу довговічність та відповідає технічним вимогам замовників. Таким чином, широкий асортимент продукції кар'єру не лише задовольняє потреби будівельної галузі, а й сприяє економічному розвитку регіону, забезпечуючи стабільний експорт високоякісного граніту за кордон.

Діяльність кар'єрів, зокрема видобуток граніту, має численні негативні наслідки для довкілля, що вимагають ретельного аналізу та впровадження ефективних заходів з мінімізації шкоди. Одним із найважливіших аспектів є руйнування природного ландшафту. Відкритий видобуток призводить до знищення родючого ґрунтового шару, що негативно впливає на природні екосистеми, зменшує біорізноманіття і може стати причиною ерозійних процесів. Великі відкриті розробки змінюють природну топографію місцевості, що призводить до порушення водного балансу та змін у мікрокліматичних умовах регіону.

Виробничий процес кар'єрів супроводжується значними викидами пилу, який містить дрібні частинки породи та шкідливі речовини. Пилова завіса негативно впливає на якість повітря, створюючи загрозу для здоров'я місцевого населення та дикої природи. Часті пилові хмари можуть викликати респіраторні захворювання у людей, а також знижувати продуктивність рослинності. Забруднення повітря – це не лише питання здоров'я, але й фактор, що спричиняє зміну клімату на місцевому рівні.

Ще одним важливим екологічним наслідком є шумове та вібраційне забруднення. Робота важкої техніки, вибухові роботи та інтенсивний транспорт створюють високий рівень шуму, який може порушувати спокій мешканців та впливати на поведінку тварин. Тривалий вплив шуму негативно відображається на фізіологічному стані як людей, так і тварин, спричиняючи стрес та порушення нормального функціонування організмів.

Кар'єрна діяльність впливає й на водні ресурси регіону. Інтенсивний видобуток та транспортування сировини може призводити до зміни режиму підземних та поверхневих вод. Відходи виробництва, а також хімічні речовини, що використовуються у процесі видобутку та обробки, можуть потрапляти у водні потоки, спричиняючи забруднення водойм та негативно впливаючи на екосистеми, що залежать від чистоти води.

Накопичення відходів видобутку – ще один значний екологічний виклик. Великі об'єми відвалів та бурових відходів створюють додаткові загрози для довкілля: вони можуть стати джерелом забруднення ґрунту, а також негативно впливати на природні екосистеми та біорізноманіття регіону.

Таким чином, негативний екологічний вплив кар'єрів є комплексною проблемою, яка охоплює як зміни у ландшафті та водному балансі, так і забруднення повітря, шумове навантаження та накопичення відходів. Ефективне вирішення цих проблем вимагає впровадження сучасних технологій зменшення шкідливих викидів, рекультивації земель та комплексного моніторингу довкілля, що дозволить зберегти екологічну рівновагу та мінімізувати шкоду для природи.

Для мінімізації негативного впливу кар'єрної діяльності на довкілля впроваджуються комплексні природоохоронні заходи, спрямовані на забезпечення стійкості екосистем та збереження природних ресурсів регіону. Одним із основних напрямків є рекультивація видобутих територій. Після завершення розробки кар'єру здійснюється планове засипання відпрацьованих ділянок із застосуванням спеціальних технологій, що дозволяють відновити

грунтовий покрив та відтворити природний ландшафт. Важливою складовою цього процесу є озеленення: висадка дерев, кущів і трав, які сприяють відновленню біорізноманіття та стабілізації ґрунту [4].

Сучасні технології пилозахисту також відіграють ключову роль. На виробничих майданчиках встановлюються системи зрошення та пилозатримуючі установки, що знижують кількість шкідливих частинок у повітрі. Крім того, застосування фільтраційного обладнання на виході від пилових потоків допомагає підтримувати чистоту повітря, що особливо важливо для здоров'я місцевого населення та дикої природи.

Контроль за водними ресурсами здійснюється за допомогою моніторингових систем, які відслідковують якість підземних і поверхневих вод. Впровадження сучасних очисних споруд дозволяє зменшити потрапляння відходів виробництва у водойми та забезпечити їх очищення перед зливом у природне середовище. Регулярні лабораторні дослідження допомагають своєчасно виявляти будь-які зміни у водному балансі та приймати відповідні коригувальні заходи.

Також значну увагу приділяють зниженню шумового та вібраційного впливу на довкілля. Використання сучасного обладнання з низьким рівнем шуму, встановлення звукоізоляційних бар'єрів та оптимізація графіку вибухових робіт дозволяють мінімізувати негативний вплив на місцеву флору та фауну. Спеціальні програми навчання для персоналу з питань екологічної безпеки сприяють підвищенню обізнаності та відповідальності працівників щодо дотримання природоохоронних стандартів [5].

Важливою складовою заходів є інтеграція екологічного моніторингу у виробничі процеси. Регулярний збір даних про стан повітря, ґрунтів і водних ресурсів дозволяє оперативно реагувати на будь-які негативні зміни. Кар'єр співпрацює з місцевими екологічними організаціями та науковими установами, що сприяє впровадженню інноваційних технологій та удосконаленню методів природоохоронної діяльності.

Таким чином, комплекс природоохоронних заходів на Турбівському гранітному кар'єрі включає рекультивацію земель, застосування технологій пилозахисту, контроль якості водних ресурсів, зниження шумового впливу та постійний екологічний моніторинг. Ці заходи спрямовані на збереження природного балансу регіону, мінімізацію шкоди для довкілля та забезпечення сталого розвитку підприємства з урахуванням екологічних вимог сучасності.

Висновок. Проведений аналіз природних умов та господарської діяльності Турбівського гранітного кар'єру свідчить про те, що дане підприємство відіграє важливу роль у забезпеченні будівельної та промислової галузей якісною сировиною, сприяє економічному розвитку регіону та створенню нових робочих місць. Одночасно з економічними перевагами, видобуток граніту має значний негативний вплив на довкілля: руйнування природного ландшафту, забруднення повітря, шумове і вібраційне навантаження, а також порушення водного балансу. Сучасні природоохоронні заходи, такі як рекультивація земель, впровадження технологій пилозахисту, контроль за якістю водних ресурсів та зниження шуму,

дозволяють мінімізувати екологічну шкоду і сприяти сталому розвитку кар'єру. Важливим є постійний моніторинг екологічних показників та інтеграція інноваційних технологій, що забезпечує баланс між економічною ефективністю та збереженням природних ресурсів для майбутніх поколінь. Отже, подальша модернізація виробничих процесів у поєднанні з екологічними заходами є запорукою стабільного та безпечного функціонування підприємства.

Список використаної літератури

1. Екологічні стандарти у гірничій промисловості. Міністерство екології та природних ресурсів України. Київ: Державне видання, 2020. 169 с.
2. Іванов П.О. Геологія та видобуток граніту в Україні. *Журнал гірничої справи*. 2019. № 15(3). С. 45–59.
3. Коваленко Л.М., Сидоренко О.В. (2018). Рекультивація земель після видобутку корисних копалин. *Екологічний вісник*. 2018. № 10(2). С. 112–125.
4. Аналіз розвитку гірничої промисловості в Україні. Державна служба статистики України. Київ: Державне видання. 2021.
5. Петров А.І. Сучасні технології у видобутку та переробці граніту. *Інженерний журнал*. 2017. № 12(4). С. 78–85.

Дар'я ПЛАКИДА⁴⁵,
студентка 32-ЕО групи,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
ННІ агротехнологій та природокористування,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН Р. ДЕСЕНКА У МЕЖАХ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Анотація. У статті розглянуто екологічний стан річки Десенка у межах Вінницької області. Проведено аналіз гідрологічних характеристик річки, її господарського використання та природного значення. Визначено основні екологічні проблеми, серед яких забруднення стічними водами, ерозія берегів і зменшення водності. Запропоновано низку природоохоронних заходів, спрямованих на покращення стану водойми, зокрема очищення стічних вод, відновлення русла, лісовідновлення та екопросвітництво. Дослідження є актуальним у контексті загального погіршення екологічного стану малих річок України.

⁴⁵ Науковий керівник – Ткачук О.П., професор кафедри екології та охорони навколишнього середовища

Annotation. *The article examines the ecological state of the Desenka River within the Vinnytsia region. The study analyzes the hydrological characteristics of the river, its economic use, and natural significance. Key environmental issues, such as wastewater pollution, bank erosion, and water depletion, are identified. A range of conservation measures is proposed to improve the river's condition, including wastewater treatment, channel restoration, reforestation, and ecological awareness campaigns. The research is relevant given the overall deterioration of the ecological condition of small rivers in Ukraine.*

Вступ. Малі річки України відіграють важливу роль у формуванні природного середовища, забезпеченні населення водними ресурсами та підтримці екологічного балансу. Однак, сьогодні їх екологічний стан викликає занепокоєння. Забруднення стічними водами, надмірна експлуатація, вирубка лісів у водозбірних басейнах, ерозія ґрунтів і кліматичні зміни негативно впливають на гідрологічний режим і якість води малих річок. У цьому контексті дослідження екологічного стану р. Десенка у Вінницькій області є актуальним для розробки природоохоронних заходів і забезпечення сталого використання річки.

Виклад основного матеріалу. Річка Десенка є однією з малих річок, розташованих у межах Вінницької області. Її довжина становить близько 42 км, басейн охоплює площу 234 км². Річка бере початок поблизу села Літин, протікає через низку населених пунктів, зокрема Селище, Дашківці та Вінницю, і впадає у Південний Буг. Ширина річки коливається від 5 до 15 метрів, середня глибина становить 1–2 метри. Десенка є частиною басейну Південного Бугу, що є важливим джерелом водних ресурсів для регіону.

Річка Десенка використовується для потреб сільського господарства, зокрема для зрошення та водопостачання сільських населених пунктів. У її басейні також здійснюється рибальство та частково рекреаційна діяльність. Проте через недостатнє очищення води та забруднення господарсько- побутовими стоками рівень використання ресурсів річки поступово знижується.

Десенка є важливою екосистемою регіону, забезпечуючи середовище існування для різноманітних видів флори та фауни. Вона виконує роль природного водного коридору, підтримує рівень ґрунтових вод, а також є складовою частиною екологічної мережі області. Річка відіграє значну роль у регуляції місцевого клімату та сприяє біорізноманіттю регіону.

Основні екологічні проблеми річки: Забруднення води: Однією з головних екологічних проблем є скидання неочищених стічних вод із приватних господарств та підприємств. Ерозія берегів: Інтенсивна господарська діяльність спричиняє деградацію берегової лінії. Зменшення водності: Через кліматичні зміни та зменшення об'ємів поверхневого стоку річка поступово міліє. Втручання в природні процеси: Випрямлення русла та вирубка лісів у басейні посилюють проблеми забруднення і деградації екосистеми.

Природоохоронні заходи для покращення водойми: Очищення стічних вод: Установлення сучасних очисних споруд для зменшення скидання

забруднень. Відновлення русла: Проведення заходів з біоінженерного зміцнення берегів і відновлення природного русла річки. Лісовідновлення: Насадження дерев у водозбірному басейні для зменшення ерозії ґрунтів. Моніторинг якості води: Регулярний контроль стану води для оцінки ефективності заходів і своєчасного реагування. Екопросвітництво: Проведення освітніх заходів серед населення щодо необхідності дбайливого ставлення до водних ресурсів.

Висновки. Річка Десенка належить до малих річок Вінницької області, що має природне та господарське значення. Відсутність належних природоохоронних заходів та постійного екологічного моніторингу річки зумовлюють погіршення її екологічного стану. Тому належний контроль за господарською діяльністю у межах водоохоронних зон водойми є важливим чинником відновлення екологічного стану річки.

Список використаної літератури

1. Інформація з Вікіпедії про річку Десенка. URL: [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://uk.wikipedia.org/wiki/%25D0%2594%25D0%25B5%25D1%2581%25D0%25BD%25D0%25B0_\(%25D0%25BF%25D1%2580%25D0%25B8%25D1%2582%25D0%25BE%25D0%25BA%25D0%25B0_%25D0%259F%25D1%2596%25D0%25B2%25D0%25B4%25D0%25B5%25D0%25BD%25D0%25BD%25D0%25BE%25D0%25B3%25D0%25BE_%25D0%2591%25D1%2583%25D0%25B3%25D1%2583\)&ved=2ahUKEwj0sqfK8qJAXWmS_EDHUx0CBsQFnoECBkQAw&usg=AOvVaw2e7iI5IXwaEpPinddKprkG](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://uk.wikipedia.org/wiki/%25D0%2594%25D0%25B5%25D1%2581%25D0%25BD%25D0%25B0_(%25D0%25BF%25D1%2580%25D0%25B8%25D1%2582%25D0%25BE%25D0%25BA%25D0%25B0_%25D0%259F%25D1%2596%25D0%25B2%25D0%25B4%25D0%25B5%25D0%25BD%25D0%25BD%25D0%25BE%25D0%25B3%25D0%25BE_%25D0%2591%25D1%2583%25D0%25B3%25D1%2583)&ved=2ahUKEwj0sqfK8qJAXWmS_EDHUx0CBsQFnoECBkQAw&usg=AOvVaw2e7iI5IXwaEpPinddKprkG) (дата звернення 20.11.2024.).
2. Дослідження екологічного стану малих річок України (загальні матеріали екологічних організацій). URL: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://dglb.nubip.edu.ua/bitstreams/6c5dde3f-54c8-45a7-8998bfc26b136ae2/download&ved=2ahUKEwjg2-Tn8qJAXXlAXAIHQYRH7IQFnoECBkQAQ&usg=AOvVaw07BdfAcoKkfvsVCJJG6E> UW (дата звернення 20.11.2024.).
3. Дані Державної екологічної інспекції Вінницької області. URL: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://vin.n.dei.gov.ua/search_posts%3Fpage%3D12&ved=2ahUKEwiRupWI9OqJAXU4FhAIHZ5_GBsQFnoECBgQAQ&usg=AOvVaw1C9ojiVTunwN8e3ge916WO (дата звернення 20.11.2024.).
4. Гідрологія басейну Південного Бугу. URL:

<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://b.uvrpb.davr.gov.ua/vodni-resursy/hidrohrafichna-merezha&ved=2ahUKEwj98eyv9OqJAXUKQvEDHSjtPGEQFnoECBsQAAQ&usg=AOvVaw0yYI6H4IyRpRtXVd9fbj6W>(дата звернення 20.11.2024.).

5. Рекомендації з відновлення екосистем від Міністерства захисту довкілля України. URL:

<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://z.akon.rada.gov.ua/go/v0486926-23&ved=2ahUKEwjLw5PK9OqJAXVjcfEDHfQSAwYQFnoECBYQAAQ&usg=AOvVaw3bO9UkshhjwK8NBEENCW3M>(дата звернення 20.11.2024.).

6. Регіональні доповіді Вінницької обласної ради про стан довкілля. URL: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://vin.gov.ua/upr-ter/stan-dovkillia/241-rehionalni-dopovidi&ved=2ahUKEwi5_bfn9OqJAXVqIhAIHZ98GWYQFnoECBgQAAQ&usg=AOvVaw3zCNfl1iIs6Jap8dX_Eff(дата звернення 20.11.2024.).

Богдан ПОБЕРЕЖНИЙ⁴⁶,
студент 1-го року навчання освітнього ступеня магістр,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВТРАТА БІОРІЗНОМАНІТТЯ: ЯК СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО СПРИЯЄ ВИМИРАННЮ ВИДІВ

***Анотація.** Втрата біорізноманіття є однією з найсерйозніших екологічних проблем сучасності, і сільське господарство відіграє у цьому процесі значну роль. Інтенсифікація аграрної діяльності, вирубка лісів, використання пестицидів і добрив, монокультурне землеробство та зміни у використанні земель сприяють зникненню видів і руйнуванню природних екосистем. У статті розглядаються основні фактори, що зумовлюють втрату біорізноманіття внаслідок сільськогосподарської діяльності, аналізуються їхні наслідки для екосистем та пропонуються шляхи мінімізації негативного впливу. Зокрема, розглядаються концепції сталого сільського господарства, агролісівництва, органічного землеробства та екологічної політики. Дослідження підкреслює необхідність гармонізації економічних інтересів із збереженням біологічного різноманіття для забезпечення стабільності екосистем та продовольчої безпеки у майбутньому.*

⁴⁶ Науковий керівник – Мазур О.В., асистент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

Annotation. *The loss of biodiversity is one of the most serious environmental problems of our time, and agriculture plays a significant role in this process. The intensification of agricultural activities, deforestation, the use of pesticides and fertilisers, monoculture farming and changes in land use contribute to the extinction of species and the destruction of natural ecosystems. The article discusses the main factors that cause the loss of biodiversity as a result of agricultural activities, analyses their consequences for ecosystems and suggests ways to minimise the negative impact. In particular, the concepts of sustainable agriculture, agroforestry, organic farming and environmental policy are considered. The study emphasises the biodiversity conservation to ensure ecosystem stability and food security in the future.*

Вступ. Ведення сільського господарства здавна було одним із головних ремесел в побуті людського суспільства. В сучасний час створюється тенденція, про те, що незважаючи на світові кризи, та виклики з якими стискається людина. Кількість населення людини на планеті зростає. Це змушує знаходити все нові та більш ефективні способи ведення господарства. А це у свою чергу несе ряд негативних наслідків. Зменшення глобального біорізноманіття, яке триває, є гострою екологічною проблемою, і сільське господарство стає значним внеском у цю кризу. У міру із тим як кількість людського населення збільшується, попит на продукти харчування продовжує стрімко зростає. У свою чергу це змушує вдосконалювати методи ведення сільського господарства. Часто надаючи перевагу врожайності та прибуткам ніж підтриманню екологічної рівноваги. Одним із найшкідливіших методів є монокультура, яка, максимізуючи короткострокову продуктивність, суттєво обмежує генетичне різноманіття та порушує місцеві екосистеми, роблячи види більш вразливими до зникнення. Крім того, широке використання пестицидів, призначених для захисту сільськогосподарських культур від різних шкідників і хвороб, ненавмисно зменшує біорізноманіття, завдаючи шкоди нецільовим видам, у тому числі основним запилювачам і корисним комахам, тим самим дестабілізуючи заплутану мережу життя, яка підтримує сільськогосподарські екосистеми. А також розробка земель для сільськогосподарських цілей, наприклад: вирубка лісів, осушення заболочених угідь і перетворення луків, призводить до втрати середовища проживання, що загрожує незліченним видам зникнення.

Виклад основного матеріалу. Практика монокультури, зокрема із залученням екзотичних видів, відіграє значну роль у зменшенні біорізноманіття та потенційному зникненні видів. Екзотичні монокультури часто призводять до гірших результатів щодо біорізноманіття порівняно з більш різноманітними типами лісів, головним чином через їх неспроможність підтримувати широкий спектр видів[1]. Крім того, інтенсивне використання добрив у цих монокультурах може ще більше посилити деградацію навколишнього середовища, зрештою сприяючи занепаду та потенційному знищенню місцевих видів[1]. Цей вплив на навколишнє середовище не обмежується лише видами рослин; воно також поширюється на види тварин, наприклад, втрата запилювачів може суттєво вплинути на відтворення рослин, впливаючи не лише на

врожайність сільськогосподарських культур, але й на виживання диких видів рослин. Зменшення присутності природних хижаків може призвести до вибуху чисельності шкідників, що ще більше дестабілізує екосистему. Яскравим прикладом постає вид європейського хом'яка. Інтенсифікація монокультури кукурудзи є критичною загрозою для цього виду, оскільки вона негативно впливає на якість та доступність середовища існування, що призводить до зменшення їх популяції [2]. Зменшення маси тіла, що спостерігається у диких хом'яків, фактор, пов'язаний з репродуктивним успіхом і динамікою популяції, додатково ілюструє негативний вплив практик монокультури [2]. Вкрай важливо провести дослідження, які вивчатимуть компроміси між використанням добрив і впливом екзотичних видів на монокультури, оскільки це може запропонувати цінну інформацію про стратегії запобігання вимирання видів [1]. Щоб пом'якшити ці наслідки, необхідні ефективні стратегії землеустрою, які поєднують підходи до спільного використання та збереження, особливо в таких регіонах, як Західна Європа, щоб захистити вразливі види, такі як європейський хом'як [2]. Віддаючи пріоритет біорізноманіттю, ми можемо зберегти ці важливі екологічні функції та підтримувати баланс екосистеми.

Перетворення лісів і луків на сільськогосподарські угіддя є суттєвим фактором руйнування середовища існування, що призводить до зменшення біорізноманіття. Це масштабне перетворення порушує природні середовища існування багатьох видів, змушуючи їх мігрувати, адаптуватися або зазнавати зникнення [3]. Ліси, які служать критичними резервуарами біорізноманіття, особливо вразливі, оскільки їх часто вирубують, щоб звільнити місце під посіви та пасовища. Втрата цих екосистем значно зменшує різноманітність форм життя, які можуть процвітати, порушуючи загальний екологічний баланс. Луки також не обійшли стороною, оскільки їх часто перепрофілюють для сільськогосподарського використання, знищуючи місцеву флору та фауну, яка колись там процвітала. Ці зміни у землекористуванні, що тривають, є основним фактором, що сприяє тривожним темпам вимирання видів, які спостерігаються сьогодні.

Вплив розширення сільського господарства на місцеві види та екосистеми є глибоким. Коли природні середовища існування перетворюються на сільськогосподарські угіддя, заплутана мережа життя, яка в них підтримується, порушується, що призводить до каскаду негативних наслідків для екосистеми. Місцевим видам, які протягом тисячоліть адаптувалися до певних умов навколишнього середовища, часто важко виживати в змінених ландшафтах. Така ситуація може призвести до зменшення чисельності місцевих видів та інтродукції інвазивних видів, які ще більше загрожують екологічній рівновазі [4]. Крім того, сільське господарство часто передбачає використання пестицидів і добрив, які можуть забруднювати ґрунт і водні шляхи, ще більше загрожуючи місцевим видам. Кумулятивний вплив цих методів полягає в значному зниженні стійкості та продуктивності екосистем, які є важливими для збереження біорізноманіття.

Фрагментація середовища проживання в результаті сільськогосподарської практики має серйозні наслідки для біорізноманіття. У міру поділу землі для сільськогосподарського використання безперервні середовища існування розбиваються на менші ізольовані ділянки. Така фрагментація ізолює популяції видів, що ускладнює їм міграцію, пошук партнерів і підтримку здорового генетичного різноманіття. Чим меншою та ізольованішою стає популяція, тим більш вразлива вона до вимирання [5]. Це явище може призвести до втрати видів, які є критично важливими для екосистемних послуг, таких як запилення та розповсюдження насіння, які важливі як для природних, так і для сільськогосподарських екосистем. Крім того, фрагментовані середовища існування можуть посилити поширення хвороб і посилити конкуренцію за обмежені ресурси між видами. Отже, фрагментація середовищ існування через розширення сільського господарства становить значну загрозу для глобального біорізноманіття.

Використання пестицидів є звичайною практикою в сільському господарстві, спрямованою на боротьбу зі шкідниками, які загрожують врожайності. Однак ці хімічні речовини часто впливають на нецільові види, включаючи основних запилювачів, таких як бджоли та метелики [4]. Ці запилювачі відіграють вирішальну роль у розмноженні багатьох рослин і підтримці екосистем. Під впливом пестицидів їхня популяція може різко скоротитися, порушуючи екологічний баланс і загрожуючи біорізноманіттю. Вплив на ці нецільові види може призвести до зменшення різноманітності рослин і погіршення екосистемних послуг, оскільки менша кількість запилювачів призводить до зниження врожайності. Ця ситуація підкреслює важливість розробки більш стійких методів боротьби зі шкідниками для захисту цих життєво важливих організмів та екосистем, які вони підтримують.

Роль пестицидів у скороченні біорізноманіття багатогранна, та має, як прямі, так і непрямі негативні ефекти, що сприяють втраті біорізноманіття [3]. Наприклад, хлорорганічні інсектициди, такі як ДДТ, зберігаються в екосистемах, накопичуючись у харчових ланцюгах і призводячи до серйозного впливу на вищі трофічні рівні [3]. Ця біоаккумуляція історично призводила до таких проблем, як витончення яєчної шкаралупи у хижих птахів, що призводило до зменшення популяції таких видів, як сапсан і яструб-перепелятник [3]. Незважаючи на те, що ці хімічні речовини були в основному вилучені, їх спадщина підкреслює стійку природу залишків пестицидів у навколишньому середовищі. Крім того, системні інсектициди, такі як неонікотиніди, продовжують створювати значні ризики, особливо для функцій ґрунту та прісноводних екосистем, рибного господарства та послуг із запилення, які є важливими для підтримки біорізноманіття [4]. Стійкість цих хімічних речовин у ґрунті та воді загрожує не лише окремим видам, але й загальному здоров'ю екосистем, тим самим впливаючи на біорізноманіття у більших масштабах [4]. Вирішення цих проблем потребує комплексного підходу, що включає суворіші правила використання пестицидів та сприяння альтернативним заходам боротьби зі шкідниками для

захисту біорізноманіття та екосистемних послуг, необхідних для сталого ведення сільського господарства.

Висновок. Втрата біорізноманіття є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності, і сільське господарство відіграє в цьому ключову роль. Інтенсивне використання земель, вирубка лісів, надмірне застосування пестицидів та монокультурне землеробство суттєво знижують популяції диких видів, змінюючи екосистеми та їхню стійкість.

Зменшення площ природних середовищ змушує багато видів до адаптації або ж призводить до їхнього вимирання. Забруднення водних ресурсів агрохімікатами порушує баланс водних екосистем, а використання добрив сприяє евтрофікації водойм. Окрім того, глобальні зміни клімату, викликані аграрною діяльністю, додатково загострюють проблему.

Для зменшення негативного впливу сільського господарства на біорізноманіття необхідне впровадження сталих практик, зокрема: агролісівництва, органічного землеробства, чергування культур та збереження природних екосистем. Важливим аспектом є також екологічна політика держав та міжнародна співпраця у сфері охорони навколишнього середовища.

Отже, для збереження біорізноманіття необхідно змінювати підходи до ведення сільського господарства, поєднуючи економічні інтереси з екологічною відповідальністю. Лише гармонійна взаємодія між людиною та природою дозволить зупинити процес втрати видів і забезпечити стабільність екосистем для майбутніх поколінь.

Список використаної літератури

1. Bukoski, J., Cook-Patton, S., Melikov, C., Ban, H. Rates and drivers of aboveground carbon accumulation in global monoculture plantation forests. URL: www.nature.com/articles/s41467-022-31380-7 (дата звернення – 16.03.2025)

2. Tissier, M., Handrich, Y., Robin, J., Weitten, M. How maize monoculture and increasing winter rainfall have brought the hibernating European hamster to the verge of extinction. (n.d.). URL: www.nature.com/articles/srep25531 (дата звернення – 16.03.2025)

3. Біорізноманіття – основа здорової екології. URL: javoriv-rda.gov.ua (дата звернення – 16.03.2025)

4. Chagnon, M., Kreutzweiser, D., Mitchell, E. Risks of large-scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. URL: link.springer.com/article/10.1007/s11356-014-3277-x (дата звернення – 16.03.2025)

Єлизавета СІКОРСЬКА⁴⁷,
студентка 2 курсу,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИЙ ФОНД УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

***Анотація.** Природно-заповідний фонд України переживає серйозні випробування, пов'язані з фізичним пошкодженням екосистем, загрозою для флори і фауни, а також із порушенням режиму охорони і збереження природних об'єктів. Воєнний стан не лише ускладнює виконання заходів щодо охорони природних територій, але й створює додаткові ризики для навколишнього середовища через обстріли, пожежі та знищення природних ресурсів. Ключові проблеми, з якими стикається природно-заповідний фонд України в умовах війни, включають руйнування інфраструктури заповідних територій, зменшення фінансування та кадровий дефіцит в органах охорони природного середовища. Водночас, важливим є намагання зберегти біорізноманіття та природні ландшафти в умовах обмежених ресурсів і непрогнозованих військових загроз. Зокрема, під час військових дій багато природних територій стали мішенями для військових і цивільних об'єктів, що веде до прямого пошкодження природних ландшафтів та їх елементів. Також велика частина заповідників і національних парків знаходиться в безпосередній близькості до лінії фронту або в районах, що піддаються частим артилерійським обстрілам, що ускладнює проведення екологічного моніторингу та наукових досліджень. Незважаючи на це, в Україні активно працюють організації, які намагаються зберегти природно-заповідні території навіть у найскладніших умовах. Для цього потрібне зміцнення співпраці між державними структурами, міжнародними партнерами та громадськими організаціями з метою забезпечення безпеки природних об'єктів і сприяння відновленню екосистем після закінчення бойових дій.*

***Annotation.** In connection with the war, the Nature Reserve Fund of Ukraine is experiencing serious challenges associated with physical damage to ecosystems, threats to flora and fauna, as well as violations of the regime of protection and preservation of natural objects. Martial law not only complicates the implementation of measures to protect natural areas, but also creates additional risks for the environment due to shelling, fires and destruction of natural resources. Key problems faced by the Nature Reserve Fund of Ukraine in wartime include the destruction of the infrastructure of protected areas, reduced funding and staffing shortages in environmental protection agencies. At the same time, efforts to preserve biodiversity*

⁴⁷ Науковий керівник – Врадій О.І., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

and natural landscapes in conditions of limited resources and unpredictable military threats are important. In particular, during military operations, many natural areas have become targets for military and civilian objects, which leads to direct damage to natural landscapes and their elements. Also, a large part of reserves and national parks is located in close proximity to the front line or in areas subject to frequent artillery shelling, which complicates the conduct of environmental monitoring and scientific research. Despite this, organizations are actively working in Ukraine, trying to preserve nature reserves even in the most difficult conditions. This requires strengthening cooperation between state structures, international partners and public organizations in order to ensure the safety of natural objects and promote the restoration of ecosystems after the end of hostilities.

Вступ. Природно-заповідний фонд України є важливою частиною національної екологічної системи, що складається з природних об'єктів, які мають унікальне значення для збереження біорізноманіття, екосистемних процесів, культурної спадщини та наукових досліджень. Він охоплює природні заповідники, національні природні парки, ландшафтні заповідники, пам'ятки природи та інші території, які охороняються на законодавчому рівні.

Ці території виконують надзвичайно важливі функції, зокрема збереження рідкісних і зникаючих видів, забезпечення екологічної стабільності та відновлення природних ландшафтів.

Однак в умовах воєнного стану природно-заповідний фонд України зіткнувся з безпрецедентними викликами. Військові дії, зокрема обстріли, вибухи, мінування територій та інші військові активності, призводять до серйозних руйнувань екосистем, порушення охорони природних територій та фізичного знищення природних об'єктів. Багато природоохоронних територій опинились на лінії зіткнення, що ускладнює доступ до них для працівників охорони природи, науковців та волонтерів.

Незважаючи на ці труднощі, природоохоронні організації, місцеві громади та міжнародні партнери продовжують працювати над збереженням природних об'єктів та їх відновленням після завершення бойових дій. У цьому контексті збереження природного багатства України стає не лише питанням екологічної безпеки, а й важливою складовою відновлення країни після війни.

Метою цієї статті є аналіз впливу воєнного стану на природно-заповідний фонд України, виявлення основних проблем, з якими стикаються природоохоронні території під час військових дій, а також розгляд заходів, що вживаються для збереження та відновлення природних об'єктів в умовах бойових дій.

Виклад основного матеріалу. Природно-заповідний фонд України, який включає національні природні парки, природні заповідники, ландшафтні заповідники та інші охоронювані території, є не тільки культурною та екологічною спадщиною, а й важливою складовою біологічного різноманіття країни. В умовах військових дій ці території зазнають значних і багаторазових загроз, що ставить під питання їх майбутнє та можливість відновлення

природних процесів після завершення конфлікту. Однією з основних загроз для природно-заповідних територій є безпосереднє руйнування інфраструктури. У воєнний час обстріли, вибухи та інші військові дії можуть спричинити значні пошкодження адміністративних та наукових будівель, шляхів доступу, огорож та інших важливих об'єктів.

Наприклад, національні природні парки та заповідники, які мають туристичну інфраструктуру, можуть бути частково або повністю зруйновані. Крім того, інфраструктура, необхідна для моніторингу екологічних процесів, також піддається загрозам, що ускладнює наукові дослідження та впровадження природоохоронних заходів.

Військові дії несуть серйозні загрози для самих екосистем. Обстріли та вибухи можуть призвести до значних змін у фізичному та хімічному складі ґрунтів, водних ресурсів і атмосферного повітря. Пожежі, що виникають від вибухів чи снарядів, можуть знищити великі площі лісів, лук, болотних угідь, що є критично важливими для збереження багатьох видів рослин і тварин. Мінування територій робить природні заповідники небезпечними для тварин, змушуючи їх покидати свої середовища існування або зазнавати важких травм. Це також створює проблеми для природоохоронців, які не можуть проводити необхідний моніторинг і заходи щодо збереження екосистем. У результаті, навіть якщо територія не зазнає прямого фізичного руйнування, зміни в середовищі існування можуть бути катастрофічними для видів, які там мешкають. Рідкісні та зникаючі види рослин і тварин, які знаходяться під особливою охороною на природно заповідних територіях, є одними з найбільших жертв військових конфліктів. Пошкодження або знищення їхніх місць існування через бойові дії може призвести до значного скорочення їх чисельності або навіть до вимирання. Вибухи, пожежі, руйнування лісів і лук, деградація водних ресурсів – все це сприяє переміщенню або знищенню цих видів [1].

Війна також може призвести до прямої загрози для тварин, які в результаті стресових ситуацій, вибухів або зміни природних умов можуть бути змушені покинути свої звичні території або загинути. Багато видів, що проживають на заповідних територіях, дуже чутливі до змін у навколишньому середовищі, і навіть незначні порушення можуть призвести до їх зникнення.

Екосистеми природних заповідників функціонують за принципом рівноваги, де всі компоненти – від ґрунтів до тварин – взаємодіють між собою, забезпечуючи сталий розвиток природи. Війна порушує ці процеси. Знищення біотичних і абіотичних компонентів екосистеми, деградація ґрунтів та водних ресурсів, зміна кліматичних умов через пожежі чи інші чинники змушують екосистеми адаптуватися або навіть занепадати. Порушення природних процесів призводить до того, що навіть після завершення військових дій території можуть залишатися неприємними для відновлення життя, оскільки природні цикли, такі як розклад органічних матеріалів або відновлення ґрунтової родючості, можуть бути серйозно порушені. Внаслідок цього природні середовища, які раніше були стабільними, можуть залишатися беззахисними перед наступними загрозами (табл. 1).

Війна є одним із найбільш руйнівних факторів для навколишнього середовища, завдаючи довгострокових втрат біорізноманіттю. Відновлення екосистем після воєнних дій вимагає комплексного підходу, включаючи природоохоронні заходи, відновлення лісів, очищення забруднених територій та створення умов для повернення втрачених видів [3].

Таблиця 1. Наслідки воєнних дій для біорізноманіття [2]

Аспект впливу	Наслідки для біорізноманіття	Приклади та наслідки
Вплив на різноманіття рослинного і тваринного світу	Зниження чисельності видів, руйнування природних середовищ існування, загибель тварин і рослин через вибухи, пожежі, забруднення	Знищення лісів та луків, загибель великих ссавців, зменшення популяцій птахів через шумовий стрес, руйнування ґрунтових екосистем
Загрози для охоронюваних видів	Порушення природних ареалів рідкісних видів, знищення заповідних територій, зростання браконьєрства	Вимирання рідкісних птахів, амфібій, великих хижаків, руйнування заказників та національних парків
Специфіка пошкодження природних ландшафтів	Руйнування лісів, водноболотних угідь, степових та гірських екосистем, забруднення ґрунтів та вод токсичними речовинами	Утворення воронок, пожежі на торфовищах, отруєння водойм важкими металами, знищення орних земель та природних угідь
Забруднення довкілля	Викиди нафтопродуктів, важких металів, боєприпасів, токсичних речовин	Хімічне забруднення водойм, отруєння риби та водоплавних птахів,
		накопичення залишків вибухівки у ґрунтах
Зміни у міграції та поведінці тварин	Вимушене переселення видів, порушення екосистемних зв'язків, зростання смертності серед тварин	Покидання ареалів перелітними птахами, скорочення популяцій великих ссавців, загибель комах-запилювачів через втрату рослинності

Загрози природно заповідним територіям під час військових дій є надзвичайно серйозними і багатогранними. Руйнування інфраструктури, пошкодження екосистем, знищення або переміщення рідкісних видів флори та фауни, а також порушення природних екологічних процесів можуть мати катастрофічні наслідки для навколишнього середовища і біорізноманіття. Відновлення таких територій після завершення бойових дій вимагає значних зусиль, ресурсів і часу, тому важливо вжити всіх можливих заходів для мінімізації шкоди, зокрема через міжнародну підтримку та активну співпрацю національних і природоохоронних організацій. Військові конфлікти завдають

значної шкоди природним екосистемам та біорізноманіттю, спричиняючи різноманітні негативні наслідки для рослинного та тваринного світу. Україна, з її багатою природною спадщиною, не є винятком. Воєнні дії, які тривають на території країни, мають серйозний вплив на екосистеми та види, що знаходяться під загрозою знищення. Пошкодження природних ландшафтів, загибель тварин і рослин, а також порушення природних процесів ставлять під загрозу біологічне різноманіття країни та здатність екосистем виконувати свої функції. Пошкодження екосистем через військові дії є одним із найбільших факторів, що сприяє втраті біорізноманіття. Вибухи, артилерійські обстріли, мінування територій, а також пожежі, спричинені бойовими діями, завдають непоправної шкоди ландшафтам. Безпосередні руйнування природних середовищ, таких як ліси, луки, водно-болотні угіддя, неминуче призводять до зменшення чисельності місцевих видів [4].

Пошкодження лісових масивів, наприклад, негативно впливає на чисельність і різноманіття лісових видів флори і фауни. Багато тварин, таких як олені, лисиці, лосі, або ж птахи, залежні від певних типів середовищ, і втрата їхнього місця існування може призвести до значного зменшення популяцій. Відсутність покриття для гніздування чи відсутність джерел їжі через знищення рослинності, погіршує умови для їхнього виживання. Тривала відсутність природних ресурсів також може змусити тварин змінити свої міграційні маршрути або переміщатися в небезпечні зони, де вони зазнають додаткових загроз. Загроза для охоронюваних видів є ще однією серйозною проблемою в умовах війни. Багато з цих видів є дуже чутливими до змін навколишнього середовища. Втрата чи пошкодження їхнього середовища існування може призвести до швидкого скорочення чисельності або навіть до зникнення. До того ж, військові дії часто супроводжуються незаконним полюванням або браконьерством, що підвищує тиск на популяції, які вже знаходяться під загрозою. Логістичні труднощі та обмежений доступ до природоохоронних територій ускладнюють нагляд за тими видами, які потребують спеціального захисту. Наприклад, червонокнижні види, такі як зубри, рисі, вовки чи певні види птахів, опиняються в умовах, коли їхнє існування стає під серйозною загрозою, а збереження їхніх популяцій стає майже неможливим без належного контролю.

Пошкодження природних ландшафтів та екосистем в умовах війни має свої специфічні особливості. Ландшафти, що раніше мали сталу структуру, швидко втрачають свою природну рівновагу через агресивні військові дії. Руйнування лісів, заболочених територій, водних ресурсів та ґрунтів, на яких ґрунтується існування екосистем, має довготривалі наслідки. Вибухи та обстріли спричиняють дефрагментацію середовищ, що робить їх непридатними для виживання деяких видів тварин, особливо тих, що мають вузьку екологічну нішу.

Одним із найбільших викликів є мінування територій. Це не лише робить природні середовища небезпечними для людей і тварин, але й ускладнює відновлення екосистем після завершення бойових дій. Розтрошені екосистеми потребують десятиліть для відновлення, і навіть після цього можуть залишитися порушеними. Місця розмноження тварин або зони міграції можуть бути фізично

заблоковані або знищені. Військові дії також призводять до забруднення природних водних джерел хімічними речовинами, нафтою, важкими металами та іншими токсичними речовинами, що погіршує стан водних екосистем. Це не тільки впливає на рослинність, але й веде до масової загибелі водних організмів, таких як риби та водяні безхребетні, що впливає на всю екосистему.

Наслідки воєнних дій для біорізноманіття є багатогранними та катастрофічними. Пошкодження природних ландшафтів, знищення рослинності та тварин, загроза для охоронюваних видів і порушення екологічних процесів – усе це призводить до швидкої втрати біорізноманіття та зниження екологічної стабільності. Війна ставить під загрозу не тільки чисельність окремих видів, а й здатність цілих екосистем функціонувати належним чином. Відновлення біорізноманіття після військових дій потребує значних зусиль і ресурсів, і вимагає комплексного підходу від державних органів, науковців і міжнародних партнерів. Війна не тільки призводить до руйнування інфраструктури і втрати людських життів, але й має довготривалі негативні наслідки для природного середовища. Природно заповідний фонд України – національні парки, природні заповідники, біосферні резервати – є важливими для збереження біорізноманіття та стабільності екосистем.

Під час війни основним завданням для охоронців природних територій стає збереження екосистем і мінімізація шкоди, завданої територіям. Однак, війна ускладнює виконання цієї задачі. Однією з найсерйозніших проблем є нестабільна ситуація на території природно заповідних об'єктів, де часто відсутня безпека для працівників охорони природи. Відсутність належних умов для нормального функціонування інфраструктури, постійна загроза обстрілів, мінування територій і часті евакуації роблять неможливим проведення ефективного моніторингу екосистем і контроль за їхнім станом [5].

Військові дії часто руйнують інфраструктуру природоохоронних територій, що веде до порушення нормальної роботи адміністрацій парків і заповідників. Відсутність фінансування, можливості для ремонтних робіт і постійні загрози зменшують здатність територіальних адміністрацій виконувати свою основну функцію – охорону природи. Крім того, в умовах війни відсутність або обмеження доступу до природно заповідних територій ускладнює моніторинг стану флори та фауни. Виявлення і документування порушень в екологічному балансі, а також нанесення шкоди різним екосистемам внаслідок бойових дій стає практично неможливим.

Наукові дослідження є ключовим елементом для оцінки збитків, завданих природним територіям, та розробки планів відновлення після війни. Війна часто руйнує місця існування рідкісних видів, що може призвести до змін у видовому складі екосистем. Після закінчення бойових дій, для відновлення цих екосистем необхідно провести детальні дослідження стану довкілля, вивчити пошкодження, з'ясувати, які види рослин і тварин зникли, а які виявились вразливими до змін у навколишньому середовищі. Однак наукові дослідження часто стають жертвою нестабільної ситуації. В умовах війни науковці стикаються з численними труднощами: обмеженням доступу до досліджуваних

територій, відсутністю необхідного обладнання, втратою фінансування для досліджень, а також фізичною небезпекою. Крім того, пошкодження природних об'єктів, наприклад, інфраструктури для проведення польових досліджень або лабораторій, ускладнює будь-які наукові ініціативи.

Незважаючи на ці труднощі, саме наукові дослідження є основою для розробки стратегій відновлення пошкоджених екосистем. Після війни важливо не тільки задокументувати зміни в природі, а й розробити методи, що дозволять відновити функціональність екосистем, які постраждали від бойових дій. Без належних досліджень неможливо ефективно планувати реабілітацію природних територій. Одним з найбільших викликів для охорони природного середовища під час війни є обмежений доступ до територій. Порушення правил безпеки на природоохоронних територіях, активні бойові дії або наявність замінованих зон унеможливають проведення заходів з охорони природи. Доступ до заповідних територій для працівників охорони природи стає небезпечним, а волонтери, які можуть допомогти в охороні та відновленні природних територій, не можуть виконувати свої обов'язки через військову ситуацію.

Проблеми з доступом особливо стосуються тих природно заповідних об'єктів, що знаходяться на прифронтових або окупованих територіях. Для збереження природи необхідна безперервна охорона цих територій, але в умовах війни це стає неможливим.

Охорона природно заповідного фонду в умовах війни стикається з численними труднощами. Нестабільність ситуації, відсутність ресурсів для управління природними територіями, обмежений доступ до природних об'єктів і руйнування інфраструктури значно ускладнюють збереження екосистем і біорізноманіття. Водночас важливість наукових досліджень, спрямованих на відновлення пошкоджених територій, є незаперечною[6].

Природні заповідні території України, зокрема національні парки, природні резервати, біосферні резервати та інші охоронювані зони, є незамінними елементами екологічної стабільності та збереження біорізноманіття. Вони виконують важливі екологічні функції, зокрема, забезпечують збереження рідкісних видів флори і фауни, підтримують водні та ґрунтові ресурси, а також є осередками для проведення наукових досліджень. В умовах воєнного стану ці території опиняються під серйозною загрозою через руйнування інфраструктури, зміни в природному середовищі та порушення природних процесів. Однак навіть у таких складних умовах існують заходи, які можуть бути спрямовані на збереження природно-заповідного фонду та відновлення екосистем після війни.

Збереження біорізноманіття в умовах війни потребує термінових і продуманих заходів, які можуть допомогти мінімізувати шкоду, заподіяну бойовими діями, а також забезпечити відновлення природних процесів після закінчення конфлікту. Однією з основних стратегій є створення зон безпеки навколо природно-заповідних територій, де бойові дії можуть бути обмежені або призупинені. Такі зони мають забезпечувати відносний спокій для природних екосистем, хоча повне їх збереження в умовах війни неможливе. Іншим

важливим аспектом є забезпечення моніторингу стану біорізноманіття за допомогою дистанційного зондування, використання безпілотних літальних апаратів та супутникових знімків для спостереження за станом природних територій.

Громадські організації та міжнародні партнери відіграють важливу роль у збереженні природних територій під час війни. У першу чергу, вони можуть здійснювати моніторинг екологічної ситуації на територіях, де відсутній доступ для офіційних органів. Такі організації можуть діяти як спостерігачі, проводячи незалежні дослідження та документуючи порушення природоохоронного законодавства або шкоду, завдану екосистемам.

Багато міжнародних організацій, таких як ЮНЕСКО, Всесвітній фонд природи (WWF), Міжнародний союз охорони природи (IUCN) та інші, мають ресурси і досвід у збереженні природних територій в умовах кризових ситуацій. Вони можуть надати фінансову та технічну допомогу для збереження біорізноманіття в умовах війни, а також для відновлення природних середовищ після завершення бойових дій. Такі організації можуть організовувати гуманітарні місії для відновлення зруйнованих інфраструктур або забезпечувати вивезення та тимчасову евакуацію рідкісних видів в безпечні регіони. Ще одним важливим напрямом є підвищення екологічної свідомості серед громадян. Громадські організації можуть проводити освітні кампанії, спрямовані на інформування населення про важливість збереження природного середовища навіть у часи конфлікту.

Держава має не лише зберігати природно заповідний фонд під час бойових дій, а й активно працювати над відновленням цих територій після завершення конфлікту. Перш за все, важливо розробити чіткий план з відновлення природних територій, який включатиме інвентаризацію пошкоджених об'єктів, оцінку їхнього стану та визначення пріоритетів для відновлення.

Важливим аспектом є підтримка працівників природоохоронних органів, які забезпечують охорону територій навіть під час війни. Вони повинні отримувати належне фінансування та ресурси для забезпечення безпеки на територіях, а також для проведення робіт із відновлення зруйнованої інфраструктури. У разі відсутності можливості виконувати функції охорони в умовах бойових дій, необхідно залучати волонтерів, організації та міжнародні інституції до допомоги у відновленні природних територій [7].

Окремо слід виділити важливість створення спеціальних програм для підтримки наукових досліджень після війни. Здійснення наукових досліджень на природно-заповідних територіях, пошкоджених внаслідок війни, дозволить розробити ефективні методи відновлення екосистем і підвищення їх стійкості до майбутніх загроз. Держава повинна забезпечити належну правову базу для охорони природних територій в умовах війни, а також розробити стратегії, які враховують вплив військових дій на біорізноманіття. Законодавчі ініціативи повинні включати заходи для відновлення природних середовищ після війни та збереження видів, що перебувають під загрозою. Заходи для збереження природно заповідного фонду в умовах воєнного стану повинні бути

комплексними та враховувати як невідкладні дії під час бойових дій, так і стратегії для відновлення екосистем після їх завершення. Спільна робота держави, громадських організацій, міжнародних партнерів та науковців є ключем до успішного збереження біорізноманіття навіть в умовах війни. Залучення всіх секторів суспільства дозволить ефективно охороняти природні території та забезпечити їх відновлення після війни.

Висновок. Забезпечення охорони природно-заповідного фонду в умовах військових конфліктів і відновлення цих територій після війни є важливим завданням для України та міжнародної спільноти. Потрібен комплексний підхід, що включає створення безпечних зон, використання сучасних технологій для моніторингу, а також співпрацю з міжнародними організаціями та місцевими громадами. Відновлення природних територій після війни потребує підтримки на всіх рівнях: від наукових досліджень до фінансування відновлювальних проєктів. Залучення державних, приватних організацій та міжнародних партнерів до процесу відновлення природного середовища сприятиме збереженню біорізноманіття, відновленню екосистем і стабілізації екологічного стану в країні після завершення конфлікту.

Список використаної літератури

1. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К., Куш М., Чернохова М., Гавранек М. Наслідки для довкілля війни росії проти України. 2023 URL: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-wardamages-ua-version-04-low-res.pdf> (дата звернення 12.03.25).
2. Збережемо природно-заповідний фонд України. Верховна Рада України. Офіційний вебпортал. 2022. <https://www.rada.gov.ua/news/razom/220659.html> (дата звернення: 12.03.2025).
3. Корчовий Р. Спеціальний адміністративно-територіальний режим територій природно-заповідного фонду: чинники самоврядного механізму управління. Теоретичні та прикладні питання державотворення. 2023. Вип. 28. С. 67–82. <https://doi.org/10.35432/tisb282022285247>
4. Омельчук О., Софія С. Природа та війна: як військове вторгнення Росії впливає на довкілля України URL: <https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html> (дата звернення 12.03.25).
5. Особливості охорони природи в умовах воєнного стану в інтересах місцевих громад: Збірник праць Других Зимових читань в Синьогорі (наук.практ. конф.). Під ред. Данилика І.М., Шпарика Ю.С. с. Стара Гута, ІваноФранківська область, 14-15 грудня 2023 року. Івано-Франківськ: Видавець Кушнір Г. М., 2024. 116 с.
6. Природно-заповідний фонд України в умовах війни. 2022 URL: <https://nenc.gov.ua/?p=42530> (дата звернення 12.03.25).
7. Роман Л.Ю. Аналіз екологічних загроз об'єктів ПЗФ України у воєнний період. Екологічні науки. 2023. № 3(42). С. 84–88. <https://doi.org/10.32846/23069716/2022.eco.3-42.13>

Єлизавета ТЕМЕР⁴⁸,
студентка 2-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та
садово-паркового господарства ННІАП,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ЗМІНА КЛІМАТУ ТА КРИЗА ВОДНИХ РЕСУРСІВ: ЯК ГЛОБАЛЬНЕ ПОТЕПЛІННЯ ВПЛИВАЄ НА ДОСТУПНІСТЬ ВОДИ?

***Анотація.** Зміна клімату є однією з найбільших загроз для водних ресурсів у всьому світі. Підвищення температури впливає на режим опадів, викликаючи як тривалі посухи, так і інтенсивні зливи, що призводять до змін вод через зростаюче випаровування та нераціональне водокористування створює серйозні ризики для сільського господарства, особливо в регіонах із посушливим кліматом. У відповідь на ці виклики впроваджуються інноваційні підходи до управління водними ресурсами, такі як використання технологій збереження вологи, перерозподіл води та адаптивні стратегії водопостачання. Дослідження цієї проблеми є важливим для розробки ефективних механізмів забезпечення водної безпеки в умовах глобального потепління.*

***Annotation.** Climate change is one of the greatest threats to global water resources. Rising temperatures affect precipitation patterns, leading to prolonged droughts and intense rainfall, which in turn alter water levels in reservoirs and natural bodies of water. The degradation of groundwater due to increased evaporation and unsustainable water use poses serious risks to agriculture, especially in arid regions. In response to these challenges, innovative water resource management approaches are being implemented, including moisture conservation technologies, water redistribution, and adaptive water supply strategies. Studying this issue is crucial for developing effective mechanisms to ensure water security in the context of global warming.*

Вступ. Глобальна зміна клімату є однією з найактуальніших екологічних проблем сучасності, яка впливає на всі сфери довкілля та життя людей. Одним із найбільш уразливих ресурсів у цьому контексті є вода. Підвищення середньорічних температур, зміни у режимах опадів, танення льодовиків та деградація підземних вод створюють нові виклики для водопостачання, сільського господарства та екосистем у всьому світі.

⁴⁸ Науковий керівник – Мазур О.В., асистент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

Дефіцит води стає все більш відчутним у багатьох регіонах, особливо в посушливих та напівпосушливих зонах, де доступ до прісної води є життєво необхідним фактором. Виснаження та забруднення ґрунтових вод, зменшення рівня води у річках і озерах та частіші періоди посухи ставлять під загрозу не лише природні екосистеми, а й стабільність сільськогосподарського виробництва, що впливає на продовольчу безпеку та економічний розвиток.

У відповідь на ці виклики необхідні ефективні та інноваційні підходи до управління водними ресурсами, які дозволять зменшити негативний вплив кліматичних змін та забезпечити стійке водопостачання у майбутньому.

В даній статті розглядаються основні наслідки зміни клімату для водних ресурсів, їхній вплив на сільське господарство, а також сучасні методи та технології, спрямовані на збереження та раціональне використання води.

Глобальне потепління суттєво змінює гідрологічний цикл, що призводить до змін у режимі опадів, випаровуванні та рівні води у водоймах. Ці процеси мають серйозні наслідки для водних ресурсів, екосистем і людської діяльності.

Виклад основного матеріалу. Одним із головних наслідків підвищення температур є порушення природного режиму опадів. У деяких регіонах кількість опадів зростає, оскільки підвищення температури посилює випаровування океанічної води, збільшуючи вміст вологи в атмосфері. Це спричиняє частіші та інтенсивніші зливи, що можуть призводити до повеней. Водночас у багатьох посушливих регіонах кількість опадів скорочується, що сприяє розвитку хронічних засух. Крім того, зміна сезонності дощів створює проблеми для водопостачання, сільського господарства та екосистем, оскільки традиційні періоди дощів і засух стають менш передбачуваними.

Окрім змін у кількості та розподілі опадів, підвищення температури спричиняє зростання рівня випаровування з поверхні водойм та ґрунту. Це призводить до зменшення запасів прісної води у річках, озерах та водосховищах. Зниження рівня ґрунтових вод також стає серйозною проблемою, оскільки воно ускладнює доступ до води для сільськогосподарських потреб та водопостачання населених пунктів.

Ще одним важливим наслідком є танення льодовиків і скорочення снігового покриву, які є критичними джерелами прісної води для багатьох регіонів. Спочатку цей процес може призводити до підвищення рівня води у річках, але в довгостроковій перспективі нестача льодовикових запасів призведе до дефіциту води. Одночасно з цим підвищення рівня Світового океану через танення полярних льодовиків сприяє засоленню прибережних ґрунтових вод, що ускладнює використання води для сільського господарства та питних потреб.

Таким чином, підвищення температури спричиняє комплексні зміни у водному балансі, що проявляються через нерівномірний розподіл опадів, зниження рівня води у водоймах та деградацію ґрунтових вод. Ці процеси створюють нові виклики для управління водними ресурсами, які потребують адаптаційних стратегій для мінімізації негативних наслідків зміни клімату.

Підземні води є найбільшим джерелом придатної для використання прісної води у світі. У багатьох частинах планети, особливо там, де недоступні джерела

поверхневої води, побутові, сільськогосподарські та промислові потреби у воді можуть бути задоволені лише за допомогою води під землею. Однак унаслідок зміни клімату, інтенсивного водокористування та антропогенного впливу спостерігається стрімка деградація ґрунтових вод, що загрожує продовольчій безпеці та стійкості аграрного сектора.

Один із головних факторів деградації підземних вод – це зменшення їхнього природного поповнення через зниження рівня опадів та інтенсивне випаровування. В умовах глобального потепління збільшується частота та тривалість засух, що обмежує здатність води проникати у ґрунт і поповнювати водоносні горизонти. Це особливо критично для регіонів, які вже страждають від водного дефіциту.

Ще однією серйозною проблемою є надмірне використання підземних вод для потреб сільського господарства. Інтенсивне зрошення в аграрних районах призводить до виснаження водоносних шарів, що значно перевищує їхню здатність до відновлення. У деяких регіонах світу рівень підземних вод знижується на кілька метрів щороку, що ускладнює доступ до води та підвищує вартість її видобутку.

Крім виснаження, підземні води також страждають від забруднення. Використання агрохімікатів, зокрема пестицидів та добрив, спричиняє забруднення водоносних горизонтів нітратами та іншими токсичними речовинами. Це не лише погіршує якість питної води, а й впливає на родючість ґрунтів і врожайність сільськогосподарських культур.

Зменшення доступності чистої підземної води має серйозні наслідки для сільського господарства. Скорочення водних ресурсів обмежує можливості зрошення, що особливо критично для регіонів із посушливим кліматом, де без штучного поливу вирощування сільськогосподарських культур є неможливим. Дефіцит води також спричиняє зниження врожайності та підвищення вартості виробництва, що може призвести до зростання цін на продукти харчування та посилення глобальної продовольчої кризи (рис. 1).



Рис.1. Потреба сільськогосподарських культур у водному живленні

Отже, деградація ґрунтових вод є одним із ключових викликів для сільського господарства у 21 столітті. Для запобігання подальшому виснаженню та забрудненню необхідно впроваджувати ефективні методи управління водними ресурсами, такі як ощадливе зрошення, відновлення водоносних горизонтів і мінімізація використання хімічних речовин. Лише комплексний підхід дозволить забезпечити стійке використання підземних вод і збереження їх для майбутніх поколінь.

У сучасному світі ефективне управління водними ресурсами стає все більш критичним через зростаючий попит, зміну клімату та обмеженість доступних водних ресурсів. Інноваційні підходи до управління водними ресурсами спрямовані на забезпечення стійкості водопостачання, підвищення ефективності використання води та збереження екосистем.

Варто виділити найефективніші серед них:

1. Інтегроване управління водними ресурсами (IWRP)

IWRP передбачає координацію різних видів економічної діяльності, які визначають попит на воду, землекористування та обсяги води, що скидається. Цей підхід вимагає врахування інтересів усіх зацікавлених сторін, включаючи користувачів води, працівників організацій та осіб, що приймають рішення. Басейн річки або водозбірна площа часто розглядаються як основна одиниця управління водними ресурсами, що дозволяє ефективно планувати та реалізовувати заходи з їхнього використання та охорони.

2. Інвестиції в інноваційні водні технології

Світові компанії та некомерційні організації активно інвестують у дослідження та розробки, пов'язані з водою, а також у розвиток стартапів, які впроваджують інноваційні підходи до управління водними ресурсами. Ці інвестиції спрямовані на розробку нових технологій очищення води, моніторингу якості водних ресурсів та підвищення ефективності їх використання.

3. Використання сучасних технологій у сільському господарстві

У США активно впроваджуються сучасні технології управління водними ресурсами в сільському господарстві. Застосування таких технологій допомагає не лише зберегти водні ресурси, але й значно знизити витрати на їх використання, що особливо важливо в умовах обмеженого доступу до води.

4. Освітні ініціативи та тренінги

Проведення тренінгів та освітніх програм з інноваційних підходів до управління водними ресурсами сприяє підвищенню обізнаності та компетентності фахівців у цій сфері. Такі заходи охоплюють принципи та методи сталого управління водними та земельними ресурсами, сучасні методи моніторингу та управління водними ресурсами на меліорованих землях.

5. Корпоративні структури в управлінні водними ресурсами

Впровадження корпоративних структур в управління водними ресурсами дозволяє імплементувати ділові підходи у цю сферу. Це сприяє підвищенню

ефективності управління, залученню інвестицій та впровадженню інноваційних рішень для забезпечення якості та доступності водних ресурсів.

Таким чином, інноваційні підходи до управління водними ресурсами включають інтегроване управління, інвестиції в нові технології, впровадження сучасних практик у сільському господарстві, освітні ініціативи та використання корпоративних структур. Ці заходи спрямовані на забезпечення стійкого та ефективного використання водних ресурсів у сучасних умовах.

Висновок. Зміна клімату має значний вплив на водні ресурси, спричиняючи зменшення їх доступності та погіршення якості. Глобальне потепління призводить до змін в режимах опадів, танення льодовиків та підвищення рівня моря, що створює ризики для прісноводних запасів у багатьох регіонах світу. Засухи, повені та інші екстремальні погодні явища стають дедалі частішими, посилюючи водну кризу.

Необхідно розробляти та впроваджувати ефективні заходи адаптації та пом'якшення наслідків кліматичних змін, зокрема підвищення ефективності використання води, збереження екосистем та розробку інноваційних технологій очищення і повторного використання води. Важливою складовою є міжнародне співробітництво та спільні зусилля урядів, громадських організацій та науковців для забезпечення стійкого управління водними ресурсами.

Таким чином, зміна клімату є серйозним викликом для водної безпеки, і лише комплексний підхід, що поєднує екологічні, економічні та соціальні аспекти, дозволить зменшити її негативні наслідки та забезпечити стабільний доступ до води для майбутніх поколінь.

Список використаної літератури

1. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge University Press. URL: https://islandpress.org/books/cartoon-introduction-climatechange-revised-edition?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwytS-BhCKARIsAMGJyzp44P0_o_9H3b6JF6i6CUb8mbx6FLmMgi4fGDMDnNlvxeMD3ywihVlaAh8vEALw_wcB#desc (дата звернення – 14.03.2025)
2. Together we make water a global priority. URL: <https://www.worldwatercouncil.org/en> (дата звернення – 14.03.2025)
3. Water – at the center of the climate crisis. URL: <https://www.un.org/en/climatechange/science/climate-issues/water> (дата звернення – 14.03.2025)

Марія СТЕБЛИНА⁴⁹,
студентка 2-го року навчання,
факультет екології, лісництва та садово-паркового господарства
ННІ Агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ДОЩОВІ САДИ: ПРИРОДНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ ЗБОРУ ТА ВИКОРИСТАННЯ ДОЩОВОЇ ВОДИ

***Анотація.** У статті розглядається концепція дощових садів як ефективного природного рішення для збору, утримання та використання дощової води в міському та приватному ландшафті. Аналізуються основні принципи створення дощових садів, їхня екологічна та естетична цінність, а також вплив на зменшення поверхневого стоку та покращення якості води. Особливу увагу приділено вибору рослин, ґрунтових субстратів та конструктивних особливостей для оптимального функціонування цих систем.*

***Anotation.** The article discusses the concept of rain gardens as an effective natural solution for collecting, retaining and using rainwater in urban and private landscapes. The article analyzes the basic principles of rain gardens, their ecological and aesthetic value, as well as their impact on reducing surface runoff and improving water quality. Special attention is paid to the choice of plants, soil substrates and design features for the optimal functioning of these systems.*

Вступ. У сучасному світі, де ресурси стають все більш дефіцитними, питання ефективності використання води набуває особливого значення. Одним з найефективніших способів зменшити витрати на полив рослин є впровадження систем збору дощової води. Такий підхід не тільки допомагає економити кошти, але й є екологічно чистим рішенням, що сприяє збереженню природних ресурсів.

Дощова вода, зібрана в спеціальні резервуари, може стати чудовою альтернативою звичайним джерелам води. Вона містить менше хімічних добавок і мінералів, що робить її більш придатною для поливу рослин. Однак, як і будь-яка інша система, збір дощової води має свої недоліки, які слід враховувати при прийнятті рішення про її використання [1].

У цій статті ми висвітлимо основні переваги та недоліки використання дощової води для поливу і надамо рекомендації щодо ефективного впровадження таких систем у приміщеннях. Важливо зважити всі аспекти, щоб прийняти зважене рішення про використання цього природного ресурсу у своєму саду чи городі. Прісна вода потрібна нам також для повсякденного життя, для

⁴⁹ Науковий керівник – Врадій О.І., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

виробництва продуктів харчування та промислових товарів. Тому важливо боротися із забрудненням води та неефективним її використанням..

Враховуючи, що майже чверть населення світу не має доступу до чистої питної води, очевидно, що зусилля, спрямовані на покращення доступу до неї, створюють потенціал для глобального конфлікту. Питна вода є життєво необхідною і не може бути замінена. Розумне використання дощової води за допомогою спеціально розроблених систем є економічно ефективним і корисним для довкілля. Як можна заощадити гроші? Використання дощової води може заощадити до 71 літра питної води на людину в день. Такі системи ідеально підходять для використання вдома і на присадибній ділянці: адже немає потреби в дорогій очищеній воді для пиття, санітарії та приготування їжі. Особливо це стосується потреб у воді для поливу саду або вулиці, а також для змиву туалету і пральної машини, про що ці системи можуть дуже легко подбати. Це добре для навколишнього середовища і для сімейного бюджету: використання дощової води дозволяє заощаджувати. Зі зростанням цін на воду збір дощової води стає все більш виправданим [2].

Виклад основного матеріалу. Дощові сади – це екологічно чисте та ефективне рішення для збору, утримання та використання дощової води. Вони сприяють зменшенню поверхневого стоку, покращують якість води, зменшують ризик затоплень, а також сприяють озелененню міського середовища. У сучасних умовах урбанізації та змін клімату впровадження дощових садів стає важливим елементом сталого розвитку міст і селищ. Використання таких природних систем дозволяє не тільки покращити екологічну ситуацію, а й створити комфортні та привабливі зони відпочинку для мешканців.

Дощові сади являють собою спеціально спроектовані зони, які здатні ефективно поглинати, утримувати та фільтрувати дощову воду. Вони можуть бути розташовані у дворах, парках, біля доріг або громадських будівель.

Основні складові дощового саду включають:

- **Грунтовий субстрат**, який забезпечує поглинання води та її поступове проникнення в ґрунт. Використання пористих і водопроникних матеріалів сприяє природному очищенню води.

- **Рослини**, які відіграють ключову роль у випаровуванні вологи та її очищенні від забруднювачів. Завдяки кореневим системам рослин вода фільтрується та насичується киснем.

- **Дренажні шари**, що регулюють рівень вологості та забезпечують ефективне відведення надлишкової води. Для цього можуть використовуватися гравій, щебінь або спеціальні водовідвідні конструкції.

- **Зони затримки води**, які дозволяють тимчасово накопичувати надлишкову вологу під час сильних опадів, поступово її віддаючи у ґрунт або дренажну систему.

10 причин використовувати дощову воду:

1. Дощова вода для майбутнього життя. Захист навколишнього середовища є обов'язком забезпечити належні умови життя для наших дітей. З

системами збору дощової води ви робите свій внесок у захист навколишнього середовища та майбутнє наших дітей.

2. Екологічна свідомість – тренд. З системою збору дощової води ви демонструєте, що можете поєднати сучасні технології та екологічну свідомість.

3. Збір дощової води має багато цілей. Завдяки сучасним технологіям гігієнічно безпечна дощова вода надійно використовується для поливу саду, а також для туалетів, пральних машин та багатьох інших цілей, для яких використання дорогоцінної питної води було б марним.

4. Використання дощової води є найсучаснішою екологічною технологією. Екологічні технології німецької компанії Wilo користуються найкращою репутацією в усьому світі в галузі збору дощової води. Фахівці з опалення та питної води мають ноу-хау, щоб вміло інтегрувати цю технологію в домашню автоматизацію.

5. Збір дощової води економить гроші. Використовуючи дощову воду, можна заощадити до 60% питної води. Ці кошти можуть бути використані не за призначенням. Але ще важливішим є збереження води, нашого найціннішого ресурсу.

6. Збір дощової води: так само природно, як розділення відходів. Незабаром збір дощової води стане таким же звичним явищем, як і сортування сміття. Тому це важлива передумова для того, щоб ми могли зараз почати використовувати дощову воду.

7. Збір дощової води – надійне рішення для вашого будинку.

8. Дощовою водою ви самодостатні. Сучасні технології дозволяють хоча б частково бути незалежними від водопровідної компанії. Зробіть збір дощової води частиною свого повсякденного життя вже сьогодні.

9. Збір дощової води: технологія з майбутнім. Особливо в останні роки ми спостерігаємо збільшення кількості систем збору дощової води вище середнього. Це також є доказом майбутньої безпеки ваших інвестицій.

10. Професійні системи, встановлені фахівцем. Сучасні системи збору дощової води – це не продукт, зроблений своїми руками, а дуже передова екологічна технологія [2]

На жаль, екологія в нашій країні, м'яко кажучи, далека від досконалості. Дощ приносить на землю не тільки воду, а й різні забруднювачі: хімічні речовини, пил, пісок, різні кислоти (азотну, сульфатну, сірчану). Крім того, навіть регулярний дощ змиває пил, смоли та інші забруднення з різних поверхонь, наприклад, дахів. Не використовуйте дощову воду для пиття, приготування їжі, чищення зубів, миття посуду або поливу їстівних рослин. На жаль, світ не ідеальний, і іноді збір дощової води може бути єдиним джерелом води. Існує технологія очищення дощової води, яка робить воду абсолютно безпечною та не містить пташиного посліду, хімікатів, бактерій, свинцю, міді, найпростіших і цист. Однак такі системи повинні розроблятися професіоналами, знайомими з усіма аспектами очищення дощової води. Немовлята, люди похилого віку, люди з ослабленою імунною системою та люди з аутизмом часто відчують труднощі із вживанням очищеної дощової води, оскільки їхні

шлунки не виробляють стільки кислоти, скільки інші. Тому не варто навіть думати про використання дощової води для пиття: це марна трата грошей і великий ризик [4].

Переваги збору дощової води: збір дощової води для поливу рослин має багато переваг, які роблять цю практику все більш популярною серед садівників і агрономів. По-перше, використання систем збору дощової води дозволяє значно заощадити ресурси. Особливо це стосується регіонів, де водні ресурси обмежені, а їх вартість постійно зростає. Дощова вода, що зберігається в резервуарах, може стати основним джерелом зрошення, таким чином зменшуючи витрати на водопостачання.

Окрім економії, використання дощової води також позитивно впливає на екологічну ситуацію. Замість використання питної води, яка проходить складні процеси очищення, садівники можуть збирати природний ресурс, зменшуючи навантаження на системи водопостачання. Дощова вода, як правило, є найкращим вибором для поливу, оскільки вона не містить хімічних добавок, які часто зустрічаються у водопровідній воді. Це сприяє більш здоровому росту рослин і покращує їх загальний стан.

Ще одна важлива перевага полягає в тому, що дощову воду можна використовувати для зрошення в періоди посухи, коли доступ до прісної води обмежений. Завдяки системам збору дощової води садівники можуть забезпечити свої рослини необхідною вологою навіть у найпосушливіші місяці. Це не тільки підвищує врожайність, але й сприяє більш стійкому сільському господарству. Таким чином, збір дощової води для поливу рослин має багато переваг і є вигідним та екологічним рішенням [3].

Недоліки використання дощової води: хоча використання дощової води для зрошення має багато переваг, є також певні недоліки, які слід враховувати. По-перше, якість дощової води може змінюватися залежно від місця розташування та умов навколишнього середовища. У деяких випадках дощова вода може містити забруднюючі речовини, які негативно впливають на рослини. У містах, наприклад, дощова вода може бути забруднена вихлопними газами автомобілів або іншими забруднювачами.

По-друге, системи збору та зберігання дощової води можуть призвести до значних початкових витрат. Для ефективного використання дощової води в саду необхідна установка спеціальних систем, таких як баки або фільтри, що може бути економічно недоцільним для невеликих садів. Крім того, під час тривалих періодів посухи, якщо випадає недостатня кількість опадів, може виникнути дефіцит води для поливу.

Також важливо пам'ятати, що дощова вода може не забезпечити рослини всіма необхідними мікроелементами, які містяться у звичайній водопровідній воді. Це може призвести до недостатнього розвитку рослин і зниження врожаю. Хоча збір дощової води має свої переваги, необхідно враховувати потенційні недоліки та ретельно планувати системи поливу [5].

Екологічний вплив дощового поливу на навколишнє середовище: використання дощової води для зрошення має значний вплив на навколишнє

середовище, який слід розглядати з кількох точок зору. До переваг цього методу можна віднести зменшення споживання питної води, що особливо важливо в регіонах з обмеженими водними ресурсами. Збір дощової води дозволяє економити воду, що має позитивний вплив на навколишнє середовище, зменшуючи навантаження на системи водопостачання та знижуючи ризик виснаження природних джерел.

Однак не варто ігнорувати недоліки. Якість дощової води може змінюватися залежно від забруднення повітря та може негативно впливати на рослини. Наприклад, якщо дощова вода містить небезпечні домішки або забруднюючі речовини, її використання для зрошення може негативно вплинути на здоров'я рослин і навіть призвести до накопичення токсинів у ґрунті. Це підкреслює важливість моніторингу якості дощової води перед використанням її для поливу.

Таким чином, використання дощової води для поливу має як переваги, так і недоліки, які необхідно ретельно розглянути. Належне управління цими ресурсами може значно сприяти збереженню природних систем і покращенню екологічних умов, але також важливо враховувати потенційні ризики, пов'язані з якістю води.

Правильна організація збору дощової води та її використання для зрошення є важливим кроком до сталого розвитку та збереження природних ресурсів. Використання дощової води не тільки економить витрати на зрошення, але й позитивно впливає на навколишнє середовище, зменшуючи навантаження на водні ресурси. Системи збору дощової води можуть бути різноманітними та адаптованими до потреб кожного садівника.

Однак, як і в будь-якому бізнесі, тут є певні нюанси, які варто враховувати. Щоб уникнути можливих проблем, важливо правильно організувати процес збору та зберігання води. Щоб приймати обґрунтовані рішення, також важливо враховувати переваги та недоліки збору дощової води.

Висновки. Дощові сади – це ефективний природний спосіб збору та використання дощової води, що сприяє екологічному балансу та сталому розвитку міст. Вони поєднують естетику, екологію та практичність, забезпечуючи значні переваги для довкілля. Впровадження таких рішень є важливим кроком до більш екологічно збалансованого міського середовища. Завдяки своїм численним перевагам дощові сади можуть стати ключовим елементом сучасного ландшафтного дизайну, сприяючи покращенню якості життя та гармонійному співіснуванню людини з природою.

Список використаної літератури

1. Іщук Л.П., Іщук Г.П. Перспективи використання аборигенної флори в озелененні урбанізованих просторів. *Актуальні проблеми, шляхи та перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садовопаркового господарства, урбоекології та фітомеліорації*: матеріали міжнародної наукової конференції. м. Біла Церква, 16-17 вересня 2021 р. Біла Церква, 2021. С. 38-40.

2. Іщук Л.П., Олешко О.Г., Черняк В.М., Козак Л.А. Квітникарство. за ред. канд. біол. наук Л.П. Іщук. Біла Церква, 2014. 292 с.

3. Чернишева М.О. Використання дощових садів як засіб покращення екологічного стану міста на прикладі Києва. URL.: https://dspace.nau.edu.ua/bitstream/NAU/52737/1/Політ%202019%20-%2041_42.pdf (дата звернення: 16.03.2025 р.).

4. Rain Gardens in Xuhui Runway Park. 2021. URL.: <https://www.sasaki.com/voices/rain-gardens-in-xuhuirunway-park/> (дата звернення: 10.03.2025 р.).

Катерина МОРОЗ⁵⁰,

студентка 1-го року навчання освітнього ступеня магістр,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ІННОВАЦІЙНІ ЕКОТЕХНОЛОГІЇ В УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ: ПЕРСПЕКТИВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

***Анотація.** Встановлено аналіз значущості екологічних технологій у сфері утилізації відходів та їх впливу на сталий розвиток України. Досліджено, що використання інноваційних екотехнологій сприяє зменшенню негативного впливу відходів на довкілля, підвищенню ефективності їх переробки та повторного використання ресурсів. Фізичні, хімічні та біологічні методи утилізації відіграють ключову роль у формуванні екологічно безпечного середовища. Результати дослідження підкреслюють необхідність впровадження сучасних технологій управління відходами для забезпечення екологічної рівноваги та економічного зростання.*

***Annotation.** An analysis of the significance of environmental technologies in the field of waste disposal and their impact on the sustainable development of Ukraine has been established. It has been studied that the use of innovative eco-technologies contributes to reducing the negative impact of waste on the environment, increasing the efficiency of its processing and reusing resources. Physical, chemical and biological disposal methods play a key role in the formation of an environmentally safe environment. The results of the study emphasize the necessity of implementing modern waste management technologies to ensure ecological balance and economic growth.*

Вступ. Серед актуальних екологічних проблем сучасного суспільства важливе місце займає знешкодження та утилізація відходів, кількість котрих

⁵⁰ Науковий керівник – Алексєєв О.О., доцент кафедри екології та ОНС ВНАУ.

постійно збільшується під впливом зростання міського населення, покращення умов життя та інших факторів.

Протягом багатьох років кількість відходів неухильно зростає. Людина порушує один з основних екологічних законів – кругообіг речовин в природі, вводячи зовсім новітні, чужі природі речовини.

На даний час в Україні для розв'язання вказаної проблеми переважно використовують технологію захоронення відходів на полігонах. Основним недоліком використання полігонів є їх значний негативний вплив на навколишнє середовище – атмосферне повітря, ґрунти та підземні води, а також необхідність вилучення на тривалий час з господарського обігу великих земельних ділянок [1].

Забезпечення життєдіяльності людини призводить до утворення значної кількості різноманітних відходів, що зумовлено зростанням споживання у світі за останні десятиліття. Середньостатистична людина продукує від 200 до 300 кг відходів на рік. Щорічно в біосферу надходить близько 400 млн. тонн відходів, що негативно впливає на санітарно-епідеміологічну ситуацію в населених пунктах. Проблеми з управлінням відходами частково вирішуються в містах, але вони залишаються актуальними і для сільської місцевості. У сільських населених пунктах часто відсутні організовані системи вивезення відходів, схеми санітарної очистки та програми поводження з відходами. Несвоєчасне видалення відходів погіршує санітарний стан і може призводити до виникнення хвороб та епідемій.

Водночас відходи є джерелом вторинних ресурсів, що вимагає наукового підходу до їх знешкодження та утилізації, враховуючи специфічні умови українських міст. Незважаючи на положення Закону України «Про управління відходами», на місцевому рівні часто бракує системного управління та чіткого розподілу функцій щодо поводження з відходами. Крім того, існують значні обмеження та розбіжності у розвитку публічно-приватного партнерства між бізнесом, місцевими громадами, органами місцевого самоврядування та державними органами [2].

У січні 2025 року Кабінет Міністрів України затвердив Національний план управління відходами до 2033 року, який визначає стратегічні напрями розвитку сфери управління відходами та інструменти для реалізації поставлених цілей. Серед цільових показників плану – охоплення послугою управління побутовими відходами щонайменше 85% населення до 2033 року та збільшення рівня підготовки побутових відходів до повторного використання та рециклінгу до 70% за масою до 2033 року [3].

Ці ініціативи сприятимуть покращенню управління відходами в Україні та вирішенню пов'язаних з цим проблем.

Виклад основного матеріалу. Інноваційні екотехнології відіграють важливу роль у сучасних підходах до управління відходами, сприяючи зменшенню негативного впливу на довкілля та покращенню економічної ситуації в країнах, що їх застосовують. Оскільки питання ефективної утилізації відходів є глобальним, ряд розвинених країн вже активно використовує новітні

технології для зменшення відходів та підвищення рівня їх переробки. У цьому контексті Швеція, Німеччина, Японія та інші країни є прикладами для України в плані розвитку та впровадження інноваційних екотехнологій для вирішення проблем з відходами.

Швеція є одним із світових лідерів у галузі управління відходами. У цій країні більше 99% відходів утилізуються шляхом переробки або перетворення на енергію. Шведська модель включає інтеграцію біогазових установок, використання технологій переробки пластикових відходів та активне залучення органічних відходів для генерації електричної енергії. Програма «Zero Waste» у Швеції спрямована на скорочення обсягів відходів, що надходять на полігони, та максимальне їх використання для виробництва енергії та інших корисних матеріалів. Такий підхід дозволяє значно знижувати рівень забруднення, а також створює нові робочі місця, що підтримує сталий економічний розвиток країни. Важливим аспектом цієї моделі є високий рівень громадської обізнаності та участі населення в сортуванні відходів, що робить систему управління відходами ефективною та сталою [4].

Німеччина також є передовою країною у сфері управління відходами, де переробка органічних відходів на біогаз є основним компонентом стратегії зменшення екологічного впливу. У Німеччині успішно впроваджено комплексний підхід до управління відходами, де не лише полігонування, але й методи переробки, що дозволяють мінімізувати кількість відходів на звалищах, є домінуючими. Автоматизовані системи сортування відходів є важливою частиною цієї стратегії, що значно підвищує ефективність переробки та знижує витрати на транспортування відходів. Це дозволяє країні знижувати обсяги відходів, які відправляються на полігони, та збільшувати рівень рециклінгу, що сприяє зменшенню забруднення навколишнього середовища [5].

Японія відома своєю високою ефективністю в автоматизації процесів сортування відходів. В Японії використовуються сучасні технології, що дозволяють максимально ефективно сортувати відходи для їх подальшої переробки. Система сортування в Японії є дуже складною та включає різні етапи, де кожен тип відходів сортується окремо. Для цього застосовуються сенсорні технології, автоматизовані лінії та робототехніка, що дозволяє значно підвищити ефективність переробки. Кожен громадянин Японії має чітко визначену роль у сортуванні відходів, що підвищує рівень екологічної свідомості населення і дозволяє знижувати екологічний вплив на навколишнє середовище [6].

Для України впровадження подібних інноваційних технологій може стати значним кроком до вирішення проблеми відходів. Ось кілька напрямків, які можуть бути адаптовані в Україні на основі досвіду розвинутих країн:

1. Біогазові технології: як показує досвід Німеччини та Швеції, впровадження біогазових установок дозволяє ефективно переробляти органічні відходи та виробляти енергію. Україні слід розвивати цю технологію, зокрема на підприємствах сільського господарства, для переробки відходів органічного походження. Це не лише дозволить зменшити кількість відходів, а й знизить залежність від традиційних джерел енергії. Біогазові технології можуть бути

використані також для забезпечення енергетичних потреб сільських районів, де традиційне постачання енергії є обмеженим.

2. Технології переробки пластика: в Україні рівень переробки пластикових відходів залишається низьким, тому важливо впровадити технології, які дозволяють знижувати кількість пластикових відходів шляхом їх переробки у нові матеріали. Такі методи активно застосовуються в Італії, Франції та інших європейських країнах, де пластикові відходи переробляються в нові продукти або використовуються для виробництва альтернативних матеріалів. Наприклад, в Італії активно працюють технології, що дозволяють створювати пластикові дорожні покриття з переробленого пластику. В Україні це може стати одним із способів не тільки вирішення проблеми пластикових відходів, а й стимулювання розвитку нових, екологічно чистих виробничих ланцюгів.

3. Інтеграція автоматизованих систем сортування відходів: в Україні для покращення процесу сортування відходів можна впровадити автоматизовані технології, що дозволять значно підвищити ефективність переробки. Автоматизація процесів сортування допомагає мінімізувати вплив людського фактору та знижує витрати на утилізацію. Автоматизовані сортувальні лінії, що включають роботи з використанням сенсорних технологій, можуть значно скоротити час на сортування відходів і знизити кількість помилок, що виникають під час ручного сортування. Окрім цього, це дозволить знизити витрати на транспортування та обробку відходів, що також буде сприяти економії коштів на всіх етапах утилізації.

4. Впровадження технологій для переробки електронних відходів: технології переробки електронних відходів також є важливим напрямком, який можна впровадити в Україні. Враховуючи швидкий розвиток технологій та зростання кількості електронних відходів, важливо мати відповідні технології для їх переробки. В Україні можна створити підприємства, які спеціалізуються на переробці електронних пристроїв, зокрема телефонів, комп'ютерів, телевізорів, що дозволить знижувати рівень токсичних викидів в навколишнє середовище і створювати нові ресурси для виробництва.

Незважаючи на позитивний досвід інших країн, для України існує ряд викликів при впровадженні інноваційних екотехнологій. Це включає нестачу фінансування, недостатньо розвинену інфраструктуру для утилізації відходів, а також необхідність змін у нормативно-правовій базі, щоб підтримати екологічно чисті методи утилізації.

Для стимулювання розвитку інноваційних екотехнологій важливо створити сприятливі умови для бізнесу, зокрема, шляхом надання фінансових пілг для підприємств, що впроваджують екологічно чисті технології. Крім того, необхідно розвивати партнерство між державними органами, місцевими громадами та приватним сектором для реалізації спільних проєктів у сфері управління відходами.

Висновки. Інноваційні екотехнології мають значний потенціал для покращення управління відходами в Україні, що в свою чергу сприятиме екологічній стабільності та сталому розвитку. Досвід таких країн, як Швеція,

Німеччина та Японія, показує, що ефективне управління відходами може не лише вирішити екологічні проблеми, а й створити нові економічні можливості через енергетичну безпеку та зниження залежності від традиційних ресурсів. Однак для успішного впровадження цих технологій в Україні необхідно вирішити низку проблем, таких як інфраструктурні обмеження, недофінансування та потреба у зміні нормативно-правової бази. Важливо також створити сприятливі умови для бізнесу, щоб заохотити інвестиції в екологічно чисті технології, та зміцнювати партнерства між державними органами, місцевими громадами та приватним сектором.

Список використаної літератури

1. Хоменко І.О., Бабаченко Л.В., Падій Я.В., Проблеми та напрями переробки твердих побутових відходів в Україні. *Економіка та суспільство*. 2017. № 12. С. 454-458.
2. Про управління відходами. веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 14.03.2025).
3. 27 – 31 січня 2025 року. Затверджено Національний план управління відходами до 2033 року. веб-сайт. URL: https://devisu.ua/uk/stattia/27-31-sichnya2025-roku-zatverdzheno-nacionalniy-plan-upravlinnya-vidhodami-do-2033roku?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 14.03.2025).
4. Королівство чистоти: як Швеції вдалося перетворити 99% відходів на цінну сировину веб-сайт. URL: <https://enefcities.org.ua/novyny/korolivstvochystoty-yak-shvetsi-vdalosya-peretvoryty-99-vidhodiv-na-tsinnu-syrovynu/> (дата звернення: 14.03.2025).
5. Управління відходами західного зразка: як працює кругова економіка Німеччини. веб-сайт. URL: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy-zahidnogozrazka-yak-pratsyuje-krugova-ekonomika-nimechchyny/> (дата звернення: 14.03.2025).
6. Сорткування в Японії. веб-сайт. URL: <https://nowaste.com.ua/sortuvanniav-japonii/> (дата звернення: 14.03.2025).

РОЛЬ ESG-СТРАТЕГІЇ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Анотація. У цій статті аналізується роль стратегій ESG у підвищенні корпоративної соціальної відповідальності в аграрному секторі та підкреслюється важливість стратегій ESG у розвитку компаній і суспільства загалом. Особлива увага приділяється практичним аспектам, таким як підтримка місцевих громад, покращення умов праці, забезпечення етичних стандартів та побудова довгострокових партнерств. Реалізація цих стратегій не тільки сприяє підвищенню соціальної відповідальності, але й допомагає компаніям підвищити стійкість до економічних коливань, зменшити екологічні ризики та покращити свою репутацію серед інвесторів і споживачів. У статті також розглянуто перспективи подальших досліджень у сфері ESG-індикаторів для аграрних компаній. Зокрема, важливими напрямками для майбутніх досліджень є оцінка ефективності інтеграції принципів ESG на різних етапах виробництва та аналіз їх впливу на екологічну стійкість та економічні показники. Крім того, важливо також розглянути роль ESG у формуванні конкурентних переваг сільськогосподарських підприємств у глобальному контексті та інвестиційної привабливості. Стаття має теоретичний характер.

Annotation. This article analyzes the role of ESG strategies in enhancing corporate social responsibility in the agricultural sector and highlights the importance of ESG strategies in the development of companies and society at large. Particular attention is paid to practical aspects such as supporting local communities, improving working conditions, ensuring ethical standards, and building long-term partnerships. Implementing these strategies not only contributes to increased social responsibility, but also helps companies increase resilience to economic fluctuations, reduce environmental risks, and improve their reputation among investors and consumers. The article also discusses the prospects for further research in the field of ESG indicators for agricultural companies. In particular, important areas for future research are to assess the effectiveness of integrating ESG principles at different stages of production and analyze their impact on environmental sustainability and economic performance. In addition, it is also important to consider the role of ESG in shaping

⁵¹ Науковий керівник – Алексеев О.О., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища

the competitive advantages of agricultural enterprises in a global context and investment attractiveness. The article is theoretical in nature.

Вступ. В умовах глобалізації та зростаючих викликів сучасного світу, таких як зміна клімату, деградація природних ресурсів і соціальна нерівність, компанії в аграрному секторі змушені адаптувати свою діяльність до нових реалій. Сьогодні підприємницька діяльність уже не обмежується лише економічними показниками, а має також враховувати екологічні та соціальні чинники, які визначають їхній вплив на довкілля та суспільство. У цьому контексті впровадження стратегій ESG (екологічна, соціальна відповідальність, управління) стає важливим інструментом для забезпечення збалансованого та сталого розвитку. Аспект соціальної відповідальності є особливо важливим, оскільки аграрний сектор тісно пов'язаний з місцевими громадами та природними ресурсами та має прямий вплив на соціальну стабільність регіону та якість життя населення.

Виклад основного матеріалу. У контексті зростаючого інтересу до ESG-стратегій (екологічні, соціальні та управлінські аспекти) та їхньої інтеграції в діяльність аграрних підприємств, результати дослідження демонструють, що впровадження ESG-принципів сприяє підвищенню соціальної відповідальності компаній. Виявлено, що підприємства аграрного сектору, які активно застосовують ESG-стратегії, відзначаються більшою стійкістю до ринкових коливань та мають кращі репутаційні показники. Насамперед, зазначимо, що актуальність ESG-принципів в останні десятиліття постійно зростає в усьому світі, а ESG-стратегія (англ. *environmental, social, governance* – «довкілля», «соціальна сфера», «корпоративне управління») буквально означає зусилля підприємства в розрізі кожного з цих напрямків заради сталого розвитку [3].

Одним із ключових результатів є те, що такі підприємства здатні ефективніше управляти екологічними ризиками та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище, впроваджуючи стратегії збереження природних ресурсів та зменшення викидів. Це призводить до покращення довіри з боку місцевих громад і державних органів, що сприяє стабільності у взаємовідносинах. Зі соціальної точки зору, ESG-стратегії допомагають аграрним підприємствам підвищити рівень взаємодії з працівниками, поліпшити умови праці та забезпечити більш справедливий розподіл ресурсів. У результаті, такі компанії демонструють не лише зростання соціальної відповідальності, але й підвищення продуктивності через кращу мотивацію та задоволеність працівників.

ESG-стратегія – це комплексний підхід до ведення бізнесу, який враховує не лише фінансові результати, а й вплив діяльності компанії на навколишнє середовище (*Environment*), соціальну сферу (*Social*) та якість корпоративного управління (*Governance*). Впровадження ESG-стратегії свідчить про відповідальність бізнесу перед суспільством та майбутніми поколіннями. (табл.1).

Реалії сьогодення свідчать, що через тиск інвесторів і банків аграріям, а також представникам інших видів бізнесу, не вигідно мати низький ESG-рейтинг. І одночасно жоден аграрій не зацікавлений працювати в умовах високого ризику – природно-кліматичного, соціального, фінансового, інвестиційного тощо [2].

Таблиця 1. Основні компоненти ESG-стратегії

Компонент	Опис	Приклади практичної реалізації
Екологічний (Environmental)	Вплив діяльності компанії на довкілля	Зменшення викидів парникових газів, економія енергії, використання відновлюваних джерел енергії, управління відходами, збереження водних ресурсів, захист біорізноманіття
Соціальний (Social)	Взаємодія компанії з суспільством та працівниками	Підтримка місцевих громад, забезпечення безпечних умов праці, повага до прав людини, розвиток соціальних програм, інклюзивність
Управління (Governance)	Системи управління компанією, прозорість та відповідальність	Етичний кодекс, незалежний аудит, різноманітність у правлінні, прозора звітність, захист прав акціонерів

Джерело: сформовано автором на основі [4].

Екологічна складова ESG-стратегії є однією з ключових, оскільки вона безпосередньо стосується збереження природних ресурсів і зменшення негативного впливу аграрних підприємств на навколишнє середовище. Впровадження екологічних заходів у рамках ESG спрямоване на скорочення викидів парникових газів, оптимізацію використання водних і земельних ресурсів, а також зменшення використання хімічних засобів для обробки рослин та ґрунту. Підприємства, які активно інтегрують екологічні принципи в свою діяльність, отримують низку переваг: підвищення стійкості до кліматичних ризиків, економію ресурсів і, як наслідок, зменшення витрат на їх використання.

До екологічної складової входять заходи та різноманітні екологічні ініціативи. Забезпечення високого рівня соціального захисту персоналу, безпека праці, інвестиції в навчання та розвиток персоналу, турбота про здоров'я та благополуччя працівників, інклюзивність, дотримання балансу за віком – усе це є необхідним для соціально відповідальної поведінки.

Для оцінки екологічної ефективності аграрних підприємств важливо використовувати низку індикаторів, які дозволяють комплексно оцінити їхній вплив на навколишнє середовище та ступінь інтеграції сталих практик у виробничі процеси. Індикатори екологічної ефективності дають змогу виміряти такі аспекти, як раціональне використання природних ресурсів, рівень забруднення довкілля, впровадження енергоефективних технологій та мінімізацію шкідливих відходів (табл.2).

Індикативна оцінка розвитку аграрних підприємств в методичному плані дозволяє ґрунтовно проаналізувати найбільш загальні й дотичні один до одного

показники результативності бізнес-процесів, господарських взаємодій, інституціоналізації до умов ринку, соціального розвитку. Сукупний аналіз розмірів, результатів діяльності підприємства здійснюється на базі показників, що характеризують результати господарювання, або забезпечуючі функції в розміру і потенціалу, спеціалізації, соціально-трудових відносин [1].

Таблиця 2. Індикатори оцінки екологічної ефективності аграрних підприємств

Індикатор	Опис	Методи вимірювання
Викиди парникових газів	Обсяг викидів CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Інвентаризація викидів, аналіз даних про використання добрив, енергії тощо
Споживання води	Об'єм спожитої води на одиницю продукції	Аналіз даних про зрошення, промислові процеси
Використання добрив та пестицидів	Кількість та типи використаних засобів захисту рослин	Аналіз даних про закупівлі, обприскування
Біорізноманіття	Кількість видів рослин і тварин на території господарства	Моніторинг біорізноманіття, аналіз даних про ландшафтні зміни
Індикатор	Опис	Методи вимірювання

Джерело: сформовано автором самостійно на основі проведених досліджень

Ключовою частиною формування стратегії ESG для агрокомпаній є оцінка природних і кліматичних ризиків. Погода завжди була одним із ключових факторів сільськогосподарського виробництва, а також фактором ризику. Зрозуміло, що існує систематичний ризик суворих та екстремальних погодних явищ, які мають значний вплив на діяльність фермерів. Таким чином, систематичний моніторинг кліматичних змін і оцінка збитків внаслідок стихійних лих підвищить обізнаність про агробізнес і розробку політики агробізнесу для мінімізації природних і кліматичних ризиків і уникнення можливих втрат або інструментів для прийняття рішень щодо пом'якшення. Як показує досвід розвинених аграрних країн, агрострахування є найефективнішим інструментом мінімізації природно-кліматичних ризиків, а також необхідною умовою сталого розвитку сільськогосподарського виробництва.

Традиційні аграрні підприємства, як правило, орієнтовані на короткострокові фінансові результати. Однак, зростаюча свідомість споживачів та інвесторів щодо соціальних та екологічних проблем, а також посилення регуляторних вимог, спонукають аграрний сектор до трансформації. Ця еволюція призвела до появи нового покоління компаній, які ставлять перед собою більш амбітні цілі, включаючи сталий розвиток та соціальну відповідальність. Таблиця нижче порівнює системи цінностей та пріоритети традиційних та ESG-орієнтованих аграрних підприємств, демонструючи, як ці відмінності впливають на їхню стратегію, діяльність та взаємодію з різними групами зацікавлених сторін (табл.3).

Підхід до економічної стратегії є однією з відмінностей між традиційними та ESG-орієнтованими сільськогосподарськими підприємствами. Підприємства, які зосереджуються на максимізації прибутку, нехтують екологічними та соціальними аспектами. Компанії ESG намагаються досягти балансу між економічною ефективністю, екологічною відповідальністю та соціальною вигодою. Завдяки цій стратегії вони можуть краще адаптуватися до нових ринкових умов.

Таблиця 3. Порівняння традиційних та ESG-орієнтованих аграрних підприємств

Критерій	Традиційні підприємства	ESG-орієнтовані підприємства
Цілі	Максимізація прибутку	Прибуток, соціальна відповідальність, екологічна стійкість
Стратегії	Короткострокові рішення	Довгострокові стратегії, інвестування в сталий розвиток
Відносини зі стейкхолдерами	Фокус на акціонерах	Враховання інтересів усіх стейкхолдерів (працівники, місцеві громади, постачальники, клієнти)
Інновації	Зосередження на підвищенні продуктивності	Впровадження нових технологій для зменшення впливу на довкілля

Джерело: складено на основі [6].

Важливою відмінністю є екологічні стандарти. Посилення забруднення навколишнього середовища та виснаження природних ресурсів зумовлені інтенсивним використанням ресурсів традиційними підприємствами. Стратегії збереження ресурсів, мінімізації викидів парникових газів і збереження біорізноманіття впроваджуються компаніями, орієнтованими на ESG. За допомогою таких підходів фермери можуть отримати доступ до нових ринків та фінансових інструментів, орієнтованих на сталий розвиток. Соціальні аспекти є важливими для діяльності підприємств, орієнтованих на ESG. Традиційні компанії ігнорують вплив на місцеві громади та соціальні ініціативи, тоді як компанії, орієнтовані на ESG, інвестують у соціальні проекти, створюють нові робочі місця та покращують умови праці. Зниження соціальних ризиків підвищує репутацію компаній.

Є більш висока здатність управляти ризиками на підприємствах, орієнтованих на ESG. Вони враховують екологічні та соціальні ризики, що робить їх більш стійкими до кризових ситуацій. Навіть у непередбачуваних зовнішніх факторах вони мають шанс зберегти стабільність і зростання.

Формування культури сталого розвитку в аграрних підприємствах є важливим кроком для забезпечення довгострокового успіху та конкурентоспроможності. Така культура передбачає активну участь співробітників у процесах, спрямованих на захист природних ресурсів, соціальну відповідальність і дотримання принципів належного управління [5]. Підвищення обізнаності та компетентності співробітників у сфері сталого розвитку є ключовим аспектом побудови культури ESG.

Висновок. Впровадження ESG-стратегії у підприємствах аграрного сектору є важливим кроком на шляху до сталого розвитку. Однак, слід зауважити, що впровадження ESG-стратегії потребує значних ресурсів і часу, що може бути викликом для малих і середніх аграрних підприємств. Крім того, необхідність постійного моніторингу та оцінки результатів також вимагає від компаній розробки системних підходів до інтеграції ESG-принципів у їхню діяльність. Таким чином, реалізація ESG-стратегії має не тільки позитивний соціальний ефект, але й економічні переваги для аграрних підприємств. Вона дозволяє зменшити ризики, пов'язані з екологічними та соціальними проблемами, підвищити продуктивність і залучити нових інвесторів, орієнтованих на сталі практики.

Список використаної літератури

1. Мамчур В.А., Германюк Н.В. Методичні положення індикативної оцінки регулювання та розвитку підприємництва в сільському господарстві. *Економіка та суспільство*. 2023. Вип. 56. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56153>
2. Мірзоева Т.В., Герасимчук Н.А. Щодо оцінки ризиків агробізнесу в контексті ESG-стратегії розвитку. *Економіка та суспільство*. 2023. Вип. 58. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-58-22>
3. Що таке ESG-принципи і чому компаніям важливо їх дотримуватися. 2022. URL: <https://fintechinsider.com.ua/shho-take-esg-prynczypu-i-chomukompaniyam-vazhlyvo-yih-dotrymuvatysya/> (дата звернення: 12.03.2025)
4. Крюкова І.О., Лагодієнко О.В. Соціальна відповідальність агробізнесу та ESG практика як способи досягнення цілей сталого розвитку. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2024. Вип. 1(94). С. 49-56. DOI: <https://doi.org/10.32782/2520-2200/2024-1-7>
5. Лагодієнко О. В., Теоретичні та практичні особливості проектного підходу до управління програмою втілення ESG стратегії в умовах цифровізації. *Ефективна економіка*. 2024. № 8. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.8.52>
6. Сусліков А. Стратегічне управління ринковою капіталізацією корпоративних аграрних підприємств на основі ESG-принципів. *Економічний дискурс*. 2023. Вип. 1-2. С. 83-95. DOI: [s://doi.org/10.36742/2410-0919-2023-1-9](https://doi.org/10.36742/2410-0919-2023-1-9)

Ангеліна НІЗЕЛЬСЬКА⁵²,
студентка 3-го курсу,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
ННІ агротехнологій та природокористування,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЩЕПЛЕННЯ ПЛОДОВИХ РОСЛИН В ІНТЕНСИВНОМУ САДІВНИЦТВІ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Анотація. У статті розкрито перспективи застосування щеплення абрикоса на сливу як інструменту адаптації плодових культур до змін клімату. У сучасному інтенсивному садівництві важливим завданням є забезпечення стійкості дерев до абіотичних стресів, зокрема до посухи, заморозків, перепадів температур, а також до поширених хвороб. На прикладі щеплення абрикоса на підщепу сливи було досліджено вплив методу щеплення (копулювання навесні та окулірування влітку) на приживлюваність, адаптацію до кліматичних факторів, швидкість вступу в плодоношення та якісні показники плодів. Проаналізовано біологічні властивості обох культур, їхню взаємодію при щепленні, а також вплив погодних умов весни 2023 року у Вінницькій області на результати приживлення. Встановлено, що використання сливи як підщепи сприяє підвищенню посухо- та морозостійкості прищепи. Весняне копулювання забезпечило найвищий рівень приживлюваності (85%), тоді як літнє окулірування – 74%. Крім того, весняні щепи демонстрували кращі показники транспортабельності та вмісту сухих речовин.

Результати підтверджують доцільність інтеграції щеплення як адаптаційної технології у сучасне садівництво, особливо в регіонах, де відчутні наслідки зміни клімату. Отримані дані мають практичне значення для підвищення продуктивності та стійкості плодових насаджень.

Ключові слова: щеплення, абрикос, слива, зміни клімату, інтенсивне садівництво.

Annotation. The article highlights the prospects of apricot grafting onto plum rootstock as an effective strategy for adapting fruit crops to climate change. In modern intensive horticulture, improving plant resistance to abiotic stress factors – such as drought, frost, temperature fluctuations, and diseases – is a key priority. The study investigates the effects of grafting methods (spring copulation and summer budding) on grafting success rate, adaptation capacity, fruiting time, and fruit quality. Biological characteristics of both crops were analyzed, as well as their interaction in grafting and the influence of weather conditions in spring 2023 (Vinnytsia region,

⁵² Науковий керівник – Разанова А.М., доктор філософії з екології, старший викладач кафедри лісового та садово-паркового господарства ВНАУ.

Ukraine) on the success of grafting. It was established that using plum as a rootstock enhances drought and frost tolerance of the scion.

Spring grafting demonstrated the highest success rate (85%) compared to summer budding (74%). In addition, spring-grafted trees showed higher dry matter content in fruits and better transportability.

The findings confirm the relevance of grafting as an adaptive technology for climate-resilient horticulture, particularly in regions facing unstable weather conditions. These results are of practical value for improving productivity and sustainability in fruit orchards.

Keywords: grafting, apricot, plum, climate change, intensive horticulture.

Вступ. Зміни клімату суттєво впливають на плодівництво, спричиняючи екстремальні погодні умови, нестачу вологи, підвищення температури та зниження зимостійкості рослин. У цих умовах важливим завданням є адаптація плодових культур до нових кліматичних викликів.

Щеплення є одним із найефективніших методів підвищення стійкості плодових дерев, оскільки правильно підібрана підщепа може значно покращити ріст, розвиток і продуктивність прищепи. Використання сливи як підщепи для абрикоси є перспективним напрямком, оскільки вона забезпечує стійкість до засух, морозів та хвороб.

Мета статті – дослідження ефективності щеплення абрикоси на сливі в умовах змін клімату, оцінці рівня приживлюваності та адаптаційних можливостей щеплених дерев, їхній ріст і врожайність.

Виклад основного матеріалу. Щеплення плодових дерев є одним із найдавніших та найефективніших методів розмноження культур, що дозволяє не лише зберігати цінні сортові особливості, а й покращувати їхню стійкість до несприятливих умов. У сучасному інтенсивному садівництві цей метод набуває особливого значення, адже кліматичні зміни вимагають пошуку нових рішень для збереження врожайності та довговічності садів [9]. Глобальне потепління стає все більш відчутним і суттєво змінює умови ведення сільського господарства, зокрема, садівництва. Підвищення середньорічних температур, нерівномірний розподіл опадів та зростання кількості екстремальних погодних явищ впливають на розвиток плодових культур, серед яких абрикос займає одне з важливих місць.

В умовах змін клімату особливої уваги потребує також захист насаджень від хвороб, які активізуються внаслідок потепління та підвищеної вологості. Одним із найнебезпечніших захворювань для абрикоса є моніліальний опік, що спричиняється грибом *Monilia cinerea* Bonord [12]. Різкі коливання температури, теплі та вологі зими, а також прохолодні весни створюють ідеальне середовище для активного поширення збудника. Найбільша небезпека полягає в тому, що хвороба проникає через квітки, спричиняючи їх в'янення. В подальшому інфекція поширюється на гілки, а згодом і на багаторічну деревину. Це призводить до утворення тріщин і поступового всихання дерева. Уражені

рослини стають джерелом вторинної інфекції, яка може охопити великі площі саду, що суттєво знижує врожайність і загрожує довговічності насаджень [12].

Якщо патоген проникає у плоди через мікротравми або пошкодження, спричинені шкідниками, відбувається їхнє загнивання. Хвороба вражає не лише плоди, а й саму деревину, що значно ускладнює боротьбу з нею. Попри те, що абсолютної стійкості абрикоса до цієї хвороби не існує, ретельний підбір сортів із підвищеною стійкістю дозволяє суттєво знизити ризик ураження та забезпечити стабільний урожай навіть у несприятливі роки. Водночас кліматичні зміни накладають додаткові виклики для садівництва. Протягом останнього століття середня температура на Землі підвищилася на один градус, і ця тенденція продовжується. Найбільш інтенсивне потепління відбулося за останні 40 років, а 2020 рік став одним із найтепліших за всю історію метеоспостережень. В Україні зміни клімату відбуваються ще швидше, що дозволяє розширювати ареал вирощування багатьох плодових культур на північ і захід. Водночас такі зміни несуть нові виклики, серед яких посилення кліматичних стресів, раптові заморозки після періодів аномального тепла, гради, сильні зливи та зниження кількості доступної вологи. Усе це впливає на стабільність врожайності [1-3].

Одним із найбільш перспективних рішень у цій сфері є використання стійких підщеп, які здатні забезпечити прищепленим сортам вищу витривалість та продуктивність [6-7]. Однією з найбільш адаптованих підщеп для абрикоса є слива. Вона володіє високою морозостійкістю, стійкістю до посухи та хорошою адаптацією до різних ґрунтових умов. Дослідження підтверджують, що щеплення абрикоса на сливі не лише подовжує продуктивний період дерева, а й покращує якість плодів, що є важливим фактором для ринкової привабливості культури.

Абрикос (*Prunus armeniaca* L.) у природному середовищі виростає до 6-8 метрів заввишки, проте в умовах теплих регіонів із тривалим вегетаційним періодом, зокрема в Середній Азії, висота окремих дерев може сягати 15-18 метрів. Вид характеризується потужною, розгалуженою кореневою системою, яка забезпечує відносну стійкість до нестачі вологи. Водночас культура є досить вибагливою до температурного режиму, особливо під час цвітіння й формування зав'язі. Як підщепа для абрикоса використовується слива (*Prunus domestica* L.), яка за морфологічними ознаками близька до нього, але має вищу адаптивність до кліматичних коливань. Її деревина щільніша й міцніша, що сприяє кращій опорній функції, а коренева система ефективно функціонує як у зволжених, так і в сухих типах ґрунтів. Завдяки цим характеристикам слива забезпечує підвищення життєздатності щепленого абрикоса, що особливо важливо в умовах нестабільного клімату та ризикованого землеробства [4, 10].

Процес щеплення може здійснюватися різними методами, кожен з яких має свої переваги. Окулірування є найпоширенішим способом вегетативного розмноження, який проводять навесні або влітку. Весняне окулірування дає швидкий результат, тоді як літнє дозволяє бруньці розвиватися лише наступного року. Іншим ефективним способом є копулірування, що полягає у з'єднанні

прищепи та підщепи живцем. Цей метод дозволяє досягти міцного зрощення рослин, завдяки чому саджанці швидше адаптуються. У випадках, коли традиційні методи не дають бажаного результату, застосовують аблакування – щеплення шляхом зрощування сусідніх гілок [11]. Такий підхід забезпечує поступове формування спільної судинної системи рослин, що підвищує їхню стійкість.

Щеплення є не лише способом покращення врожайності, а й ефективним інструментом для адаптації плодових культур до змін клімату. Завдяки правильно підібраній підщепі можна значно підвищити стійкість дерева до посух, морозів та хвороб, що особливо актуально в умовах нестабільного клімату. Крім того, цей метод дозволяє оптимізувати строки плодоношення та забезпечити стабільний рівень урожайності, що є ключовим фактором для садівничої галузі.

У сучасних умовах впровадження нових технологій у садівництві стає не просто тенденцією, а необхідністю. Щеплення дозволяє не лише зберігати кращі сорти плодових культур, а й створювати більш стійкі та адаптовані дерева, які здатні давати високий врожай навіть за складних кліматичних умов. Тому розвиток цього напрямку є перспективним шляхом до збереження та покращення садівництва, що гарантує продовольчу безпеку та стабільність галузі в майбутньому.

Об'єктом нашого дослідження слугували рослини абрикоса, щеплені на сливу. Дослідження проводили у с. Жабокрич (Тульчинський р-н., Вінницька обл.). У межах експерименту було проведено порівняльне дослідження ефективності двох методів щеплення абрикоса – весняного копулювання та літнього окулірування. Аналіз охоплював показники приживлюваності, адаптивності до стресових факторів, а також товарні якості плодів. Нижче подано зведену таблицю основних характеристик щеплених дерев (таб. 1) та графічне зображення приживлюваності (рис. 1).

Відомо, що ефективність щеплення плодових культур значною мірою залежить від погодних умов у період проведення цієї агротехнічної операції. Температурний режим, рівень зволоження ґрунту, наявність нічних заморозків та інші кліматичні чинники істотно впливають на приживлюваність щеп, розвиток калюсної тканини та подальший ріст рослини. У зв'язку з цим важливим завданням є врахування конкретних агрометеорологічних умов року, в якому проводилося щеплення.

Так, весна 2023 року у Вінницькій області, зокрема в районі с. Жабокрич Тульчинського району, характеризувалася аномально теплою погодою та зниженими запасами вологи в ґрунті. У березні середньомісячна температура перевищувала кліматичну норму на 1,5-2,0 °C, а пізні заморозки до -3 °C створювали ризики для щепленого матеріалу. Квітень супроводжувався нестійкими погодними умовами, чергуванням теплих і холодних періодів та дефіцитом опадів. У травні зберігалася тенденція до посухи, що негативно впливала на волого забезпечення саджанців. Незважаючи на ці стресові умови,

приживлюваність абрикоса при весняному копулюванні становила 85%, що підтверджує адаптивність вибраного методу щеплення.

Таблиця 1. Основні характеристики щеплених дерев

Метод щеплення	Приживлюваність, %	Стійкість до посухи	Стійкість до температурних перепадів	Час до першого плодоношення (роки)	Вміст сухих речовин (%)	Оцінка транспортабельності (1–5)
Весняне копулювання	85	Висока	Висока	2	16.5	4.7
Літнє окулірування	74	Середня	Помірна	2	14.8	4.1

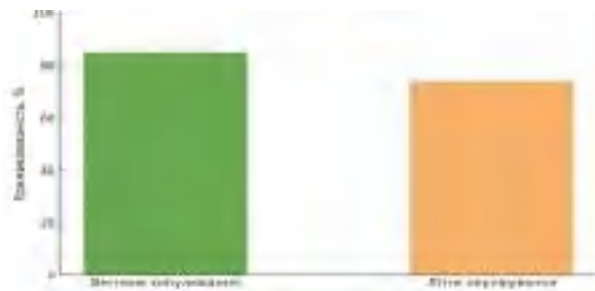


Рис. 1. Порівняння приживлюваності абрикоса при весняному копулюванні та літньому окуліруванні

Як видно з таблиці та рисунка, весняне копулювання забезпечує вищий рівень приживлюваності саджанців (85%) порівняно з літнім окуліруванням (74%).

Крім того, дерева, щеплені навесні, демонстрували кращу стійкість до посухи та температурних коливань, а також характеризувалися вищим вмістом сухих речовин у плодах і кращими транспортабельними якостями. Ці результати свідчать про доцільність застосування весняного копулювання як ефективного методу щеплення абрикоса на сливу в умовах змін клімату.

Таким чином, отримані результати підтвердили ефективність щеплення абрикоса на сливі (рис. 2).



Рис.2. Абрикос на підщепі сливи

Так, через два роки після щеплення ми спостерігали перше плодоношення, а самі плоди відзначалися щільною текстурою, високим вмістом сухих речовин та кращою транспортабельністю, що є важливим фактором для комерційного садівництва.

Висновки. Щеплення абрикоса на сливі є ефективним методом покращення адаптації плодових дерев до змін клімату. Оптимальним методом щеплення для цієї комбінації є копулювання навесні, що забезпечує найвищий відсоток приживлюваності. Використання сливи як підщепи сприяє вищій посухостійкості, морозостійкості та стійкості до ґрунтових патогенів.

Отримані результати підтверджують доцільність застосування цього методу в інтенсивному садівництві, особливо в регіонах із нестабільними кліматичними умовами. У майбутньому наші подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення технологій щеплення та підборі нових комбінацій підщеп і прищеп, що ще більше підвищить стійкість плодових насаджень.

Список використаної літератури

1. Бігун В.С. Вплив кліматичних змін на сільське господарство: адаптаційні стратегії для підвищення стійкості врожаїв. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 4. С. 179-188. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-4-15.
2. Глушко Д. Вплив кліматичних змін на аграрне виробництво областей Українського Полісся. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Географія*. 2024. № 2. С. 47-57.
3. Коваль І. М. Вплив зміни клімату на радіальний приріст *PinusSylvestris L.* та *QuercusRobur l.* в насадженнях зеленої зони м. Харків. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2024. Вип. 41. С. 132-142. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2024-41-10>.
4. Ласкавий В.В. Господарсько-біологічна оцінка нових сортів сливи (*Prunusdomestica l.*) селекції Інституту помології ім. Л.П. Симиренка. *Садівництво*. 2017. Вип. 72. С. 5-11.
5. Литовченко О.М., Павлюк В.В., Омельченко І.К. Кращі сорти плодових, ягідних і горіхоплідних культур української селекції. Київ: Преса України, 2011. 144 с.
6. Маурер В.М. Декоративне розсадництво з основами насінництва. Навчальний посібник, 2006. 273 с.
7. Маурер В.М. та ін. Декоративне розсадництво України: сучасний стан, проблеми та перспективи. Київ: НУБіП України, 2016. 211 с.
8. Омельченко В.В. Особливості росту саджанців сливи (*Prunussp.*) у розсаднику на слаборослих підщепах. *Садівництво*. 2014. Вип. 68. С. 172-178.
9. Омельченко І. К. Культура яблуні в Україні. 2-ге вид, доп. Київ: Урожай, 2006. 304 с.
10. Опис та характеристика рослини АБРИКОС ЗВИЧАЙНИЙ. Веб сайт. URL: <https://agrarii-razom.com.ua/plants/abrikos-zvichayniy> (дата звернення 11.03.2025)
11. Палагеча Р., Гірін А. Розмноження стійких та високо

декоративних магнолій методом щеплення. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Інтродукція та збереження рослинного різноманіття*. 2016. Вип. 1. С. 24-26.

12. Плетнікова Н.Я. Особливості розвитку моніліального опіку у насадженнях кісточкових культур у Харківській області. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Серія : Фітопатологія та ентомологія*. 2016. № 1-2. С. 83-88.

Владислав БРОВАНЧУК⁵³,

студент 2-го курсу

факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства

Вінницький національний аграрний університет

Вінниця, Україна.

ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБІВ ВЕГЕТАТИВНОГО РОЗМНОЖЕННЯ ДЕЕРВНИХ І ЧАГАРНИКОВИХ РОСЛИН У ВІДКРИТОМУ ТА ЗАКРИТОМУ ҐРУНТІ

Анотація. У статті розглядаються основні способи вегетативного розмноження деревних і чагарникових порід у відкритому та закритому ґрунті. Проаналізовано особливості застосування методів живцювання, щеплення, відсадків, кореневих паростків та мікроклонального розмноження. Визначено переваги та недоліки кожного способу, а також їхню ефективність залежно від умов вирощування. Особливу увагу приділено впливу факторів зовнішнього середовища, зокрема вологості, температури та освітленості, на успішність укорінення та подальший розвиток рослин. Отримані результати можуть бути корисними для науковців, аграріїв та лісівників, які займаються розмноженням рослин у розсадниках і лісгосподарських підприємствах.

Ключові слова: вегетативне розмноження, деревні породи, чагарники, відкритий ґрунт, закритий ґрунт, живцювання, щеплення, відсадки, кореневі паростки.

Annotation. The article considers the main methods of vegetative propagation of tree and shrub species in open and closed ground. The features of the use of cuttings, grafting, suckers, root shoots and micro-clonal propagation are analyzed. The advantages and disadvantages of each method are determined, as well as their effectiveness depending on the growing conditions. Special attention is paid to the influence of environmental factors, in particular humidity, temperature and light, on the success of rooting and further development of plants. The results obtained may be

⁵³ Науковий керівник – Малик В.М викладач іноземної мови, кафедра української та іноземної мови

useful for scientists, farmers and foresters involved in plant propagation in nurseries and forestry enterprises.

Keywords: *vegetative propagation, tree species, shrubs, open ground, closed ground, cuttings, grafting, processes, root processes.*

Вступ. Для збереження та передачі всіх спадкових ознак материнської рослини майбутнім поколінням використовують вегетативне розмноження. Воно ґрунтується на здатності окремих органів рослини, таких як бруньки, стебла та корені, формувати нові самостійні особини. У розсадниках застосовують різні методи цього розмноження, зокрема використання здерев'янілих (зимових) і зелених (літніх) стеблових живців, кореневих живців, паростків, відсадків, поділу кущів, а також щеплення.

Мета статті полягає в аналізі способів вегетативного розмноження деревних і чагарникових рослин у відкритому та закритому ґрунті, навчитись розмножувати рослини будь яким з способів описаних в статті.

Виклад основного матеріалу. Вегетативне розмноження рослин – це спосіб безстатевого відтворення, при якому нові особини утворюються з вегетативних органів (коренів, стебел, листків) або їхніх фрагментів. Цей процес базується на здатності рослин до регенерації, що забезпечує збереження всіх спадкових особливостей у нових особин. Інше визначення вегетативного розмноження вказує, що воно є способом розмноження рослин без участі насіння, використовуючи їхні частини: корені, стебла, пагони, листки або навіть окремі клітини. Найбільшого розмаїття та складності цей процес досягає у вищих і квіткових рослин. Виділяють два основні типи вегетативного розмноження: природне і штучне. Природне вегетативне розмноження широко поширене серед рослин, особливо в тих випадках, коли насіннєве розмноження ускладнене або неможливе. Воно відбувається завдяки відокремленню частини материнської рослини, яка здатна регенерувати та утворювати нову особину. Усі рослини, що виникли таким шляхом, утворюють клон – групу генетично ідентичних організмів, що походять від однієї материнської особини. Сам термін «клон» походить від грецького слова «*clon*», що означає «паросток» або «гілка», і був запропонований британським ученим Джоном Бардоном Сандерсоном Хелдейном [1].

Вегетативне розмноження в природних умовах може здійснюватися різними способами, зокрема: поділом (характерно для одноклітинних організмів); кореневими паростками (яблуня, вишня, малина, ожина, шипшина); коренебульбами (жоржини, орхідеї); відсадками (смородина, агрус); вусами (суниця, жовтець повзучий); кореневищами (пирій, очерет); бульбами (картопля); цибулинами (тюльпани, цибуля, часник); виводковими бруньками на листках (бріофілум).

Вегетативне розмноження – це процес, коли з частин рослини, таких як коріння, стебла чи листя, виростають нові, самостійні рослини. Цей спосіб розмноження базується на здатності рослин до регенерації, тобто відновлення втрачених частин. У природі вегетативне розмноження часто зустрічається у

рослин, що ростуть у складних умовах, де насіннєве розмноження ускладнене. Природні способи вегетативного розмноження: паростки з кореневищ: деякі дерева, наприклад, липи та дуби, утворюють нові пагони зі сплячих бруньок на кореневищах. Кореневі паростки: такі рослини, як сливи та осики, можуть розмножуватися за допомогою додаткових бруньок на коренях. Відводки: ялини та калини можуть утворювати нові рослини, коли їхні гілки вкорінюються, торкаючись землі. Паростки з пня або стовбура: багато видів дерев здатні відновлюватися, випускаючи пагони зі сплячих бруньок на пнях або стовбурах. Штучні методи вегетативного розмноження. У садівництві використовують різні методи вегетативного розмноження, які можна поділити на: розмноження невідокремленими частинами: наприклад, відводками. Розмноження відокремленими частинами: наприклад, живцями. Щеплення: з'єднання частин двох рослин для отримання нової рослини з бажаними властивостями. Клональне мікророзмноження: вирощування рослин з клітин або тканин у лабораторних умовах [2]. Живцюванням винограду найкраще всього займатись в наприкінці зими, початку весни. Однорічні живці висотою приблизно 30-40 сантиметрів які були підготовлені ще з осені вже готові до посадки в ґрунт. Для початку я оновив зрізи на живцях для кращого укорінення і більшого шансу дати корені. Усі дії відбувались у закритому приміщенні з температурою +15-20 °С, та на відкритому для сонячного світла підвіконні. Перший етап це занурення живців у воду, для насичення їх вологою, набуханням бруньок та проростанням кореня. Через кілька днів бруньки почали набухати. Періодично я змінював воду на свіжу щоб майбутня рослина не згнила. Через два тижні починали розпускатись сплячі бруньки, з'явився маленький корінець приблизно 1-2 мм який активно набирив ріст, також живці почали активно поглинати воду, тому на цьому етапі важливо підживлювати воду та слідкувати за її рівнем щоб рослина не загинула через обезводнення. З'явилися перші зелені листочки. На 20-25 день корінь був 4-5мм, і мною було вирішено пересаджувати живці в ґрунт. У цьому мені допомогли звичайні пластикові стакани, підготовлений універсальний ґрунт я купив в садовому магазині, у ньому достатня кількість торфу, гумусу і інших поживних речовин які необхідні для проростання живців. Сипати його потрібно стільки щоб уся нижня частина живця була в ґрунті. Потрібно поставити пагін посередині стакану і обережно засипати його, легенько утрамбувати і обов'язково полити водою. Також я помітив що деякі екземпляри росли швидше а деякі повільніше, після посадки в ґрунт. Я подумав що це можливо через недостатню температуру в приміщенні і збільшивши її і також кількість сонячного випромінювання ріст пришвидшився. Час від часу підживлював ґрунт добривами для покращення ґрунту. Після остаточного формування кореневої системи живців, і також підвищення температури на вулиці (+25<) для комфортного росту і безпеки пагонів, я пересадив їх на вулицю. Ідеальне місце для його вирощування це поблизу будівлі, паркан і будь які інші об'єкти де він зможе вільно плестись. Місце я вибирав з достатньою кількістю світла та не забував його також вчасно поливати та підживлювати. Також раджу обробляти виноград від різних хвороб так шкідників. Робота була

не трудовістка і кожен самостійно може зробити це вдома, щоб розмножити бажані вам культури. Потрібно пам'ятати що до кожної рослини потрібний індивідуальний підхід та догляд за ними може кардинально відрізнятись.

В даному досліді я перевіряв один з способів вегетативного розмноження, а саме живцювання такої рослини як виноград. Знизу я показав результати мого досліді.

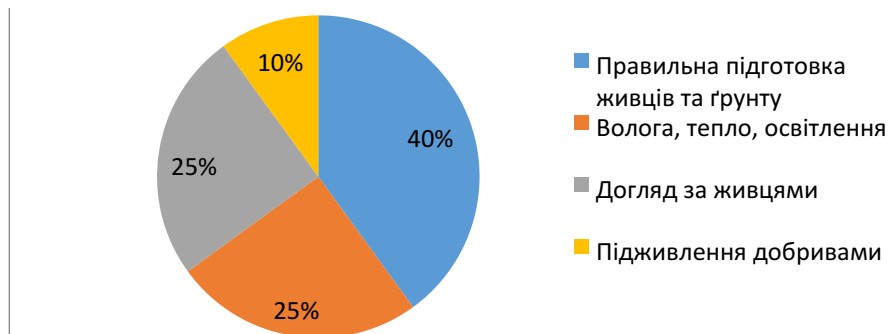


Рис. 1. Факторіяквпливають на успішність живцювання



Рис.2. Фото результатів досліді живцювання винограду

Таблиця. 1. Способи штучного вегетативного розмноженнярослин [3]

Вид розмноження		Характеристика
Поділ	Рослини можуть розмножуватися поділом таких органів, як кущі (бузок, жасмин), бульби (картопля), кореневища (ірис, кана) та кореневі шишки (батат, жоржина).	Цей метод базується на відокремленні життєздатних вегетативних частин, які здатні до відновлення. Важливо, щоб на розділених фрагментах були присутні
		руньки, які забезпечують ріст нової рослини.
Відведення: метод використовують для розмноження смородини, агрусу, калини, винограду, шовковиці та інших культур		його суть полягає у притисканні частини гону до ґрунту з метою укорінення, після чого його відокремлюють відосновної рослини.

Живцювання	Стеблове живцювання застосовується для кущових рослин, таких як троянди, бузок, смородина та агрус.	Зрізані живці висаджують у підготовлений ґрунт або ставлять у воду до утворення кореневої системи.
	Листове живцювання характерне для бегонії, сенполії, лимона.	Листок або його фрагмент з вираженими жилками поміщають у воду або вологий субстрат (пісок, торф).
	Кореневе живцювання використовується для хрону, малини, сливи, вишні, яблуні, троянди.	Частини бічних коренів із бруньками відокремлюють і висаджують для подальшого розвитку.
Щеплення	Окулірування (очкування) – спосіб розмноження троянд, що передбачає зрощення бруньки або живця однієї рослини з підщепою іншої.	Найчастіше бруньку вставляють у Т-подібний надріз на стеблі підщепи.
	Копулювання застосовується для груші, яблуні.)	Живець прищепи поєднують зі стеблом підщепи через різні методи: розщеплення, накладання, за кору.
	аблакування (виноград)	Аблакування (актуальне для винограду) передбачає зрощення рослин через косі надрізи кори (так звані язички).
Культура ізольованих тканин метод використовується для моркви, полуниці, декоративних рослин.		Передбачає вирощування в стерильних лабораторних умовах частин твірної тканини, здатних до швидкого поділу й розвитку.

Висновки. Отже, вегетативне розмноження є важливим методом для збереження цінних сортових ознак деревних і чагарникових порід, а також для швидкого отримання великої кількості садивного матеріалу. Вибір конкретного способу залежить від біологічних особливостей рослини, наявності обладнання. Різноманіття методів: Існує безліч способів вегетативного розмноження, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Вплив умов: Успішність вегетативного розмноження залежить від створення оптимальних умов для вкорінення, волога, сонячне світло, температура. Значення для господарства: Вегетативне розмноження широко застосовується в розсадниках, лісових господарствах, а також у декоративному садівництві. Перспективи розвитку: Подальші дослідження в галузі вегетативного розмноження можуть сприяти розробці нових, більш ефективних методів та покращенню існуючих технологій.

Список використаної літератури

1. Фурса В. Р., Пінчук А. П. Вегетативне розмноження рослин роду дерен (*Cornus* L.): сучасний стан та перспективи використання. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2020. № 30(3). С. 123-131.

2. Грибан А. Особливості вегетативного розмноження рослин роду *Taxus* L.: дипломна робота магістра за спеціальністю 206 «Садово-паркове господарство». Київ, 2023. 70 с.

3. Колесник А. В., Сікура А. О., Гедзур Т. І. Лабораторний практикум з біотехнології. Методичні рекомендації до лабораторних робіт з циклу «Розмноження рослин *in vitro*» для студентів біологічного факультету денної та заочної форми навчання. Ужгород, 2023. 35 с.

4. Потопальський А. І. Українська молекулярно-генетична біотехнологія прискореного створення різноманіття нових форм, сортів і видів цінних рослин // *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика*. Матеріали III міжнародної наукової інтернет-конференції (м. Київ, 20-22 жовтня 2021 р.). Київ: НУБіП України, 2021. С. 249-251.

5. Цибровська Н., Грабовий В. Щеплення як ефективний спосіб розмноження рослин *Ginkgo biloba* L. різних сортів. *Вісті Біосферного заповідника «Асканія-Нова»*. 2023. № 25. С. 123-131.

6. Кімейчук І., Куценко З. В. Вегетативне розмноження декоративних форм видів роду *Ulmus* L. методом щеплення. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. № 31(5). С. 45-52.

Андрій СЛОБОДЯНЮК⁵⁴,
студент 2 курсу,
факультет агрономії, садівництва та захисту рослин,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ЛІС ЯК ПРИРОДНЕ ЯВИЩЕ І ПРИРОДНА СИСТЕМА

Анотація. Ліс є однією з найважливіших природних екосистем, що виконує ключову роль у підтриманні біологічного балансу планети. Як природне явище, ліс формується в результаті взаємодії кліматичних, ґрунтових та біологічних факторів, що визначають його видове різноманіття та структуру. Як природна система, ліс є складним біоценозом, у якому взаємодіють рослини, тварини, мікроорганізми та абіотичні чинники, зокрема ґрунти, вода і атмосфера. Лісові екосистеми відіграють важливу роль у глобальному кругообігу вуглецю, кисню, води та поживних речовин, регулюючи клімат, очищуючи повітря, захищаючи ґрунти від ерозії та забезпечуючи середовище існування для тисяч видів організмів. Масова вирубка, зміни клімату, забруднення довкілля та нераціональне використання лісових ресурсів загрожують стабільності лісових біоценозів. Збереження та раціональне використання лісів потребує комплексного підходу, що включає лісовідновлення,

⁵⁴ Науковий керівник – Малик В. М. д.ф. з педагогіки, викладач кафедри української та іноземних мов

створення заповідних зон, міжнародні екологічні програми та впровадження принципів сталого розвитку.

Ключові слова: ліс; природна екосистема; біоценоз; кліматична регуляція; кругообіг речовин; збереження лісів; раціональне лісокористування; вирубка лісів; екологічний баланс; сталий розвиток.

Annotation. The forest is one of the most important natural ecosystems, which plays a key role in maintaining the biological balance of the planet. As a natural phenomenon, the forest is formed as a result of the interaction of climatic, soil and biological factors that determine its species diversity and structure. As a natural system, the forest is a complex biocenosis in which plants, animals, microorganisms and abiotic factors, in particular soils, water and atmosphere, interact. Forest ecosystems play an important role in the global cycle of carbon, oxygen, water and nutrients, regulating the climate, purifying the air, protecting soils from erosion and providing a habitat for thousands of species of organisms. Mass deforestation, climate change, environmental pollution and irrational use of forest resources threaten the stability of forest biocenoses. Preservation and rational use of forests requires an integrated approach, including reforestation, the creation of protected areas, international environmental programs and the implementation of the principles of sustainable development.

Keywords: forest; natural ecosystem; biocenosis; climate regulation; substance cycle; forest conservation; rational forest use; deforestation; ecological balance; sustainable development.

Вступ. Ліс є одним із найважливіших компонентів біосфери, що забезпечує екологічну рівновагу та підтримує життя на Землі. Як природне явище, ліс формується внаслідок багатовікової взаємодії кліматичних, ґрунтових та біологічних факторів. Він є не лише сукупністю дерев, а й складною екосистемою, що включає різноманітні види рослин, тварин, мікроорганізмів та абіотичних чинників, таких як повітря, вода і ґрунт. Як природна система, ліс виконує численні екологічні функції: регулює клімат, очищує повітря, збагачує атмосферу киснем, зберігає водний баланс та запобігає ерозії ґрунтів. Лісові екосистеми відіграють важливу роль у кругообігу речовин, підтримуючи біологічне різноманіття та забезпечуючи стабільність природних процесів. Новизна дослідження полягає у комплексному підході до аналізу лісу як природної системи, що включає оцінку його екологічних функцій, впливу кліматичних змін та ефективності заходів із збереження та відновлення лісових екосистем. Особлива увага приділяється взаємодії біотичних і абіотичних факторів у формуванні лісових ландшафтів та перспективним методам їхньої охорони.

Мета статті полягає в тому аби дослідити ліс як природне явище та природну систему, зокрема його екологічну роль, структуру, функції та взаємодію з іншими компонентами екосистеми.

Виклад основного матеріалу. Ліс – це унікальне природне явище, яке являє собою сукупність рослин, тварин, мікроорганізмів і ґрунтів, що взаємодіють у межах конкретної території. Це не просто набір дерев, але складна екосистема, де кожен елемент має свою роль і важливість. Ліси на Землі займають величезну частину її суші і виконують численні функції: вони є джерелом кисню, зберігають вологу, регулюють клімат і забезпечують середовище для існування мільйонів видів живих організмів. Формування лісових екосистем у природі відбувається завдяки певним кліматичним, географічним і еволюційним умовам, які сприяють виникненню певних типів лісів. Ліси формуються в результаті тривалих процесів природного відбору. Вони починають своє існування в межах певної географічної зони, де кліматичні умови створюють необхідні передумови для росту і розвитку конкретних рослинних і тваринних видів. Розвиток лісових екосистем здійснюється через кілька етапів. Спочатку з'являються піонерні види рослин, які пристосовані до умов, що домінують на цій території. З часом, завдяки зміні умов середовища і конкуренції між видами, утворюються стабільніші лісові спільноти, де певні види дерев домінують, а інші поступаються місцем більш витривалим [1].

Існує кілька основних типів лісів, які відрізняються за складом флори, кліматичними умовами та географічним розташуванням. Тайга – це холодний ліс, характерний для північних регіонів, де переважають хвойні дерева, такі як сосна, ялина та модрина. Ліси цього типу є важливими для збереження вуглецевого балансу, адже вони поглинають значну кількість вуглецю з атмосфери. Мішані ліси поєднують в собі як хвойні, так і листяні дерева. Ці ліси знаходяться на межі між холодними та теплими кліматичними зонами і характеризуються великим біорізноманіттям. Тропічні ліси – це найбагатші за різноманіттям видів екосистеми, які розташовані в екваторіальних зонах і характеризуються постійною теплою температурою і високою вологістю. Листяні ліси ростуть в помірному кліматі, де є чітко виражена зміна сезонів, і де дерева скидають листя на зиму. Хвойні ліси, подібні до тайги, складаються головно з хвойних дерев, таких як сосни та ялини, і є важливими для підтримки екологічної рівноваги в регіонах з холодним кліматом. Взаємозв'язок між кліматичними умовами і типом лісу є надзвичайно важливим для розуміння того, як формуються різні лісові екосистеми. Кліматичні умови визначають не тільки види дерев, що можуть рости на тій чи іншій території, але й всю екосистему в цілому. Від температури, вологості, кількості опадів залежить, який тип лісу буде домінувати в певному регіоні. Так, в умовах холодного клімату з коротким літом і довгою зимою утворюються хвойні ліси, в той час як у тропічних регіонах, де постійно тепло і вологість висока, зростають тропічні ліси з величезним різноманіттям рослин і тварин. Зміни клімату можуть значно впливати на структуру і склади лісів. Наприклад, підвищення середньої температури може призвести до того, що хвойні ліси почнуть переміщуватися на північ, а в деяких районах навіть заміняться на мішані чи листяні. Водночас збільшення кількості опадів в окремих регіонах може сприяти росту тропічних лісів [2].

Ліс – це не просто колекція дерев, чагарників і трав. Це складна і самопідтримувана екосистема, де кожен компонент взаємодіє з іншими, утворюючи складну мережу зв'язків. Ліс можна розглядати як біоценоз – систему, в якій різноманітні організми, від мікроскопічних бактерій до великих тварин, спільно існують і взаємодіють. У лісі всі його елементи, від дерев до грибів і мікроорганізмів, створюють певну гармонію, яка забезпечує стабільність екосистеми.

Дерева є домінуючим компонентом лісу, утворюючи основу його структури і визначаючи основні екологічні умови. Вони не лише дають притулок численним видам рослин і тварин, але й сприяють формуванню середовища для розвитку мікроорганізмів, що живуть у ґрунті або на їх корі. Чагарники і трави доповнюють лісовий покрив, знижуючи ерозію ґрунту і виступаючи важливими компонентами харчових ланцюгів. Гриби, в свою чергу, відіграють незамінну роль у розкладі органічних решток, повертаючи елементи живлення в ґрунт. Мікроорганізми ж є основними учасниками процесів розкладу та біогеохімічних циклів, що відбуваються у лісі. Тварини, як травоядні, так і хижі, підтримують баланс між рослинністю та іншими організмами, впливаючи на динаміку популяцій і біорізноманіття.

Біогеохімічні цикли – це один із основних механізмів, що забезпечують життєдіяльність лісових екосистем. Ці цикли включають вуглецевий, кисневий, водний та азотний цикли, які нерозривно пов'язані з діяльністю рослин, тварин, мікроорганізмів і ґрунту [3].

Вуглецевий цикл у лісі пов'язаний з процесами фотосинтезу і дихання. Дерева і рослини поглинають вуглекислий газ із атмосфери, перетворюючи його на органічні сполуки через фотосинтез. Це допомагає зменшити рівень CO₂ в атмосфері та сприяє утворенню органічної маси, яка служить їжею для інших організмів. При розкладі органічної речовини або диханні тварин та рослин вуглекислий газ повертається в атмосферу.

Кисневий цикл у лісі тісно пов'язаний з вуглецевим, оскільки під час фотосинтезу рослини виробляють кисень, який є необхідним для дихання всіх живих організмів, включаючи тварин і мікроорганізмів. Взаємодія між рослинами, які поглинають вуглекислий газ і виробляють кисень, та тваринами і мікроорганізмами, які використовують кисень для дихання, є основою життя в лісі.

Водний цикл – ще одна важлива складова лісових екосистем. Ліси активно беруть участь у круговороті води в природі. Рослини поглинають воду через корені, а потім випаровують її через листя, вивільняючи в атмосферу водяний пар. Цей процес, відомий як транспірація, підтримує вологість повітря та сприяє утворенню хмар і опадів. Ліси також допомагають утримувати воду в ґрунті, знижуючи ймовірність ерозії та збільшення повеней.

Азотний цикл у лісі включає процеси, за допомогою яких організми отримують і переробляють азот. Рослини потребують азоту для росту, але вони не можуть використовувати атмосферний азот без допомоги мікроорганізмів. Бактерії, що живуть у ґрунті, зв'язують атмосферний азот і перетворюють його в

форми, доступні для рослин. Тварини, в свою чергу, споживають рослини або інші організми і, після їх розкладу, азот знову повертається в ґрунт або атмосферу. Взаємодія лісу з атмосферою, ґрунтом та водними ресурсами є основою стабільності екосистеми. Ліси взаємодіють з атмосферою, поглинаючи і випускаючи гази, що впливають на клімат. Вони стабілізують температуру, зменшують вітрову ерозію та регулюють рівень вологості в атмосфері. Ліси також підтримують родючість ґрунтів, збагачуючи їх органічними речовинами, які зберігаються завдяки гнилі і розкладу. У свою чергу, ліси беруть участь у регулюванні водних ресурсів, допомагаючи зберігати водні потоки, зменшувати забруднення вод і підтримувати водний баланс. Ліси відіграють надзвичайно важливу роль у підтримці екологічної рівноваги на планеті [4].

Складові частини лісостану, такі як деревостан, підріст, підлісок, живий надґрунтовий покрив, лісова підстилка, лісовий ґрунт і позаярусна рослинність, утворюють комплексну структуру лісу, що функціонує як екосистема. На рис.1 зображено складові лісової системи.



Рис. 1. Складові лісової системи

Ліс є складною природною системою, яка взаємодіє з іншими компонентами екосистеми, такими як ґрунт, вода, повітря, а також організми, що його населяють. Вивчення лісу як природного явища та природної системи може бути проведено за допомогою експериментальних досліджень, що включають збір конкретних даних, таких як флора, фауна, умови росту рослин, а також фізичні та хімічні характеристики лісових екосистем. Опис експерименту:

Мета дослідження: дослідити різноманіття лісової екосистеми та її здатність до самовідновлення, а також вивчити фактори, що впливають на її стабільність.

Місце проведення експерименту: для цього дослідження було обрано лісову ділянку в певній місцевості (Вінниччина), де будуть вивчені різні види дерев, чагарників та трав'янистих рослин. На рис.2 зображено розподіл рослин у лісі.

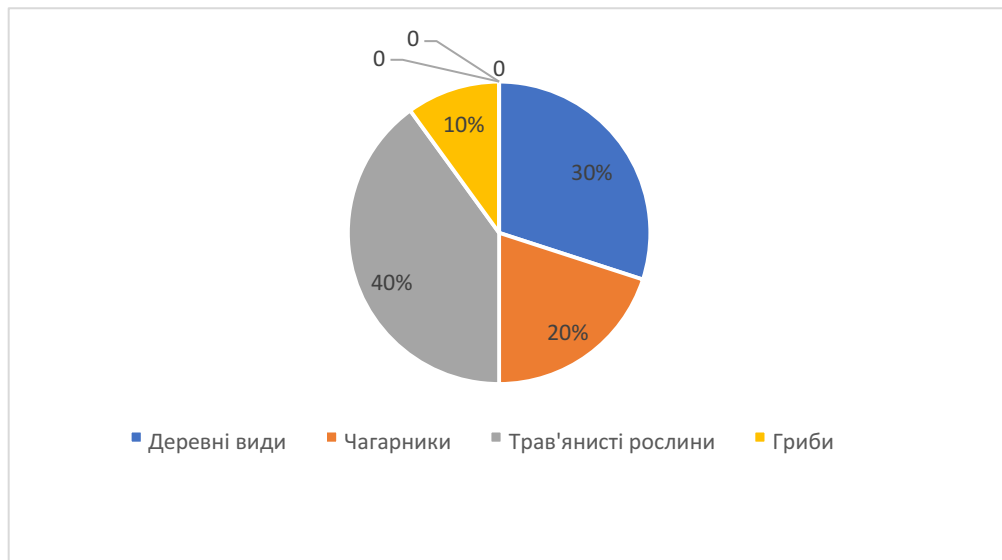


Рис. 2. Основні компоненти лісостану, у %

Таким чином, ліс як природна система, демонструє високий рівень біорізноманіття і складні екологічні взаємозв'язки між організмами та середовищем. Вивчені параметри, такі як вологість ґрунту, кислотність і кліматичні умови, значно впливають на життєдіяльність рослин та тварин. Самовідновлення лісу є довготривалим процесом, який залежить від численних факторів, таких як кліматичні зміни та антропогенний вплив.

Ліси є важливими регуляторами клімату. Вони поглинають вуглекислий газ із атмосфери і таким чином допомагають знижувати рівень парникових газів, що сприяють глобальному потеплінню. Через процес фотосинтезу рослини перетворюють вуглекислий газ на органічну речовину, одночасно виділяючи кисень, що забезпечує баланс газів в атмосфері. Крім того, дерева і інші рослини активно випаровують воду через листя, що сприяє збереженню вологості в повітрі і допомагає в регулюванні кліматичних умов у даному регіоні. Ліси також знижують температуру навколишнього середовища, надаючи природне охолодження в жарких регіонах, що особливо важливо в умовах глобального потепління. Однією з важливих екологічних функцій лісів є їхній вплив на ґрунти та водні ресурси. Ліси допомагають захищати ґрунти від ерозії, адже їхні корені утримують землю, запобігаючи її змиванню під час дощів або сніготанення. Без лісового покриву ґрунти, особливо в гірських районах або на схилах, швидко виснажуються і стають непридатними для землеробства. Ліси є також життєво важливим середовищем для великої кількості флори і фауни. Вони надають притулок і їжу численним видам, від мікроорганізмів до великих ссавців. Лісові екосистеми підтримують надзвичайно високий рівень біорізноманіття, адже вони створюють складні умови для життя різноманітних організмів. Багато видів рослин і тварин, які мешкають у лісах, не зустрічаються в інших середовищах, і саме ліси забезпечують їхнє існування. Втрата лісових територій через вирубку, урбанізацію чи інші людські втручання може призвести до зниження біорізноманіття та зникнення цілих видів [5]. Однак ліс – це не лише ресурс для прямого використання. Ліси є важливими для розвитку екотуризму,

що стає все більш популярним у світі. Люди приїжджають до лісів не лише для того, щоб насолодитися природною красою, але й для того, щоб відпочити, оздоровитися і відновити енергію. Екотуризм дозволяє місцевим громадам отримувати доходи від збереження лісів і стимулює відповідальне використання природних ресурсів. Збереження лісів є також важливим для сталого розвитку, адже ці екосистеми можуть приносити прибуток через організовані туристичні маршрути, спостереження за дикою природою та інші види екологічно чистого туризму. Ліс має величезне екологічне і економічне значення. Він не лише підтримує клімат, зберігає ґрунти та водні ресурси, а й є домом для численних видів живих організмів. Використання лісових ресурсів людиною має бути сталим і відповідальним, щоб не лише задовольняти наші потреби, але й зберігати ці цінні екосистеми для майбутніх поколінь. Тому важливо розуміти роль лісів у нашому житті і активно працювати над їхнім збереженням. Збереження лісів є однією з найактуальніших проблем нашого часу.

Вплив вирубки та деградації лісів на екосистему важко переоцінити. Ліси є одними з найбільших поглиначів вуглекислого газу, тому їх вирубка веде до збільшення концентрації парникових газів в атмосфері, що сприяє глобальному потеплінню. Крім того, вирубка лісів порушує природні цикли води та поживних речовин, призводить до ерозії ґрунтів, зниження родючості землі та збільшення ймовірності повеней. Деградація лісів веде до зниження біорізноманіття, оскільки багато видів тварин і рослин, що мешкають в лісах, стають уразливими або зовсім зникають. Знищення лісових масивів, зокрема тропічних лісів, також загрожує життєвим умовам численних аборигенних народів, які безпосередньо залежать від лісів. Для збереження лісів і мінімізації їхнього знищення розроблені різні методи охорони. Одним з основних підходів є лісовідновлення – відновлення лісів, що були пошкоджені або вирубані. В табл. 1 вказано проблеми та перспективи збереження лісів.

Збереження лісів вимагає комплексного підходу, що включає наукові дослідження, державне регулювання, міжнародну співпрацю та активну участь суспільства у збереженні природних ресурсів. Лише завдяки поєднанню цих заходів можна забезпечити стабільність лісових екосистем і їхню користь для майбутніх поколінь. Заповідні зони також є важливим елементом охорони лісів. Вони дозволяють зберігати природні ландшафти в їхньому первісному вигляді, а також служать місцями для вивчення природних процесів без людського втручання. Заповідники мають велике значення для охорони рідкісних і зникаючих видів рослин і тварин, а також для досліджень в області екології та біорізноманіття. Раціональне лісокористування є ще одним важливим елементом охорони лісів. Наприклад, лісозаготівля повинна здійснюватися таким чином, щоб забезпечити стійкість лісу, а не його руйнування. Лісове господарство, яке базується на принципах сталого розвитку, враховує відновлення лісових площ після вирубки, збереження біорізноманіття і стабільність екосистем. Перспективи сталого управління лісами потребують не лише національних ініціатив, але й міжнародної співпраці.

Таблиця 1. Проблеми та перспективи збереження лісів [6]

Проблема	Вплив на екосистему	Методи охорони лісів	Перспективи сталого управління
Вирубка лісів	Знищення середовища існування тварин і рослин, порушення балансу вуглецю, деградація ґрунтів	Контрольована лісозаготівля, впровадження принципів сталого лісокористування	Використання альтернативних матеріалів, екологічна сертифікація лісопродукції (FSC)
Деградація лісів через зміни клімату	Втрата біорізноманіття, зменшення продуктивності лісових екосистем, збільшення частоти пожеж	Моніторинг стану лісів, насадження стійких до змін клімату видів дерев	Генетична селекція рослин, створення стійких до посухи та хвороб лісів
Лісові пожежі	Руйнування екосистем, загибель фауни і флори, забруднення атмосфери	Створення протипожежних смуг, використання сучасних технологій для виявлення вогнищ	Впровадження автоматизованих систем контролю та раннього попередження пожеж
Забруднення лісів	Погіршення якості ґрунту, накопичення токсичних речовин, загибель організмів	Контроль за промисловими викидами, екопросвіта населення	Перехід на екологічно чисті технології, посилення законодавчого контролю за забрудненням
Незаконна вирубка	Скорочення лісових площ, втрата економічних ресурсів, порушення природного балансу	Посилення контролю та штрафів, електронний облік деревини	Міжнародна співпраця в боротьбі з незаконною вирубкою, введення супутникового моніторингу лісів
Розширення сільськогосподарських угідь	Зменшення площ лісів, деградація ґрунтів, скорочення водних ресурсів	Розвиток агролісомеліорації, висадка захисних лісосмуг	Впровадження технологій вертикального землеробства, розвиток екологічного фермерства
Міжнародні ініціативи	Глобальні зміни клімату, втрата унікальних лісових екосистем	Виконання міжнародних договорів, створення природоохоронних територій	Збільшення фінансування на збереження лісів, розвиток "зелених" інвестицій та екологічної політики

Сьогодні проблема збереження лісів вийшла на глобальний рівень, оскільки ліси є спільним багатством людства, і їх охорона має бути пріоритетом для всіх країн. Міжнародні екологічні ініціативи, такі як Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (UNFCCC) та програма REDD+ (створена для зменшення вирубки лісів), мають на меті підтримку зусиль країн у збереженні лісових екосистем. Вони пропонують фінансування для країн, які готові брати на себе зобов'язання щодо збереження лісів і скорочення їх вирубки, а також допомагають створювати механізми для стимулювання екологічно відповідального лісокористування. Крім того, необхідно вдосконалювати законодавство щодо охорони лісів, посилювати контроль за незаконними вирубками і створювати ефективні системи моніторингу лісів. Ліси повинні бути включені в стратегії сталого розвитку на всіх рівнях, від місцевих до глобальних [7]. Важливе значення має також освіта та підвищення обізнаності населення щодо важливості лісів для збереження екологічної рівноваги та покращення якості життя.

Висновки. Отже, ліс є надзвичайно важливим природним явищем і складною природною системою, яка об'єднує різноманітні організми і екологічні процеси, що забезпечують баланс на планеті. Як природне явище, ліс виникає внаслідок взаємодії кліматичних умов, ґрунтів і біологічних чинників, утворюючи стабільні екосистеми, які впливають на клімат, водний баланс і біорізноманіття. Як природна система, ліс – це динамічний біоценоз, де кожен елемент, від дерев до мікроорганізмів, відіграє свою важливу роль у підтримці екологічної рівноваги. Загалом, ліс є фундаментальним елементом екосистем Землі, і його функції – від регулювання клімату до збереження біорізноманіття – мають безпосередній вплив на наше повсякденне життя. Збереження лісів має вирішальне значення для сталого розвитку, і тому важливо розуміти ліс як не лише ресурс для людства, а й як незамінну частину природної системи, що забезпечує екологічну стабільність і баланс на планеті.

Список використаної літератури

1. Барчук В. Поняттєве визначення категорії ліс: науковий та законодавчий підхід. Сучасні проблеми юридичної науки в Україні: матеріали Міжнар. Наук. Конф. (м. Київ, 17-18 берез. 2020 р.). Київ Наук.-дослід., ін-т. публічного права, 2020. С. 21-23.
2. Блистів В. І., Юрків З. М., Нейко І. С., Матусяк М. В. Практичні аспекти удосконалення лісонасінного районування. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 21. С. 140-157.
3. Коваль І. М., Максименко Н. В. Екологія лісу з основами лісознавства: навчально-методичний комплекс для організації роботи студентів у закладах вищої освіти за спеціальністю Е2 «Екологія». Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2024. 16 с.
4. Клименко М. О., Ткачук О. П., Панкова С. О. Екологічні проблеми функціонування пожезахисних лісосмуг в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 20. С. 179-194.

5. ХрикВ.М., КімейчукІ.В. Лісівництво: навч. посіб. для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 205 «Лісове господарство». Біла Церква, 2021. 444 с.

6. Ткачук О.П., Вітер Н.Г. Екологічні проблеми функціонування пожезахисних лісосмуг в умовах зміни клімату. Наукові доповіді НУБіП України. 2022. № 2 (96).

7. Телекало Н. В., Матусяк М. В., Прокопчук В. М. Лісівничоекологічні особливості лісовідновлення та лісорозведення в умовах Поділля. Вінниця. 2021. 184 с.

Анастасія ЛУЦЕНКО⁵⁵,

студентка 3 курсу,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

FOREST RESOURCES ANALYSIS

Annotation. *This article describes the structure of forest resources and their characteristics. It is proven that forests are used as a resource material for the development of various sectors of the economy, which contributes to the creation of suitable conditions for human life. Attention is drawn to the fact that forest resources include both wood, technical raw materials, and food and feed resources. Together with other natural resources, forest resources are an integral part of the productive forces of the country, directly participate in economic development, in meeting the social needs of society, act simultaneously as a means of production, an object and a product of labor. In forestry, the forest acts as an object of labor, namely as an object that a person influences in the labor process and which is the material basis of the future product. The scientific work is aimed at studying forest plantations, reconstruction of stands, as well as felling of forests in order to form landscapes in order to obtain forest products.*

Keywords: resources, forest, wood, raw materials, materials, forest products.

Анотація. *У цій статті описується структура лісових ресурсів та наводиться їх характеристика. Доведено, що ліси використовують як ресурсний матеріал для розвитку різних галузей економіки, що сприяє створенню придатних умов для життя людини. Звертається увага на те, що до лісових ресурсів належить як деревина, технічна сировина, так і харчові та кормові ресурси. У сукупності з іншими природними ресурсами лісові ресурси являють собою складову частину продуктивних сил країни безпосередньо беруть участь в економічному розвитку, у забезпеченні соціальних потреб суспільства,*

⁵⁵ Науковий керівник – Малик В. М. д.ф. з педагогіки, викладач кафедри української та іноземних мов

виступають одночасно як засіб виробництва, предмет і продукт праці. У лісовому господарстві ліс виступає як предмет праці, а саме як об'єкт, на який людина впливає в процесі праці і який є матеріально-речовою основою майбутнього продукту. Наукова робота спрямовується на дослідження насаджень лісового фонду, реконструкції деревостанів, а також здійснення вирубки лісу з метою формування ландшафтів з метою одержання лісопродукції.

Ключові слова: ресурси, ліс, деревина, сировина, матеріали, лісопродукція.

Introduction. Forest resources are a set of material benefits of the forest that can be used without harming the environment and with the greatest economic efficiency. The entire variety of components of forest resources, depending on their purpose and characteristics of use, can be combined into the following groups: raw material resources of wood origin (wood, woody greenery, bark), non-wood resources (mushrooms, berries, fruits, nuts, medicinal resources, fodder and technical resources of non-woody vegetation, etc.), animal resources (beneficial and harmful forest fauna, eggs, honey, horns, wild animals, etc.); the multifaceted useful functions of the forest and its positive impact on the environment. Forestry is one of the important sectors of the national economy of the country, in addition to the significant ecological and recreational value, the value of forest resources lies in the unique combination of natural resources (minerals, landscapes, water sources, forests, etc.), forests acquire an important importance as a means of environmental protection. Forests are of extremely important importance for the economic potential of the region.

The purpose of the article. is to present global data on forest plantations resources and analyze the structure of forest resource distribution on the example of Vinnytsia region forest lands.

An overview of the main material. Forest resources occupy one of the leading places in the resource base of the economy of Ukraine (fig. 1). Among the interindustry complexes, the weight of the forest production complex in terms of production volumes is 2,8%, in terms of the number of employees – 4.6%, in terms of the cost of fixed assets – about 2%.

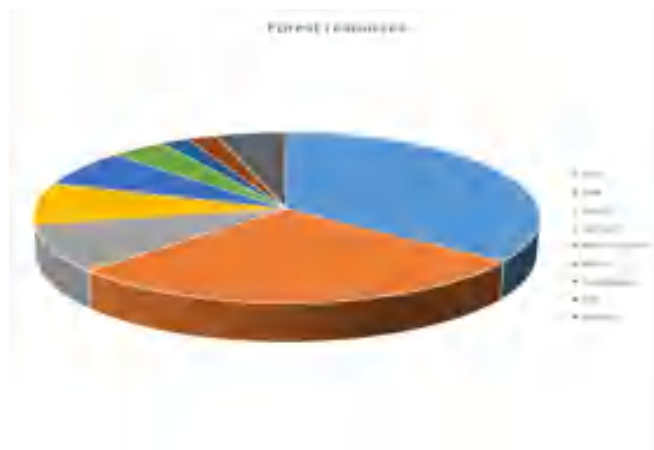


Fig.1. Forest resources [7]

The forest complex is connected with more than 100 industries by supplies of finished products and timber. Ukraine does not have significant reserves of forest resources, which are the basis for the development of the forest industry complex. Forest resources include timber, technical, food, fodder and other resources, as well as useful natural qualities of the forest – water protection, protective, climate- regulating, sanitary and hygienic, and health-improving [1].

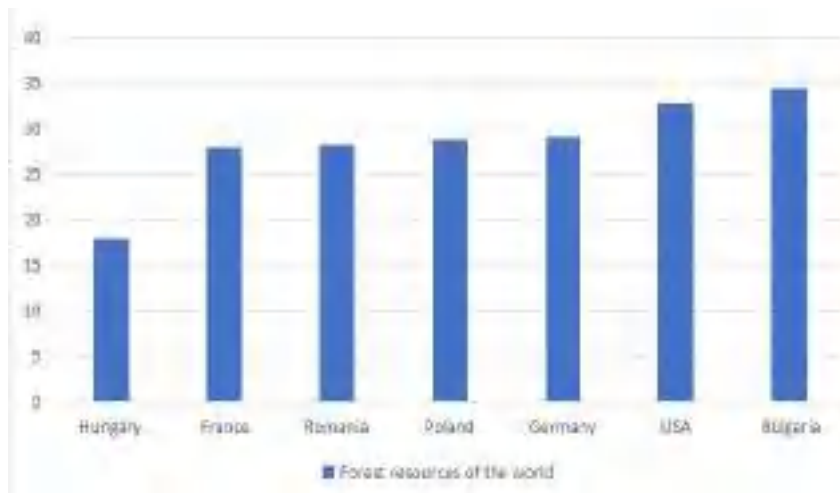


Fig.2. Forest resources of the world [7]

The total area of the forest fund of Ukraine is about 10 million hectares, including covered with forest – 8,6 million ha. The country's forest cover reached only 14.3%, which is significantly less than the forest cover of most developed countries of the world (Hungary – 18%, France – 27.8%, Romania – 28.1%, Poland - 28.7%, Germany – 29%, USA – 32.7%, Bulgaria – 34.4%) (fig. 2).

The uneven distribution of forest resources is a consequence of various natural conditions, but to a greater extent – the impact of human economic activity, which led to the destruction of forests. Thus, only in the period 1814 – 1914, the area of forests decreased by a third [2].

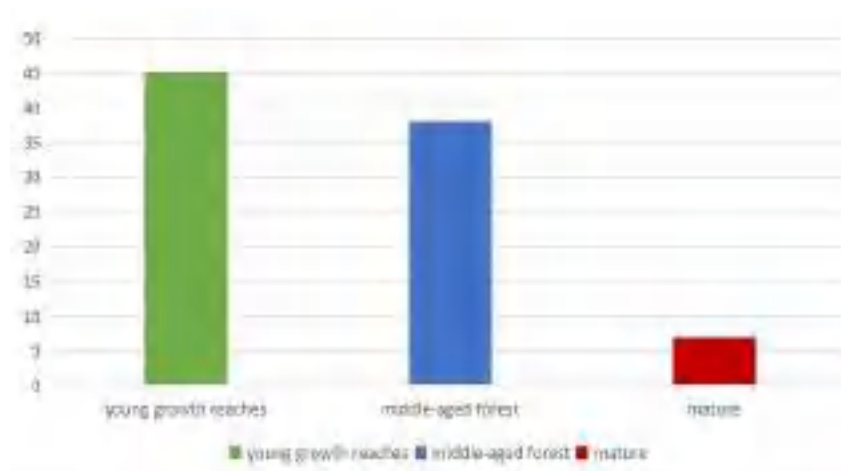


Fig. 3. Deforestation during the Second World War [2]

Total deforestation during the Second World War (fig. 3) and in the post-war years led to an uneven distribution of the area covered by forest by its growth groups: young growth reaches 45%, middle-aged forest – 38%, mature – 7%, while the optimal values of these indicators should be respectively 32 %, 34 %, 17 %. Particularly intensive felling is carried out in pine and oak plantations, in which mature forest accounts for less than 4%. In general, mature forests occupy an area that is 2.5 times less than the optimal one, and in pine forests - 7 times less. On the territory of Ukraine, valuable coniferous (pine, spruce, fir) and hardwood species prevail, among which oak, beech, sycamore, and ash are especially valuable. Maple, cherry, and pear are often found, which provide valuable raw materials for the furniture industry.

According to their economic significance and functions, the forests of Ukraine are divided into two groups. The first group (48% of the forest area) includes water protection, protective, sanitary and hygienic and health forests, as well as forests of special purpose. Wood in the forests of the first group is harvested during forestry activities – felling, sanitary and reforestation felling of mature forests [1]. The second group (52%) includes forests that have a protective and marginal operational purpose.

The largest number of reserve lands is located in the southern and southeastern regions, where the forest cover of the territory is 2-2,5 times lower than optimal, and the forest area per capita is 2-10 times lower than the norm [3].

The forest complex includes three industries: forestry, woodworking, pulp and paper. The most developed in the forest industry is logging and forestry chemical production [4].

The main task of the forest industry and other branches of the forest complex at the current stage of development of the Ukrainian economy, which is characterized by aggravation of economic and environmental contradictions, is to increase production volumes through the comprehensive and effective use of the forest fund and the use of wood resources [5].

The stabilization of logging volumes has important economic, environmental, and social significance, since forests are a valuable component of nature, a factor that stabilizes the environment. Reducing deforestation contributes to improving the climate, strengthening and increasing the productivity of agricultural lands.

The woodworking industry includes enterprises that carry out mechanical and chemical-mechanical processing, as well as wood processing. Three groups of industries are distinguished within the woodworking industry: the first – industries that carry out primary wood processing (sawmills, sleeper sawmills); the second – secondary processing of wood (parquet, plywood, furniture, chipboard, matches, standard houses and parts, etc.); the third – chemical and mechanical processing of wood (fiberboard, wood plastics).

The woodworking industry is an important branch of the forest complex. Its enterprises produce mainly consumer goods.

However, a significant part of the products of the woodworking industry is consumed in the national economy as objects and tools. The products of the woodworking industry are used by the construction industry, transport, agriculture, and almost all branches of industry [2].

The pulp and paper industry has a clear social orientation, since its products contribute to a more complete satisfaction of the population's needs for goods, its cultural and spiritual development. Products of the pulp and paper industry are an effective substitute for solid wood. Therefore, the accelerated development of the pulp and paper industry makes it possible to save wood resources, improves the structure of wood consumption and preserves forests. In terms of per capita consumption, Ukraine lags behind industrially developed countries (in 1990, paper production per capita was 7 kg, while in many developed countries it was over 100 kg, in the USA it was 300 kg) [5].

The branches of the forest complex include forestry, the main task of which is the reproduction of highly productive forests, multifunctional, their protection and conservation. The forest industry has few highly specialized enterprises that would be engaged only in forest cultivation, forest protection and conservation.

Forest cultivation is characterized by a long production cycle. The cultivation of mature birch, hornbeam and aspen stands lasts 40-50 years, pine, spruce and fir – 70-90 years, oak, beech – 100-120 years. This gives rise to a number of economic problems, planning of production costs, financing of afforestation on the rails of a market economy (planning of production costs, financing of afforestation costs, material incentives for efficient forest use, environmental, economic assessment of forest resources, pricing issues, etc.), which have not yet been resolved [6].

The process of forestation occurs mainly under the influence of natural factors (soil fertility, climate, etc.), their impact on forestation is much greater than in agriculture, therefore they need to be studied in particular depth. Errors at the beginning of the production cycle have long-term negative economic and environmental consequences, they must be identified and eliminated in the first years of forestation.

In the conditions of independence of Ukraine, the forest industry is of particular importance for increasing the level of the state and population's sufficiency in forest products and improving the ecological situation by increasing the volume of forest plantations.

According to preliminary data, due to the reduction in the volume of forest industry production, Ukraine will not receive (in round calculation) about 6 million m³ of forest raw materials and about 22% of the products produced from it.

In Ukraine, the intensity of use of forest resources is the lowest among European countries. Ukraine does not obtain significant volumes of wood in the forests of non-specialized fund holders (collective farms, urban forests and parks, military forestry farms), as well as in protective strips of fields, rivers and reservoirs.

One of the reasons for the slowdown in the development of rational technologies and improvement of the sectoral structure of forest industry production was the perverse orientation towards the supply of wood and products made on its basis from other regions. Therefore, the production of boards, cardboard and progressive packaging has not achieved proper development in our country.

A paradoxical situation has arisen when, at the expense of our own resources, the state's needs in wood raw materials and forest industry products are satisfied only

by 1/3, while wood waste is used here by 50-60%, and the use of biomass is significantly lower than in developed countries.

With the transition to market relations and Ukraine's independence, increasing the degree of satisfaction of its needs in forest products at the expense of local resources becomes particularly urgent, since to maintain the existing level of production, it is necessary to annually purchase wood and its products in the amount of up to 4 billion USD. With the current structure of forest product consumption, the need for it in 2005 will increase (compared to 1997) by 15%, and its own resources of virgin forest will expand by only 1,5% by this time, i.e. the gap between local forest raw material resources and the need for them will become even greater [3].

Studies of the structure of wood needs for the production of the main types of products have shown that in the future the need for lumber will noticeably decrease, and in progressive types of forest products (wood panels, pressed products, cardboard, paper, etc.) – will increase several times.

The development of these industries that use secondary resources (wood waste, waste paper, shingles, etc.) will ensure an increase in the completeness and efficiency of the use of wood biomass, as well as the production of substitutes for solid wood.

The balances of production of forest industry enterprises and consumption of timber and forest products in Ukraine indicate that in 1990-1996 their supplies from other republics decreased by 38%. Moreover, a characteristic feature is the reduction in the import of timber in unprocessed form: commercial timber – more than 2 times, sawn timber – by 33%, firewood – 6 times, other sawn timber – by 1/3. Imports of glued plywood decreased by 3 times, while imports of particleboard increased by 4 times, fiberboard – by 6 times, cardboard – by 4.5 times, and paper – by 2 times. The increase in imports of products of deep chemical and mechanical processing of wood has been particularly evident in recent years and is a progressive phenomenon in trade and economic relations between the countries of the former Soviet Union. But in the conditions of Ukraine's economic independence, such a volume of its supplies also has negative consequences - due to the unstable pricing policy due to the instability of the national currency [5].

The annual export of timber outside the country is about 1 million. m³ (in conventional calculation). This is a small amount of beech and oak wood, as well as certain types of paper and cardboard.

Increase in production volumes at enterprises of the forest industry, and namely in the forest, woodworking and pulp and paper industries, is possible by increasing the completeness of the use of all biomass of wood, secondary and other fibrous materials and the use of substitutes.

Nowadays when Ukraine is going through difficult times, when the economy is in decline and is smearing in most sectors of the national economy, there are many various problems, the economic state of enterprises of the forest industry and the forest complex as a whole leaves much to be desired better.

The instability of the Ukrainian economy and national currency, the lack of working capital and financial assets of enterprises lead to a constant decrease in the volume of products produced, their quality and competitiveness in the market.

Further development of the forest industry requires a complete radical reform, which includes the replacement of physically and morally obsolete equipment, providing enterprises with working capital, developing effective, rational technologies, and rational use of waste.

Unfortunately, today, the state has a significant deficit of funds and therefore there is no reason to hope for reform in the near future of the forest industry and the national economy as a whole.

The use of forest resources is divided into main and intermediate. The main use of forest is the process of harvesting wood in ripe and overgrown forests. Intermediate use of forest is carried out in the process of forest care, sanitary felling and felling associated with the reconstruction of low-value forest stands. The main use of the forest must be carried out within the limits of the calculated felling area. The wood harvested during the main felling process is used to the fullest extent. In most integrated forestry enterprises of Ukraine, logging waste is used for the manufacture of products (technological chips, vitamin flour, consumer goods, etc.), as fuel and for environmental needs (slope reinforcement, forest soil enrichment, etc.) [4].

The use of wood harvested in the process of intermediate forest use is much worse. Thus, the coefficient of use of potential wood resources from sanitary and selective felling at the enterprises of the Ministry of Forestry of Ukraine in 1991 was 0.954, through – 0.954, thinning – 0.920, lighting and cleaning – 0.500. The low level of use of wood from intermediate forest use felling is associated with the low quality of raw materials from which it is difficult to produce final products (chipboard, fiberboard, cellulose, paper, etc.).

Table 1. The share of Vinnytsia region forestry in the administrative division [7]

Name of forestry, location	Administrative district	Area, hectares	Percentage share, %
State-owned enterprise «Vinnytsia Forestry Enterprise»	Vinnytsky	11121,5	45,1
	Kalynivski	6825,3	27,6
	Zhmerynskyi	1092,6	4,4
	Nemyrivskyi	1614,8	6,5
	Tyvrivskyi	4024,1	16,3
	m.Vinnytsia	8,0	0,03

In table 1 we see that the total area of SE «Vinnytsia Forestry Enterprise» is 24686,3 hectares. Including, the share in Vinnytsia district is 45.1%, in Kalynivski – 27,6%, in Tyvrivskyi district – 16,3%, in Nemyrivskyi – 6,5%, in Zhmerynskyi – 4,4%, in the city of Vinnytsia – 0,03%. Forests in the district are located in separate forest tracts among agricultural lands.

Forest resources of Vinnytsia region are an important component of its natural environment and economy. The region's forests belong to the Central European type, with a forest cover of 13,8%, which is slightly below the optimal indicator of 15%. The basis of forest plantations is oak forests, which occupy about 80% of the area.

Modern research focuses on the ecological assessment and resource-saving potential of forest resources of the region, as well as on the development of recommendations for increasing the efficiency of forestry activities.

An important aspect is reforestation and afforestation. Analysis of the history of these processes in the territory of Eastern Podillia allows us to distinguish nine periods of economic development of forest lands in Vinnytsia, which emphasizes the evolution of approaches to forest use and the need to implement modern methods to ensure sustainable development of forestry. Preservation and rational use of forest resources in Vinnytsia region are key to maintaining ecological balance and economic development of the region.

Conclusions. The current state of the forest resource potential of Ukraine and the regions cannot be considered satisfactory either in terms of the need for raw materials or in terms of ensuring the stability of the ecological situation. Currently, in order to optimally meet the needs of the existing capacities of the woodworking and pulp and paper industries in raw materials, there is a need to import wood raw materials from outside Ukraine. In the near future, due to the increase in forest areas, there are real opportunities to provide consumers of Ukraine with their own forest resources. It is necessary to follow the path of growing highly productive plantations of the required species composition, improving their quality and corresponding growth. The forest requires constant care for it, sanitary cleaning from clutter. Forest felling should be carried out according to the calculated felling rate, that is, the growth of the forest should exceed its production felling.

List of used sources

1. Ryabchuk V. P. Non-timber forest products. L., 1996. P. 47-49.
2. Tkach V. P. Forests and forest cover in Ukraine: current state and prospects for development in 2012. P.133–137.
3. Vakulyuk P. G., Samoplavsky V. I. Reforestation and afforestation in Ukraine: Prapor, 2006. P. 18–21.
4. Tkach V. P., Meshkova V. L. Current problems of optimizing forest cover in Ukraine. *Forestry and agroforestry*, 2008. 113 p.
5. Shvidenko A. Y., Ostapenko B. F. Forestry: Textbook. Chernivtsi: Zelena Bukovina, 2001. P. 349–352.
6. Svyrydenko V.E., Kyrychok L.S., Babich O.G. Forestry: Textbook. K.: Aristei, 2008. P. 464–468.
7. Державне агентство лісових ресурсів України. URL: <https://forest.gov.ua/>

Заріна ПЕРВАЧУК⁵⁶,
студентка 2-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
ННІ Агротехнологій та природокористування,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ВЕРТИКАЛЬНЕ ОЗЕЛЕНЕННЯ: ІСТОРІЯ ПОХОДЖЕННЯ ТА ВИБІР РОСЛИН ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ САДІВ

***Анотація.** Ця стаття присвячена підбору рослинного асортименту, історії походження вертикального озеленення та його сучасне уявлення. Мета цієї теми – це розкриття історії розвитку вертикальних садів від легендарних Висячих садів Семіраміди до нашого сьогодення. Окрім історії походження, в статті розглядатимуться важливі аспекти підбору рослин у вертикальних садах.*

В умовах сучасної щільної забудови міст все більше спостерігається зниження екологічних показників в містах, це пов'язано зі скороченням площі міських зелених насаджень, тому дане озеленення набуває все більшої популярності, оскільки за допомогою нього можна підвищити художню виразність інтер'єру та вдосконалити функціональну організацію. В Україні цей вид озеленення набуває все більшої популярності через екологічні та естетичні переваги (у зв'язку зі зміною клімату та даної ситуації, яка зараз відбувається в країні, зростаючою урбанізацією та обмеженням простором)

У результаті представлені дані про еволюцію розвитку та вплив вертикального озеленення, знання критеріїв вибору найбільш підходящих рослин та використання даного матеріалу на практиці.

***Ключові слова:** вертикальне озеленення, фітостіна, ліани, клематис, іпомея.*

***Annotation.** This article is devoted to the selection of plant assortment, the history of the origin of vertical gardening and its modern presentation. The purpose of this topic is to reveal the history of vertical gardens from the legendary Hanging Gardens of Semiramis to the present day. In addition to the history of the origin, the article will discuss important aspects of plant selection in vertical gardens.*

In the context of modern dense urban development, there is an increasing decline in environmental performance in cities, which is associated with a reduction in the area of urban green spaces, so this landscaping is becoming increasingly popular, as it can enhance the artistic expressiveness of the interior and improve the functional organisation. In Ukraine, this type of gardening is becoming increasingly popular

⁵⁶ Науковий керівник – Антоніна Піддубна доктор філософії з агрономії, асистент кафедри лісового та садово-паркового господарства ВНАУ.

because of its ecological and aesthetic benefits (due to climate change and the current situation in the country, growing urbanisation and limited space)

As a result, the article presents data on the evolution of development and influence of vertical gardening, knowledge of the criteria for selecting the most suitable plants and the use of this material in practice.

Keywords: *vertical landscaping, phytostina, vines, clematis, morning glory.*

Вступ. Вертикальне озеленення або фітостіни— це один із способів озеленення ділянки яке побудоване на комплексі заходів адаптації міста до зміни клімату. Вертикальне озеленення повинне гармонійно вписуватись в загальну концепцію дизайну ділянки, оскільки воно стає більш затребуваним у сучасних містах.

Україна, як і інші країни світу, відчуває на собі наслідки зміни клімату та зростаючої урбанізації. У зв'язку з цим вертикальне озеленення набуває все більшої популярності завдяки своїм екологічним та естетичним перевагам. Вертикальні сади допомагають зменшити рівень забруднення повітря, підтримувати оптимальний мікроклімат у приміщеннях, зменшити рівень шуму, ефект «теплового острова», поглинаючи сонячну радіацію та випаровуючи воду та створити приємну атмосферу для відпочинку та роботи. Окрім екологічних переваг, вертикальне озеленення має значний естетичний потенціал. Воно може перетворити сірі бетонні стіни на живі зелені оазиси, створюючи приємну та затишну атмосферу. Правильний вибір рослин для вертикального саду є ключовим фактором успіху. Необхідно враховувати кліматичні умови, освітленість, доступність води та особливості архітектури будівлі.

Виклад основного матеріалу. Одним з найяскравіших прикладів виконання вертикального озеленення є легендарні Висячі сади Семіраміди (рис.1), які згадуються ще у вавилонських записах і вважаються одним з семи чудес Стародавнього світу.



Рис. 1. Висячі сади Семіраміди

Історія використання вертикального озеленення на фасадах будівель бере початок ще за 3000 років до нашої ери у Стародавньому Єгипті. В той час цінували приватність і захист від палючого сонця. Для цього садові хатини облаштовували кам'яними стінами та стовпами, які поступово вкривалися інжиром, гранатом, материнкою, виноградною лозою, бур'янами, акацією,

плющем, чорницею, трояндами, ірисами, нарцисами, лавром, папірусом та іншими рослинами. Стародавні римляни (близько 750 р. до н.е. – 470 р. до н.е.) висаджували виноградну лозу на стінах своїх вілл і дерев'яних решітчастих конструкцій, а в'юнкі троянди були символом їхніх прекрасних таємних садів.

В епоху Відродження, романтичні алеї та переходи з однієї частини парку в іншу прикрашалися арками з ампельних рослин, у результаті чого утворювався зелений коридор.

У XVI-XVIII століттях (епоха Бароко та класицизму) широкого поширення набули садові трельяжі – ґратчасті стіни, які або служили опорою для витких рослин, або основою для розміщення квітів у горщиках. Озеленення використовувалося для оформлення скульптур і ніш, альтанок і пергол (садове накриття, набірна конструкція з повторюваних секцій арок, з'єднаних між собою поперечними брусами, для захисту проходу від палючого сонця, огорож і зовнішніх стін будівель).

Опираючись на історію, можна зробити висновки, що розпал розвитку пейзажного мистецтва в Україні припадає на XVII, і тому сліди варто шукати як на Сході, так і на Заході. Можна виділити декілька парків при резиденціях відомих (на той час) діячів:

Пейзажний парк в Яготині – він знаходився на Полтавщині і був одним з резиденцій К.Г. Розумовського. За словами очевидця А. Глаголева, парк мав такий вигляд «вкритого густим лісом; флігелі, які складаються з окремих будинків, висуюються уступами на зелену площу двору; від них проведені через сад алеї. Правий бік саду складається з алеї, які в'ються в різних напрямках ...»

Садиба Хатень (Харківська обл.). Ця забудова представлена садибою яка розташована на великому пагорбі. Сам парк розпочинався широкою алеєю і пропілеєм (від гр. *переддвір'я*) у вигляді двох пілонів.

З часом вертикальне озеленення ставало все популярнішим, що спонукало до впровадження детальних рекомендацій щодо підбору рослин. Найвідомішими аспектами підбору рослин у вертикальному озелененні є:

Функціональні аспекти: рослини повинні виконувати певні функції, захист від шуму, пилу, сонця або вітру. Для прикладу в'юнкі рослини, що можуть створювати природний бар'єр.

Екологічні аспекти: важливо вибирати рослини, які добре адаптовані до місцевих умов і не потребують сильного догляду та великої кількості води або добрив. З такими видами ми можемо допомогти зберегти природні ресурси та зменшити вплив на навколишнє середовище.

Декоративні аспекти: рослини повинні виконувати естетичну роль - бути привабливими та гармонійно вписуватися в загальний дизайн. Важливо враховувати кольорову гаму, текстуру листя та квітів.

Систематичні аспекти: рослини повинні бути сумісними між собою за вимогами до поливу, освітлення та догляду. Це допоможе створити стабільну та здорову екосистему.

Існує безліч методів створення вертикального озеленення, а також різноманітні конструкції для його реалізації. Щоб облаштувати зелену

вертикальну стіну, необхідно заздалегідь спроектувати та встановити опору, яка підтримуватиме плетисті рослини. Для цього можна використовувати різні конструктивні елементи, серед яких найбільш популярні:

Живоплоти або живі огорожі (hedges) – один із найдавніших прийомів в садово-парковому та ландшафтному будівництві, який має як естетичне так функціональне значення в декоративному саду.

Перголи у класичному вигляді складаються із чотирьох опорних стовбурів. Зверху на них спираються відкриті ґрати. При їх виготовленні надають перевагу дереву, оскільки від добре поєднується з різними стилістичними концепціями [2].



Рис. 2. Оформлення фасаду стіни за допомогою рослинності

Мотузкова натяжка. Вона має два опорні елементи, що вкопуються в ґрунт або бетонуються, між опорами натягується дріт, ниткові канати чи ланцюги.

Арка – цей елемент у ландшафтному дизайні представлений як перекриття, що з'єднує верхні точки двох опор. Його можна робити за допомогою різних матеріалів, створювати з каменю та бетону, цегли та дерева. Використовуючи арки, дизайнери часто з'єднують дві частини саду, формують перехід із однієї зони до іншої.

Підвісні контейнери. Для їх створення використовуються ємності різної форми та різного розміру. Вони підвішуються на кріплення за допомогою ланцюжків або канатних мотузок, заповнюються ґрунтом, до якого були попередньо підмішані мінеральні добрива. Для посадки вибираються рослини, здатні легко переносити спеку та посуху, бути стійкими до вітру.

Квіткові контейнери використовуються там, де немає можливості організувати звичайні квіткові клумби. Часто у такий спосіб декоруються відкриті тераси, парадний вхід до будинку, створюються міні композиції, які доповнюють рабатки (прямокутний квітник у вигляді вузької (шириною до 2-3 метрів) смуги вздовж паркану, огорожі або доріжки з одним або декількома видами рослин) чи міксбордери (гармонійна комбінація певних видів рослин, висаджених в конкретній зоні на конкретній території), пов'язуючи квіткове оформлення в одне єдине ціле та створюючи мігруюче озеленення, що допомагає, за необхідності, проводити зміну декорацій.

Рослини що використовуються при даному озелененні:

Дівочий виноград (*Parthenocissus*) широко використовують у ландшафтному дизайні у містах та за містом завдяки своєму швидкому росту і густому листяному покриву [2]. Він ідеально підходить для вертикального озеленення стін будинків, парканів, балконів. Завдяки своїм вусикам і присоскам він буде міцно чіплятися майже за будь яку поверхню поблизу. Дана ліана добре переносить міські загазовані умови і різну освітленість місця росту. Щільний листяний покрив, який утворює дівочий виноград на стінах, є надійним захистом від пилу, шуму та вітру. Багатьом різновидностям даного винограду є освоєння вертикального простору тобто потрібні спеціальні опори. Найбільш придатні для цього сітки з металу або дерева з осередками.

Клематис або ломиніс (*Clematis*) - це чудова рослина для вертикального озеленення, яка має безліч переваг. Різноманітність видів, це дозволяє створювати різноманітні композиції, які прикрашатимуть будь-який вертикальний простір. Також існують сорти, які цвітуть навесні, влітку та восени, що дозволяє насолоджуватися цвітінням протягом усього сезону. Клематиси використовуються для озеленення стін, альтанок, огорож та інших вертикальних поверхонь. Через великий асортимент сортів, вони можуть рости як на сонці, так і в півтіні, що робить їх універсальними для різних умов. Вони мають красиві та яскраві квіти, які привертають увагу. За їх допомогою можливо створити романтичну та затишну атмосферу в саду або на балконі.

Іпомея (*Ipomoea*) – це чудова однорічна ліана, яка широко використовується у вертикальному озелененні завдяки своїй швидкості росту, універсальністю та яскравим квітам і невибагливістю.

Плющ (*Hedera*) практично всі представники мають гарну листову пластину, яка залежно від сорту пофарбована у різні кольори. Є варіанти зеленого листа з білими плямами, з жовтою окантовкою, смугастими і т.п. Завдяки цьому паркан можна пожвавити і зробити не таким одноманітним. Рослина вічнозелена, тому композиція не втрачає декоративності взимку. Спочатку плющу необхідно наростити зелену масу, а далі він тільки гарнішає [4].

Актинідія (*Actinidia*) – це не лише смачна та корисна ягода, але й чудова рослина для вертикального озеленення. Її ліано-подібні пагони здатні швидко обвивати опори, створюючи густий зелений килим. Перевага у використанні її в тому, що весь літній період вона має красиве зелене листя, яке осінню набуває жовтого забарвлення. Окрім декоративності її плоди смачні і містять високий вітамін С. Оскільки актинідія це ліана, то її використовують у прикрашанні альтанок, загорож, озелененні стін та інших вертикальних об'єктів.

Лимонник китайський (*Schisandra chinensis*) це декоративна ліана з дуже смачними ягодами, які мають безліч корисних властивостей. Листя рослини досить ароматне і його можна використовувати для чаю [3].

Висновок. Для успішного вертикального озеленення потрібно не лише розуміти історію, але й ретельно підбирати рослини, враховуючи їхні функції, вплив на екологію, зовнішній вигляд та сумісність. Також важливо правильно вибрати конструкції для вертикальних садів, такі як живоплоти, перголи,

мотузкові натяжки, арки чи підвісні контейнери. Вибір рослин для вертикального озеленення повинен базуватися на їхній здатності пристосовуватися до місцевих умов, декоративних якостях та здатності виконувати певні завдання, наприклад, захищати від шуму, пилу та сонця.

Отже вертикальне озеленення – це не тільки корисний інструмент для покращення екології міст, але й є чудовим способом для створення красивих та комфортних просторів.

Список використаної літератури

1. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць: підручник, Львів, 2005. 456 с.
2. The history of vertical gardens: веб сайт URL: <https://verticallygreen.wordpress.com/600-english/history/> (дата звернення: 04.03.2025.)
3. Прокопчук В.М., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Особливості підбору декоративних культур закритого середовища для проектування фітомодуля в умовах інтер'єру. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. Вип. 12. С. 142–153.
4. Білоус В.І. Декоративне садівництво (основи квітництва, днедрології та озеленення): Підручник. Умань, 2005. 296 с.

Катерина КРИМЕЦЬ⁵⁷,
студентка 3-го року навчання,
факультету екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОРІЧНИХ КВІТКОВИХ РОСЛИН В КВІТНИКАРСТВІ, ЇХ ВИДИ ТА ДОГЛЯД.

Анотація. *Стаття розглядає особливості використання багаторічників у ландшафтному дизайні, акцентуючи увагу на їхній декоративності та простоті догляду. У ній подано поради щодо вибору, посадки та догляду за різними видами багаторічників, а також описані основні принципи створення гармонійних квітників, зокрема, правильне поєднання рослин з різними термінами цвітіння, мульчування, підживлення, полив і ділення рослин. Крім того, стаття звертає увагу на важливість підтримання естетичної завершеності саду через такі деталі, як підрівнювання країв клумб та використання опор для високих рослин.*

⁵⁷ Науковий керівник – Антоніна Піддубна доктор філософії з агрономії, асистент кафедри лісового та садово-паркового господарства.

Ключові слова: багаторічники, ландшафтний дизайн, квітники, догляд за рослинами, підживлення, мульчування, полив, ділення рослин, декоративні рослини, садовий дизайн.

Annotation. The article discusses the use of perennials in landscape design, focusing on their ornamental value and ease of care. It provides advice on the selection, planting, and maintenance of different perennial species, as well as the main principles of creating harmonious flower beds, including the proper combination of plants with different blooming periods, mulching, fertilization, watering, and plant division. Additionally, the article emphasizes the importance of maintaining the aesthetic completeness of a garden through details such as edging flower beds and using supports for tall plants.

Keywords: perennials, landscape design, flower beds, plant care, fertilization, mulching, watering, plant division, ornamental plants, garden design.

Вступ. Багаторічні квіткові рослини – це основа ландшафтного дизайну та декоративного озеленення. Вони мають низку переваг перед однорічниками, що робить їх незамінними в декоративному озелененні. Перш за все, вони не потребують щорічного пересівання чи висадки, оскільки можуть рости на одному місці протягом багатьох років, зберігаючи свою декоративність. Це значно економить час і зусилля садівника, а також зменшує витрати на посадковий матеріал.

Ще одна важлива перевага – стійкість і витривалість

Багаторічники краще адаптуються до змін клімату, стійкі до захворювань і шкідників, а їхня коренева система сприяє покращенню структури ґрунту, запобігаючи його ерозії.

Завдяки великому розмаїттю форм, висоти та кольорів, ці рослини дозволяють створювати гармонійні та довговічні композиції, які залишаються привабливими протягом усього сезону.

Крім того, багаторічні квіти чудово поєднуються з однорічниками та іншими рослинами, що дає змогу змінювати вигляд клумб без порушення загальної структури насаджень. Вони також сприяють екологічному балансу саду, оскільки забезпечують довготривале цвітіння, приваблюючи комахзапилювачів та створюючи сприятливі умови для навколишнього середовища. Завдяки всім цим перевагам багаторічники є ідеальним вибором для тих, хто прагне створити красивий, доглянутий і водночас маловитратний сад.

Виклад основного матеріалу. При створенні саду з багаторічних рослин важливо врахувати кілька ключових аспектів, які впливають на їхній ріст, розвиток і загальний вигляд композиції. Перш за все, потрібно правильно обрати місце для посадки. Кожна рослина має свої вимоги до умов зростання, і навіть найкрасивіша квітка не покаже своєї декоративності, якщо її розмістити у несприятливому середовищі. Наприклад, світлолюбні види не слід садити у тіні дерев чи з північного боку будівель, а вологолюбні культури не зможуть розвиватися на відкритих, сонячних і сухих ділянках.

Не менш важливим є вибір самих рослин. Він повинен відповідати не лише естетичним уподобанням власника, а й умовам ділянки. Перед покупкою варто оцінити тип ґрунту, рівень освітлення, доступність вологи та визначити, скільки часу можна приділяти догляду за рослинами. Також варто врахувати стиль саду – у формальному ландшафті доречні акуратні, симетричні композиції, а в природному – вільне розташування рослин. Окрему увагу слід приділити морозостійкості, щоб рослини змогли добре пережити зиму й порадувати своїм цвітінням наступного сезону.

Щоб багаторічники добре розвивалися, необхідно ретельно підготувати ґрунт. Оскільки вони залишаються на одному місці багато років, важливо створити для них оптимальні умови ще до посадки. Більшість видів найкраще ростуть у пухких, помірно удобрених суглинистих ґрунтах, багатих на органічні речовини.

Правильна посадка – ще один важливий етап. Дотримання рекомендацій виробника допоможе рослинам швидко адаптуватися до нових умов. Якщо рослини мають відкриту кореневу систему, їх краще висаджувати навесні або восени. А багаторічники, які продаються у контейнерах, можна висаджувати протягом усього вегетаційного періоду. Перед висадкою їх варто замочити у воді, щоб земляний ком добре наситився вологою, що значно полегшить процес пересадки і сприятиме швидкому укоріненню [1].

Тривалість життя багаторічних рослин залежить від їхнього виду та сорту. Більшість декоративних багаторічників радують своєю красою від 3 до 4 років, після чого потребують оновлення або поділу для збереження декоративності. Водночас існують рослини, які можуть зростати та цвісти на одному місці понад 15 років, як, наприклад, півонії.

Деякі багаторічники мають подовжений період зростання і в перші кілька років після посадки можуть не цвісти, оскільки витрачають сили на розвиток кореневої системи та нарощування зеленої маси. Окрім квіткових культур, до багаторічників належать також чагарники, листяні та хвойні дерева, які можуть жити десятиліттями, поступово збільшуючись у висоту та формуючи неповторний вигляд саду [2].

Багаторічні квіткові рослини здатні конкурувати з однорічниками за яскравістю та декоративністю. Вони формують розкішні квітучі композиції, а деякі з них здатні радувати своїм цвітінням усе літо, аж до перших заморозків.

Гвоздики (*Dianthus*) починають цвісти на початку літа і продовжують аж до осені чи навіть перших приморозків. Для безперервного цвітіння варто обирати морозостійкі низькорослі сорти. У декоративному озелененні найчастіше використовують гвоздику-трав'янку, що формує густі килими з пишними суцвіттями, китайську гвоздику з великими барвистими квітками або посухостійку уральську гвоздику, яка добре росте навіть на бідних ґрунтах.

Лісова шавлія (*Salvia nemorosa*) цвіте з червня по вересень, формуючи видовжені суцвіття завдовжки 20–40 см. Вона утворює компактні куртини, що чудово підходять для бордюрних насаджень. Щоб подовжити період цвітіння, в

серпні рекомендується видаляти зів'ялі суцвіття. Ця рослина не лише декоративна, а й медоносна, залучаючи в сад корисних комах-запилювачів.

Астранція (*Astrantia*) починає квітнути в червні й зберігає декоративність до вересня, особливо якщо своєчасно видаляти зів'ялі квітки. Її суцвіття мають незвичну парасолькову форму, а ніжні відтінки рожевого, білого чи пурпурного кольору надають їй елегантного вигляду. Астранція (*Astrantia*) невибаглива, добре росте як на сонці, так і в півтіні, що робить її універсальним вибором для саду.

Герань (*Geranium*) зацвітає з середини червня і квітне аж до осені. Її листя залишається зимуючим, додаючи декоративності навіть у холодний період. Завдяки невибагливості та тривалому цвітінню вона часто використовується для оформлення парадних квітників. При правильному догляді герань може рости на одному місці до 15 років, зберігаючи свою привабливість без пересадки.

Каролінський флокс (*Phlox carolina*) формує рясні суцвіття, що з'являються на початку літа й залишаються на рослині до кінця вересня. Висота цієї квітки сягає 60–70 см, а густе насичено-зелене листя гармонійно доповнює великі суцвіття, зібрані у волоті або щитки. Флокси чудово виглядають у міксбордерах та групових посадках, створюючи ефектні кольорові акценти.

Вербolistий (*Lythrum salicaria*) і прутоподібний дербенник (*Dropmore Purple*) починають квітнути на початку літа, а їхнє цвітіння триває до осені. Особливо привабливо ця рослина виглядає восени, коли її листя набуває насиченого червоного відтінку. Завдяки своїй висоті, що може досягати 1,5 м, дербенник ідеально підходить для створення фонового озеленення, особливо в композиціях біля водойм або вологих ділянок саду.

Шток-троянди (*Alcea Rosea*) – це високорослі рослини, деякі сорти яких квітнуть від початку літа до його завершення. Вони можуть досягати більше метра у висоту, а їхні великі квітки з ніжним ароматом надають саду класичного, трохи ностальгічного вигляду. Шток-троянди (*Alcea Rosea*) чудово виглядають уздовж парканів, стін або в групових посадках з іншими високорослими квітами [5].

Багаторічні рослини, які не цвітуть, можуть бути не менш ефектними, ніж квітучі культури. Декоративність їм надає унікальне листя: у деяких видів воно зберігає яскраве забарвлення протягом усього року, тоді як в інших поступово змінює відтінки, створюючи цікаві сезонні переходи.

Серед таких рослин можна знайти як високорослі, так і компактні варіанти, світлолюбні та тіньовитривалі, що дозволяє використовувати їх у найрізноманітніших умовах. Вони успішно ростуть як на легких, так і на важких ґрунтах, а їхні вимоги до догляду можуть значно відрізнятися – від вибагливих до майже невибагливих.

Серед таких багаторічників варто відзначити колеус (*Coleus*), який завдяки своєму тропічному походженню має дуже декоративне листя, схоже на листя кропиви, і вражає розмаїттям забарвлень. Колеуси (*Coleus*) можуть бути зеленими, жовтими, червоними, оранжевими, фіолетовими, причому їхнє листя часто має контрастні смужки, окантовку або плями. Це дуже невибаглива

рослина, яка потребує регулярного поливу. Колеуси (*Coleus*) легко розмножуються живцями протягом усього вегетаційного періоду, а квітки, хоча й невеликі, краще обрівати, оскільки вони забирають сили у листя, яке є основною декоративною частиною рослини.

Ще однією чудовою рослиною для саду є хости (*Hosta*). Ці трав'янисті багаторічники відомі своїм декоративним широким листям, яке може мати різні форми, розміри та забарвлення. Хости (*Hosta*) можуть бути як карликовими, так і великими, гігантськими рослинами. Вони чудово ростуть у тіні, не потребують складного догляду і легко розмножуються поділом кущів. Це ідеальний вибір для створення тихих, затінених ділянок саду.

Гейхера (*Heuchera*) також є чудовим представником багаторічників, які не цвітуть. Вона вражає своїм великим різьбленим листям, яке може змінювати забарвлення протягом вегетаційного періоду, додаючи саду динамічності та виразності. Гейхера (*Heuchera*) любить напівзатінені ділянки та родючі, слабокислі ґрунти з регулярним поливом.

Не можна оминати увагою й бруннеру (*Brunnera*), яка відома своєю здатністю адаптуватися до різних умов. Ці рослини вирізняються великою кількістю дрібних блакитних квіток і невибагливістю у догляді. Вони чудово ростуть як на родючих вологих ґрунтах на сонці, так і на затінених ділянках, де можуть похвалитися своєю декоративністю без особливих зусиль з боку садівника.

І, звісно, роджерсія (*Rodgersia*), рослина зі Східної Азії, яка приваблює не лише ароматними білими або рожевими пухнастими суцвіттями, а й великим рельєфним листям, яке змінює свій колір протягом сезону, від темно-зеленого до майже фіолетового. Листя роджерсії (*Rodgersia*) додає в сад не тільки текстуру, але й яскраві сезонні акценти.

Завдяки різноманіттю форм, розмірів і кольорів, ці багаторічники дозволяють створювати незвичайні декоративні композиції, які радують око весь сезон, навіть без квітів [4].

Дизайн саду багаторічників має на меті створення гармонійних та природних композицій, що радують око впродовж багатьох сезонів. Традиційно багаторічники висаджують у бордюри або групами, надаючи саду органічний вигляд. Бордюри – це витягнуті квітники правильної форми, які можуть варіюватися від 50 см до 1,5 м у ширину, зокрема класичний англійський бордюр, що став популярним на початку XX століття, має ширину до 2,5 м. Проте для приватних садів зазвичай створюються бордюри шириною близько 1 метра і довжиною 3,5–5 м. Вони найкраще розташовуються вздовж будівель, парканів або доріжок і можуть бути як однотипними, так і змішаними, де рослини повторюються за кольором чи формою для створення ритму та естетичної цілісності [6].

Групові посадки багаторічників, або острівні квітники, виглядають дуже природно, особливо на тлі зеленого газону. Такий квітник має м'які, плавні лінії без гострих кутів і, зазвичай, створюється таким чином, щоб ним можна було милуватися з усіх боків. Високі рослини висаджуються в центрі, а низькі –

навколо. Ідеальний розмір для таких груп – 2,5 на 6 метрів з центральними рослинами висотою до 1,5 м.

Особливе місце в ландшафтному дизайні займають кам'янисті сади, які відтворюють гірські ландшафти з альпійськими рослинами. Тіньові сади, розташовані під пологом високих дерев, додають природного вигляду ділянці, при цьому тут не підходять строгі геометричні форми чи регулярні посадки.

При виборі рослин для саду важливо звертати увагу на терміни цвітіння. Поєднання рослин з різними періодами цвітіння дозволяє створити тривалий декоративний ефект. Ідеальними є квітники, де рослини з однаковим кольором цвітуть одночасно, що підсилює їхній декоративний ефект.

Крім того, рекомендується розміщувати рослини в групах непарною кількістю з подібною текстурою або кольоровою гамою. Квіти не лише доповнюють загальний вигляд саду, а й підкреслюють його стиль, тому важливо ретельно продумати композицію. Якщо ви бажаєте включити в сад якнайбільше різноманітних рослин, важливо пам'ятати, що дизайн не повинен відставати від природної краси рослин.

Також варто визначити колірну гаму вашого квітника, враховуючи відтінки, які переважають у вашому домі або одязі, та гармонізуючи їх з оточенням і дорожнім покриттям. Повторення вибраних кольорів у різних елементах ландшафтного дизайну дозволить створити стильну, цілісну картину.

Вибір стилю оформлення саду, будь то формальний або пейзажний, залежить від вашого смаку та архітектури будинку. Важливим елементом є також поєднання різних форм і текстур, адже саме це надає саду унікальний настрій і характер.

Не бійтеся, якщо перший варіант вашого квітника не відповідає уявленням про ідеальний сад. Багаторічники чудово переносять пересадку, тому ви завжди можете змінити композицію і створити новий, ще більш гармонійний дизайн [3].

Хоч більшість квітучих багаторічників і є невибагливими, їхній догляд все ж потребує уваги, щоб сад залишався здоровим і квітучим. Ось сім основних кроків, які допоможуть вам підтримувати сад багаторічників у найкращому вигляді:

Підживлення. Перше підживлення проводиться навесні, коли рослини починають активно рости – використовують комплексні мінеральні або рідкі органічні добрива. Друге підживлення робиться під час бутонізації або початку цвітіння, особливо якщо цвітіння рясне, з акцентом на калій і фосфор. Третє підживлення застосовується в кінці цвітіння, коли готуються бруньки відновлення, і включає тільки калійно-фосфорні добрива. Пам'ятайте про особливості кожної рослини, консультуйтеся щодо агротехніки.

Полив. Сад багаторічників не потребує частого поливу, як город. При поливі стежте, щоб вода не потрапляла на листя та квіти, поливайте безпосередньо під корінь.

Мульчування. Мульчування не лише зберігає вологу в ґрунті і підтримує стабільну температуру навколо коренів, але й надає естетичний вигляд. Це

особливо важливо для захисту від зворотних весняних заморозків або літньої спеки. Замульчовані клумби виглядають доглянутими і завершеними.

Підрівнювання країв. Для надання саду акуратного вигляду обріжте краї квітника або встановіть бордюри. Це допоможе створити чітку, професійну межу і зробить ваш сад більш організованим.

Видалення зів'ялих суцвіть. Багато рослин після відцвітання формують насіннєві коробочки. Видалення зів'ялих суцвіть не лише покращує вигляд саду, але й стимулює повторне цвітіння. Однак, якщо ви плануєте збирати насіння для розмноження, ці суцвіття не варто видаляти.

Фіксація рослин. Високі або слабкі рослини, такі як дельфініуми і лілії, потребують підтримки під час цвітіння. Для цього використовуйте непомітні опори, наприклад, бамбукові стебла для вертикальних рослин або дротові фіксатори для кущових форм. Краще встановити опори навесні, коли рослини починають рости, щоб вони приховали їх під листям.

Ділення багаторічників. Для підтримки здоров'я рослин потрібно регулярно ділити їх, особливо якщо вони сильно розрослися. Ділення допоможе уникнути проблем з розростанням або відмиранням центру рослини, а також запобігає припиненню цвітіння. Робіть це навесні або восени, уникаючи періоду цвітіння. Для делікатних кореневих систем будьте обережні, щоб не пошкодити коріння. Після поділу рослини висаджують на новому місці, рясно поливають і мульчують [1].

Висновок. У підсумку, багаторічники є чудовим вибором для створення красивого і легкого у догляді саду. Їхня різноманітність у формах, розмірах і кольорах дозволяє створювати не тільки вражаючі, але й довговічні композиції, що радують око протягом багатьох сезонів. Вибір рослин із різними термінами цвітіння, ретельне планування їхнього розміщення та догляд за ними – це основні складові для створення гармонійного та естетичного саду. Окрім того, правильне підживлення, полив, мульчування та регулярне обрізання зів'ялих квітів допомагають підтримувати здоров'я рослин і подовжують їхнє цвітіння.

Не менш важливими є і практичні аспекти догляду, такі як підрівнювання країв клумб, використання опор для високих рослин і періодичне ділення для підтримки оптимальних умов для росту. Все це забезпечує не тільки ефективний догляд, а й створює естетичну завершеність саду.

Вибір правильних багаторічників, їхнє належне планування та обробка – це запорука саду, який буде радувати своїм виглядом багато років. Використовуючи ці поради, можна створити не лише красиві, а й здорові та довговічні квітники, які додадуть вашому саду витонченості та шарму.

Список використаної літератури

1. Багаторічні рослини URL: <https://sad.ukr.bio/ua/articles/5395/> (дата звернення: 03.03.25р.)

2. Багаторічні рослини в ландшафтному дизайні URL: <http://ypag.com.ua/bagatorichni-roslini-v-landshaftnomu-dizajni/> (дата звернення: 04.03.25р.)

3. Які рослини підійдуть для вашої ділянки URL: <https://dubnostone.com/yaki-roslyny-pidijdut-dlya-vashoyi-dilyanky/> (дата звернення: 04.03.25р.)

4. Варто посадити заради шикарного листя: які багаторічники посадити на клумбі URL: <https://glavred.net/sad-ogorod/stoit-posadit-radi-shikarnoy-listvykakie-mnogoletniki-posadit-na-klumbe-10571441.html> (дата звернення: 05.03.25р.) 5. Прокопчук В. М. Квітникарство: практикум. Вінниця: ВНАУ, 2016. 126 с.

6. Іщук, Л.П., Олешко, О.Г., Черняк, В.М., та ін. Квітникарство, Біла Церква, 2014. 292 с.

Христина ПЕТЛІНСЬКА⁵⁸,
студентка 3-го курсу,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
ННІ Агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ЗБІР І ВИКОРИСТАННЯ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН НА ПРИРОДНИХ ЛУКАХ

***Анотація.** У статті розглядається питання збору та використання лікарських рослин, що ростуть на природних луках. Особлива увага приділяється методам збору, їх екологічним аспектам і важливості збереження природних екосистем. Досліджуються різноманіття рослин, які використовуються в традиційній медицині, а також в сучасних фармацевтичних практиках. Окремо аналізуються можливі загрози, пов'язані з надмірним збором лікарських рослин і необхідність впровадження стійких методів їх використання, що відповідають принципам сталого розвитку. Стаття підкреслює роль луків як важливих екологічних ландшафтів, що не тільки забезпечують ресурсами для медичної практики, але й є важливими для збереження біорізноманіття та екологічної стабільності.*

***Ключові слова:** лікарські рослини, природні луки, збір рослин, сталий розвиток, біорізноманіття.*

***Annotation.** The article discusses the collection and use of medicinal plants growing in natural meadows. Particular attention is paid to collection methods, their ecological aspects and the importance of preserving natural ecosystems. The variety of plants used in traditional medicine, as well as in modern pharmaceutical practices, is studied. Possible threats associated with excessive collection of medicinal plants and*

⁵⁸ Науковий керівник — Циганська О.І., канд. с.-г. н., доцент кафедри лісового та садовопаркового господарства ВНАУ.

the need to introduce sustainable methods of their use that comply with the principles of sustainable development are analyzed separately. The article highlights the role of grasslands as important ecological landscapes that not only provide resources for medical practice, but are also important for biodiversity conservation and ecological stability.

Keywords: medicinal plants, natural grasslands, plant collection, sustainable development, biodiversity.

Вступ. Збір лікарських рослин на природних луках є однією з традиційних практик, яка має велике значення для народної медицини та сучасної фармацевтики. Природні луки – це екосистеми, що характеризуються високою біорізноманітністю та різноманіттям рослин, серед яких є чимало видів, що володіють лікувальними властивостями.

Збір лікарських рослин на природних луках потребує ретельного підходу та знання правильних методів. Важливо враховувати час збору, адже більшість рослин набуває своїх лікувальних властивостей лише в певні періоди розвитку – під час цвітіння або на стадії повного дозрівання. Збір проводиться вручну, щоб не пошкодити рослини та не порушити екосистему. Крім того, збирати рослини слід у екологічно чистих районах, подалі від шкідливих впливів промислових зон та великих міст.

Виклад основного матеріалу. Деревій майже звичайний (*Achillea submillefolium* Klok. et Krytzka) – це багаторічна трав'яниста рослина з повзучим, розгалуженим кореневищем (рис. 1). Вона належить до типу гемікриптофітів, мезофітів та сціогеліофітів. Деревій майже звичайний зустрічається на суходільних та заплавлених луках, у світлих розріджених лісах, на лісових галявинах, узліссях і біля доріг по всій території України. На сьогодні цей вид є майже синантропним, тобто виростає в місцях, що зазнали впливу людини. Деревій майже звичайний часто зустрічається на луках, де він є частиною лучностепових слабо порушених місцезростань. Проте його кількість поступово зменшується через заселення територій іншими видами рослин. Зазвичай деревій зростає розсіяно, рідко утворюючи щільні масиви. Ця рослина є мало вимогливою до зволоження та складу ґрунту [1].

A. submillefolium віддає перевагу бідним, мезотрофним, слабо зволуженим ґрунтам, а також може витримувати засоленість і солончакові ґрунти. Рослина також стійка до пасовищної деградації і здатна рости в умовах, де інші види можуть не вижити.

Завдяки невибагливості до умов зростання та значному поширенню в регіоні, *Achillea submillefolium* є доступною для збору у великих кількостях – до кількох десятків тонн на рік. Потенційні запаси сировини значні, тому вид не потребує суворого обмеження обсягів заготівлі. Однак, важливо враховувати сталий підхід до збору, щоб не порушити екосистему і не призвести до виснаження природних популяцій рослин. Збір деревію майже звичайного найкраще здійснювати під час його цвітіння, яке зазвичай припадає на червень-серпень. Це саме той період, коли рослина містить найбільшу кількість

активних речовин, які використовуються для виготовлення лікарських засобів. Збирати рослину слід у суху погоду, щоб уникнути пліснявіння та псування сировини. Для заготівлі використовують надземну частину рослини: квітки та листя.



Рис. 1. Деревій майже звичайний (*Achillea submillefolium* Klok. et Krytzka)

Чебрець повзучий (*Thymus serpyllum* L.) – багаторічний повзучий напівкущик, що має численні лежачі стебла (рис. 2). Це хамефіт, мезофіт та геліофіт, який росте в сухих і свіжих соснових, а також у зріджених дубовососнових лісах, на галявинах і в молодих посадках лісу, переважно на піщаних ґрунтах. Чебрець повзучий стійкий до нестачі вологи, але для успішного росту і репродукції потребує добре освітлених місць. Цей вид є піонерним, і його популяції можуть домінувати на ранніх стадіях сукцесії на піщаних ґрунтах, особливо в місцях, де відбувається заростання пісків та порушених ґрунтів [2]. Однак на пізніших стадіях сукцесії, коли екосистема розвивається, урожайність чебрецю знижується. Тому величина запасів сировини нестабільна і може поступово скорочуватися.

Запаси сировини чебрецю можуть бути обмежені через кілька факторів. Одним із них є надмірний випас великої рогатої худоби на трав'янистих схилах, що призводить до пошкодження природного середовища і зниження популяцій чебрецю. Крім того, нераціональний збір сировини, коли рослини виривають з коренями, а не зрізають, також сприяє порушенню дернини і заважає рослинам відновлюватися вегетативно. Зростаюче рекреаційне навантаження на лісові і трав'яні угруповання також негативно впливає на стан популяцій чебрецю.

Збір чебрецю повзучого зазвичай здійснюється в період цвітіння, що припадає на липень-серпень. Це оптимальний час для заготівлі, оскільки рослина містить найбільшу кількість ефірних олій та інших активних речовин, які використовуються у лікарських цілях. Після збору чебрець необхідно правильно зберігати, щоб зберегти його корисні властивості. Для цього слід сушити рослину в тіні, в добре провітрюваних приміщеннях, щоб уникнути перегріву, що може призвести до втрати ефірних олій. Зберігати висушену сировину рекомендується в сухих, темних місцях, в герметичних контейнерах, що

захищають від вологи та світла. Це дозволяє зберегти активні речовини чебрецю протягом тривалого часу.



Рис. 2. Чебрець повзучий (*Thymus serpyllum* L.)

Звіробій продірявлений (*Hypericum perforatum* L.) – це багаторічна трав'яниста рослина з малорозгалуженими коренями. Вона є гемікриптофітом, полікарпом, ксеромезофітом, мезотрофом і геліофітом (рис 3.). Цей вид широко поширений по всій території України, за винятком альпійського поясу Карпат, і дуже рідко зустрічається на півдні країни. Звіробій продірявлений є типовим представником «піонерних» рослин, здатних активно розселятися на порушених ділянках під впливом господарської діяльності [3]. Водночас, він є маловибагливим до складу ґрунтів і вологості, що робить його здатним до легкого вирощування на різних типах ґрунтів. Звіробій продірявлений добре розвивається на відкритих ділянках із зрідженим трав'янистим покривом, завдяки здатності до насінневого поновлення. У таких умовах він може утворювати добре виражені ущільнення з покриттям до 20-25%. Однак випасання худоби та інокосіння можуть погіршувати стан його популяцій, тому важливо контролювати інтенсивність використання таких територій.



Рис. 3. Звіробій продірявлений (*Hypericum perforatum* L.)

Звіробій продірявлений збирають під час цвітіння, яке зазвичай припадає на червень-серпень. Саме в цей період рослина накопичує максимальну кількість біологічно активних речовин, зокрема гіперицину, який є основним активним інгредієнтом. Збирати звіробій необхідно в суху погоду, коли рослина не вологолюбна, щоб уникнути пліснявіння або псування сировини. Для заготівлі використовують надземну частину рослини – квітки та верхівки стебел. Варто уникати збору рослин, які ростуть біля доріг або в забруднених районах. Звіробій продірявлений відомий своєю антисептичною, протизапальною, заспокійливою і антидепресивною дією. Його застосовують при депресії, тривожності, нервових розладах, а також для лікування захворювань шлунково-кишкового тракту, запальних процесів і ран.

Цмин пісковий (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench) – це напів розетковий, стрижнекореневий трав'янистий монокарпик, який відноситься до олігомезотрофів, ксеромезофітів і геліофітів (рис 4.). Рослина поширена по всій території України, зазвичай зустрічається в соснових лісах, на пісках других терас, прируслових заплавах річок, степових схилах, відслоненнях та іноді на легких ґрунтах як бур'ян. Цмин пісковий часто утворює зарості на безлісних пісках і в молодих посадках сосни. *Helichrysum arenarium* переважно зростає на сухих, бідних ґрунтах, де інші рослини не можуть конкурувати з ним. Він має високу стійкість до посухи, однак не витримує конкуренції з іншими видами і пригнічується на більш родючих ґрунтах, таких як чорноземи. Тому часто зустрічається поблизу доріг і стежок, де ґрунт ущільнений, а умови для зростання інших видів не сприятливі. Належить до групи рослин, у яких природні запаси в Україні обмежені [4]. Це робить його важливим видом для заготівлі, однак сировина цієї рослини підлягає суворому лімітуванню, оскільки його популяції можуть бути під загрозою через нераціональне використання і зниження місць природного зростання.



Рис. 4. Цмин пісковий (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench)

Збір здійснюється під час цвітіння, яке зазвичай припадає на червень-липень. Це оптимальний час для заготівлі, оскільки в цей період рослина накопичує максимальну кількість корисних речовин, зокрема ефірних олій, які мають лікарські властивості. Використовується в народній та офіційній

медицині завдяки своїм антисептичним, протизапальним і заспокійливим властивостям. Його застосовують при лікуванні запальних процесів, для зміцнення імунної системи, а також як засіб для лікування захворювань дихальних шляхів.

Висновки. Природні луки є важливими джерелами лікарських рослин, що використовуються в традиційній та сучасній медицині. Однак надмірний збір цих рослин може призвести до зниження біорізноманіття та деградації екосистем. Для забезпечення сталого використання ресурсів необхідно впроваджувати стійкі методи збору, які зберігають екологічний баланс. Природні луки також відіграють ключову роль у збереженні біорізноманіття, тому важливо підтримувати їх здоров'я та стабільність. Для цього потрібно поліпшити моніторинг стану популяцій рослин, оптимізувати методи збору і підвищити обізнаність про важливість збереження луків.

Список використаної літератури

1. Дідур І.М., Прокопчук В.М., Панцирева Г.В., Циганська О.І. Рекреаційне садово-паркове господарство. Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ 2020. 328 с.
2. Довгопола Л. І. Історія дослідження лікарських рослин Лівобережно дніпровського геоботанічного округу. Біологічні системи. 2013. Т 5, вип. 3. С. 403–408.
3. Мінарченко В. М. Ресурсо знавство. Лікарські рослини. Київ : Фітосоціоцентр, 2014. 215 с.
4. Терек О.І. Ріст рослин. Львів.: Вид. центр ЛНУ ім. І.Франка, 2016. 248 с.

Ангеліна ТВЕРДОХЛІБ⁵⁹,
студентка 3-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства, ННІ
Агротехнологій та природокористування,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ОЦІНКА ЯКОСТІ ГАЗОННОГО ПОКРИВУ

***Анотація.** У даній статті досліджено основні критерії оцінки якості газонного покриття, зокрема проєктивне покриття, щільність травостою, декоративність, стійкість до несприятливих умов та витоптування. Проведено порівняльний аналіз видів газонотвірних трав за 100-бальною шкалою та визначено групи рослин за рівнем придатності для створення газонів*

⁵⁹ Науковий керівник — Циганська О.І., канд. с.-г. н., доцент кафедри лісового та садовопаркового господарства

різного призначення. Надано рекомендації для оптимального добору травосумішей.

Ключові слова: газонне покриття, оцінка якості, декоративність, щільність травостою, газоноутворювальні трави.

Annotation. This article examines the main criteria for assessing the quality of lawn cover, including projective coverage, turf density, decorativeness, resistance to adverse conditions, and trampling. A comparative analysis of turf-forming grass species based on a 100-point scale was conducted, and plant groups were identified according to their suitability for different types of lawns. Recommendations for the optimal selection of grass mixtures are provided.

Keywords: lawn cover, quality assessment, decorativeness, turf density, turf-forming grasses.

Вступ. Газонні покриття є невід’ємною складовою ландшафтного дизайну та садово-паркового господарства, сприяючи покращенню естетичних і декоративних характеристик території. Якісне формування газонного травостою можливе завдяки оптимальному водному режиму та збалансованому мінеральному живленню, що забезпечує здоровий ріст і стійкість травостою [1]. Останнім часом спостерігається зростання інтересу до створення та догляду за газонами. Це зумовлено збільшенням кількості приватних та громадських озелених територій, а також активним розвитком ландшафтного дизайну. Газони відіграють важливу роль у формуванні гармонійного середовища, виконуючи також і екологічні функції, що робить їх невід’ємною частиною благоустрою [2, 6, 7].

Сучасні методи оцінки газонного покриття ґрунтуються на використанні різних показників, таких як проективне покриття, продуктивність пагоноутворення, загальна декоративність і життєздатність травостою. Комплексний підхід до оцінки якості газонів дозволяє оптимізувати вибір травосумішей, удосконалити технології догляду та підвищити довговічність газонного покриття.

Виклад основного матеріалу. Одним із ключових критеріїв оцінки якості газонного покриття є його чистота від бур’янів. Високоякісний газон повинен мати однорідне забарвлення та рівну поверхню. Наявність нерівностей ускладнює догляд, зокрема механізоване скошування, що може призвести до нерівномірного росту, втрати щільності та неоднорідності структури дернини. При створенні газонів із використанням травосумішей важливо забезпечити рівномірний розподіл насіння перед висівом, щоб уникнути плямистості травостою. Висока декоративність газону має зберігатися як при детальному огляді, так і на відстані. Окрім цього, якісний газон повинен формувати щільне, стійке до механічного навантаження, але водночас пружне та комфортне для використання дернове покриття.

Важливим критерієм якості газонного покриття є його стійкість до несприятливих умов навколишнього середовища. Зокрема, газон повинен

витримувати посушливі періоди, хоча в разі тривалої відсутності опадів виникає необхідність у додатковому зрошенні. Окрім цього, взимку газонне покриття має зберігати достатню щільність, однорідність та стабільність забарвлення, а протягом усього року демонструвати стійкість до ураження хворобами.

На сьогодні в практиці створення газонів бракує чітких методичних рекомендацій щодо добору видів багаторічних трав із кормових або природних фітоценозів. Найчастіше використовуються трави, які здатні успішно рости та розмножуватися в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Інтродукція та селекція газонних видів здійснюється на основі методів, запозичених із луківництва та досліджень багаторічних кормових трав. Для оцінки якості газонного покриття застосовується показник проективного покриття, що відображає рівномірність і густоту травостою.

Для оцінки сортів газонних трав застосовуються спеціальні шкали: стобальна – для комплексної характеристики сортів і п'ятибальна – для визначення якості газонних травостоїв. Основним критерієм оцінки газонного покриття є проективне покриття ґрунту зеленою масою рослин, яке визначається візуально з рівня людського ока та виражається у відсотках. Найвищі показники проективного покриття фіксуються у фазі максимального розвитку пагонів, особливо в багатоярусних травостоях.

Однак регулярне скошування обмежує вегетативний розвиток рослин, не дозволяючи їм досягати природного максимального зростання. Незважаючи на це, за умов належного догляду, до кінця першого року вегетації більшість газонних травостоїв формують майже 100% проективне покриття. Проте це не завжди є показником високої якості газону, оскільки густота травостою та його декоративні характеристики можуть значно відрізнятися.

Сучасні методики оцінки газонних трав не враховують такі важливі характеристики, як здатність до пагоноутворення та рівень урожайності насіння, що є ключовими показниками при селекції високоякісних газонних сортів.

Визначення якості газонного травостою передбачає оцінку його щільності, що виражається через кількість пагонів на одиниці площі. Водночас дослідження показують, що між проективним покриттям та щільністю травостою немає прямої залежності. Натомість встановлено, що збільшення густоти пагонів позитивно впливає на міцність дернини, декоративність покриття та життєздатність рослин у штучних фітоценозах.

Декоративна цінність газону значною мірою залежить від густоти стеблостою та розвитку тонкої листкової структури, що підтверджується рядом наукових досліджень. Таким чином, кількість пагонів на одиниці площі можна розглядати як один із найоб'єктивніших показників якості газонного покриття. Для об'єктивної оцінки густоти та продуктивності газонного травостою використовуються спеціальні шкали, які враховують біоморфологічні особливості видів трав. Оцінка цих параметрів здійснюється за шестибальною шкалою, що дозволяє класифікувати травостій за рівнем щільності та життєздатності.(табл.1).

Таблиця 1 Шкала для оцінки якості складання газонних травостоїв

Кількість пагонів на 100 см ² по природних зонах			Оцінка, бал
Поліська	Лісостепова	Степова	
150 і більше	120 і більше	100 і більше	6
100-150	100-120	75-100	5
90-100	75-100	50-75	4
75-90	50-75	25-50	3
більше 75	більше 50	більше 25	2
50	25	15	1

Джерело: [3]

Загальна декоративність газонних травостоїв визначається за п'ятибальною шкалою (табл.2).

Таблиця 2 Шкала для оцінки загальної декоративності газонних травостоїв

Характер складання травостою (зімкнутості) (розміщення пагонів)	Проективне покриття, %	Оцінка, бал
Зімкнуто-дифузне	100	5
Зімкнуто-мозаїчне	70-80	4
Мозаїчно-групове	50-60	3
Роздільно-групове	менше 50	2
Поодинокороздільне	15-20	1

Джерело: [3]

Оцінка декоративності газонного травостою враховує комплекс характеристик, що визначають його естетичну привабливість та якість.

Якість газонних травостоїв визначається за комплексною тридцятибальною шкалою (табл.3).

Таблиця 3 Шкала для комплексної оцінки якості газонних травостоїв

Оцінка якості складання травостоїв за шестибальною шкалою	Оцінка загальної декоративності травостою за п'ятибальною шкалою	Загальна максимальна оцінка якості травостою	Показник якості газонних травостоїв
6	5	30	Вищої якості (супергазон)
5	5	25	Відмінний
5	4	20	Добрий
4	4	16	Задовільний
3	3	9	Посередній
2	2	4	Поганий

Джерело: [3]

Газонні трави повинні відповідати ряду важливих критеріїв, що впливають на якість та довговічність газонного покриття. Насамперед, вони мають характеризуватися високою здатністю до пагоноутворення, що забезпечує густий і рівномірний травостій. Важливим показником є конкурентоспроможність у рослинних угрупованнях, а також висока декоративність, яка визначається рівномірністю покриття, насиченим забарвленням пагонів, щільною структурою та низькорослим типом росту.

Крім того, до ключових вимог належать стійкість до низьких і високих температур, посухостійкість, опірність шкідникам і хворобам, висока продуктивність насіннєвого відтворення, а також здатність переносити часте скошування і витоптування. Для комплексної оцінки газоноутворювальних трав застосовується стобальна шкала, яка дозволяє визначити їхню відповідність зазначеним критеріям (табл. 4).

Таблиця 4 Стобальна шкала для комплексної оцінки видів і сортів газонних трав

Ознака	ища оцінка ознаки за шестибальною і п'ятибальною шкалами	Перевідний коефіцієнт залежно від значимості ознаки	агальна максимальна оцінка ознаки за 100бальною шкалою
Продуктивність пагоноутворення (кількість пагонів на одиницю площі)	6	5	30
агальна декоративність травостою	5	5	25
Насіннєва продуктивність (урожайність трав)	5	4	20
Стійкість до несприятливих кліматичних умов і умов експлуатації	5	3	15
Стійкість до пошкодження шкідниками і хворобами	5	2	10

Джерело: [4]

Урожайність насіння трав оцінюється п'ятьма балами, якщо вид дає середній урожай 4 ц/га і більше; 4 – бали – при урожаї від 2 до 3,9; 3 балами – від 1 до 1,9; 2 балами – нижче 1 ц/га. А перевідні коефіцієнти прийнято використовувати по існуючій методиці сортовипробування газонних трав [4]. Вивчення біологічних та екологічних особливостей газонних трав, а також розробка технологій їх вирощування в Україні проводилася багатьма науковцями, зокрема О. О. Лаптевим, Н. К. Коваленко, Е. А. Котиком та іншими. Основу якісного газонного покриття складають багаторічні злакові трави, які

забезпечують довговічність та декоративність травостою. Згідно з дослідженнями О. О. Лаптева, партерні газони мають формуватися виключно низькорослими багаторічними травами з вузькими листками та високою здатністю до кушіння, що сприяє створенню щільного та рівномірного покриття [5].

У процесі вивчення багаторічних трав було проведено комплексний аналіз їхніх видів, популяцій та сортів з метою визначення найкращих варіантів для створення якісного газонного покриття. Оцінка здійснювалася за 100-бальною шкалою, що дозволило відібрати найбільш перспективні види, які формують щільний, стійкий і декоративний травостій.

До групи видів, які формують найкраще газонне покриття з високими декоративними та експлуатаційними характеристиками, віднесено тонконіг лучний, кострицю червону та різнолисту, польовицю тонку, райграс пасовищний. Вони отримали оцінку 80 і більше балів, що свідчить про їхню високу якість. В умовах України ці види є оптимальними для створення партерних, декоративних, спортивних та інших видів газонів.

До другої групи належать види багаторічних трав, що формують газонний травостій доброї та задовільної якості. Вони забезпечують стійке покриття, проте поступаються найкращим газоноутворювачам за декоративністю та щільністю. До цієї групи відносяться польовиця пагононосна та біла, костриця лучна, овеча та типчак, тонконіг вузьколистий, стиснутий і звичайний, райграс багатоукісний, а також різні види житняків.

Ці трави рекомендовані для створення звичайних садово-паркових і лучних газонів, а також для дернових покриттів спеціального призначення. За 100-бальною шкалою вони отримують оцінку від 70 до 80 балів, що підтверджує їхню придатність для використання в озелененні.

До третьої групи належать види трав, що формують травостій незадовільної якості та отримують оцінку нижче 70 балів за 100-бальною шкалою. Вони характеризуються високорослістю, масивними пагонами, широкими й довгими листками, а також нерівномірним облистненням. До таких видів відносяться бекманія звичайна, грястиця збірна, тимофіївка лучна та райграс високий.

При виборі видів трав для створення газонів важливо враховувати їхні еколого-біоморфологічні характеристики, які відрізняються від вимог до кормових трав. Основна мета селекції та інтродукції багаторічних кормових трав – отримання максимальної біомаси, що досягається за рахунок відбору високорослих видів із потужними пагонами та широкими листками.

Через свої морфологічні особливості ці види трав малоприсадибні для створення газонного покриття, хоча в деяких випадках їх можуть застосовувати у виробничих умовах. Варто зазначити, що найкращі газоноутворювальні трави, хоч і розвиваються повільніше, проте відзначаються високою довговічністю та формують стійкі декоративні газони (табл.5).

Таблиця 5 Комплексна оцінка основних видів газонних трав за 100-бальною шкалою (середні багаторічні дані)

Вид	Продуктивність пагоноутворення	Загальна декоративність травостою	Урожайність насіння	Стійкість до несприятливих кліматичних умов і умов експлуатації	Стійкість до пошкодження шкідниками і хворобами	Середня оцінка за 100 бальною шкалою	Група якості
Райграс пасовищний	20	25	20	9	8	82	I
Райграс багатоукісний	15	20	20	9	8	72	II
Тонконіг лучний	25	25	16	15	8	89	I
Тонконіг звичайний	20	20	12	12	10	74	II
Тонконіг стиснутий	20	20	12	12	10	74	II
Тонконіг вузьколистий	25	20	12	12	8	77	II
Костриця лучна	20	15	20	15	8	78	II
Костриця червона	25	25	20	15	10	95	I
Костриця різнолиста	25	25	16	15	8	89	I
Костриця овеча	25	15	12	15	10	77	II
Костриця борозниста	25	15	12	15	10	77	II
Мітлиця біла	20	20	16	12	8	76	II
Мітлиця тонка	25	25	12	12	10	82	I
Мітлиця пагононосна	25	25	8	15	8	79	II
Гребінник звичайний	20	20	12	12	8	72	II
Житняк (види)	15	20	20	15	8	78	II
Грястиця збірна	15	10	12	15	8	60	III
Тимофіївка лучна	20	10	12	12	8	62	III
Бекманія звичайна	15	10	12	12	8	57	III
Райграс високий	20	10	16	12	8	66	III
Стоколос (види)	20	15	12	9	8	64	III
Лисохвіст лучний, здутий	20	15	12	12	10	69	III
Пирій безкореневищний	15	10	12	12	10	59	III
Пирій повзучий	15	15	12	9	10	61	III

Натомість для формування щільного, низькорослого та рівномірного газонного покриття оптимальними є злакові трави з великою кількістю укорочених вегетативних пагонів, розташованих у прикореневій зоні. Такі види добре витримують часте скошування, швидко відростають і мають високу стійкість до витоптування, що забезпечує якісний та довговічний газон [4].

Висновок. Таким чином, в підсумку можна стверджувати про те, що оцінка якості газонного покриття базується на таких критеріях, як проективне покриття, щільність травостою, декоративність, стійкість до кліматичних умов, витоптування та хвороб. Найкращі характеристики мають тонконіг лучний, костриця червона, польовиця тонка та райграс пасовищний. Види другої групи підходять для садово-паркових газонів, тоді як третя група має обмежене застосування.

Перспективи подальших досліджень полягають в удосконаленні методів оцінки газонних трав, вивченні адаптивних властивостей окремих видів у різних ґрунтово-кліматичних умовах та розробці ефективних агротехнічних заходів для підвищення довговічності та декоративності газонного покриття.

Список використаної літератури

1. Дідур І.М., Прокопчук В.М., Панцирева Г.В., Циганська О.І. Рекреаційне садово-паркове господарство. Навч. посіб. Вінниця: ВНАУ, 2020. 328 с.
2. Дідур І. М., Прокопчук, В. М., Циганська, О. І., Циганський, В. І. Газони: технологічні особливості створення та експлуатації. 2019. С. 39-42.
3. Прокопчук В. М., Циганський В. І., Циганська О. І. Оцінка якісного стану та обґрунтування заходів догляду за газонним фітоценозом на території Вінницького національного аграрного університету. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. №3. С. 193-200.
4. Прокопчук В. М., Циганський В. І., Циганська О. І., Матусяк В. М. Біостаціонар Вінницького національного аграрного університету як навчальна, наукова та виробнича база у підготовці фахівців садово-паркового господарства. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 7 (2). С. 87-95.
5. Циганська О.І. Особливості створення та експлуатації садів у стилі «Нова хвиля» на садово-паркових об'єктах Вінниччини. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 25 (2). С. 198-206.
6. Pansyryeva H., Tsyhanska O., Kozak Y. Features of the growth and development of decorative species of the genus *Paeonia* L. in the conditions of the architectural and exposition area of VNAU. In *Ecology, Biotechnology, Agriculture and Forestry in the 21st century: problems and solutions*. Monograph. Edited by S. Stankevych, O. Mandysh. Tallinn: Teadmus OÜ, 2024. P. 314-347.
7. Tsyhanska O. Podillya Botanical Garden and Biostationary of Vinnytsia National Agrarian University as an educational, scientific and production base in the practical training of forestry and horticulture specialists. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Agrobiznesu w Łomży Seria: *Zeszyty Naukowe*. 2022. № 87. P. 3. P. 15-21

Олександра ДУДНИК⁶⁰,
студентка 1 року навчання,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

РОСЛИНИ-РЕПЕЛЕНТИ ТА ЇХ РОЛЬ У ЛАНДШАФТНОМУ ДИЗАЙНІ

Анотація. У статті розглянуто роль рослин-репелентів у ландшафтному дизайні. Рослини-репеленти відомі своїми властивостями відлякувати комах та шкідників, тому є неоціненними «помічниками», як у садах, так і на городах. Таких рослин є досить багато і вони добре відомі. Наприклад, лаванда вузьколиста (*Lavandula angustifolia*), шавлія (*Salvia*), базилік (*Ocimum basilicum*) тощо.

У статті наведено приклади потенційного застосування рослин-репелентів, як елементів ландшафтного дизайну, а також розглянуто їх корисні властивості.

Ключові слова: рослини-репеленти, ландшафтний дизайн, корисні властивості, комахи.

Annotation. The article discusses the role of repellent plants in landscape design. Repellent plants are known for their properties to scare away insects and pests, therefore they are invaluable "helpers" in both gardens and vegetable gardens. There are quite a few such plants and they are well known. For example, narrow-leaved lavender (*Lavandula angustifolia*), sage (*Salvia*), basil (*Ocimum basilicum*) etc. The article provides examples of the potential use of repellent plants as elements of landscape design, and also considers their useful properties.

Keywords: repellent plants, landscape design, useful properties, insects.

Вступ. Влітку коли люди виїжджають на дачу, або відпочивають у власному саду, вони часто стикаються з проблемою великої кількості комарів або інших комах-шкідників. Вирішити цю проблему за допомогою хімічних репелентів, наприклад, різних спреїв, липучок, спіралей та інших засобів не завжди є можливим. У більшості випадків вони викликають подразнення шкіри та алергічні реакції, особливо у дітей при частому їх використанні. Репеленти (від. лат. *repello*— «відганяю», «відштовхую») – це речовини, які відлякують комах шкідників (комарів, мошок, гедзів), а також кліщів, гризунів тощо. Найкращим екологічним рішенням даної проблеми у власному саду є вирощування рослин-репелентів. Ці рослини досить ефективно відлякують комах шкідників, а також наповнюють повітря приємними ароматами.

⁶⁰ Науковий керівник – Яковець Л.А., кандидат с.-г. наук, доцент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин

Виклад основного матеріалу. Природними репелентами називають такі рослини, які у процесі еволюції набули властивостей захищати себе від комах-шкідників та хвороб. Вони для цього виробляють спеціальні речовини: ефірні олії та фітонциди, які мають сильний аромат, що дезорієнтує і відлякує комах, а деякі з них можуть діяти як інсектициди.

Для організму людини такі рослини не приносять жодної шкоди, вони мають приємний аромат, декоративний вигляд, а деякі з них вживають навіть у їжу. Натомість для комах-шкідників вони є смертельно небезпечними.

Рослин-репелентів існує дуже велика кількість. Розглянемо найбільш популярні з них, які найчастіше використовують при створенні ландшафтного дизайну. Однією з таких рослин є лаванда. У якості лікарської та ароматичної рослини дикорослі популяції лаванди почали використовувати ще з часів стародавнього Риму. Найчастіше римляни використовували її для ароматизації ванни, звідси походить і назва рослини (від латинського *Lavare*), що означає купати або мити. Греки дуже цінували лавандовий мед. А стародавні єгиптяни взагалі вважали, що ця рослина має магічну силу. Вони часто використовували її під час процесу муміфікації. Але вже з кінця XVI століття в країнах південної та південнозахідної Європи лаванду почали використовувати, як культурну лікарську і ароматичну рослину.

На сьогоднішній день лаванда вузьколиста (*Lavanda angustifolia*) – одна з основних ефіроолійних культур в Україні та в світі. Ефірну олію лаванди та ефіроолійну сировину використовують у медицині, парфумерії, кулінарії, у виробництві косметики, мила, шампунів та в інших галузях виробництва[1]. Лаванда вузьколиста – це вічнозелений багаторічний напівчагарник з родини губоцвітих, заввишки 60-70 см та діаметром 60-80 см. Може рости на одному місці близько 15-18 років. Її кущ має вкорочений стовбур від якого відходить велика кількість гілок (400–1000 і більше), за рахунок чого утворюється куляста форма. Лаванда світлолюбна рослина, при недостатній кількості світла або сильному затіненні – рослина гірше розвивається. У неї скорочується кількість квітконосів та квіток у суцвіттях. А також, це впливає на зниження вмісту ефірної олії та її якості. Ця рослина посухостійка і непримхлива, але краще росте у дренованому слабколужному або нейтральному ґрунті. Для неї не підходять малопроникні для води та повітря глинисті, кислі і заболочені ґрунти. Щоб кущ мав гарне цвітіння йому необхідна обрізка. Першу обрізку лаванди роблять навесні, але її можна робити повторно після цвітіння і восени. Лаванда – холодостійка рослина. Вона добре витримує низькі температури взимку. За наявності снігового покриву витримує температуру до -25°C .

Сучасний ландшафтний дизайн майже неможливо уявити без лаванди. Вона створює дуже романтичні ніжні композиції. Англійський сад або ландшафт у стилі «Прованс» лаванда наповнює неповторною атмосферою. Для більш ефективного захисту від комах лаванду висаджують масивами (рис. 1).



Рис. 1. Насадження лаванди вузьколистої (*Lavanda angustifolia*)

Досить часто лаванду висаджують у поєднанні з трояндами, наприклад у розаріях. Таке поєднання є дуже гармонійним і чудово виглядає у ландшафтному дизайні. А завдяки своїм якостям лаванда надійно захищає троянди від маси шкідників.

Комарі не переносять запаху лаванди. А також його бояться слимаки, попелиця та мурахи. Комах відлякують не лише цвітучі кущі, а й сушені квіти. Запах лаванди дуже ефективний проти молі. Особливо допомагають мішечки із сушеною лавандою у шафі.

Ще однією відомою рослиною-репелентом є шавлія. Ця рослина відома ще з часів фараонів. Її використовували у приготуванні їжі та робили з неї ліки. Назва шавлія походить (від латинського *salvere*), що означає зцілювати. Шавлія має сильні антисептичні властивості, а також заспокійливу, кровоспинну, знеболювальну та антимікробну дію. Цю рослину часто використовують для лікування захворювань верхніх дихальних шляхів, шлунково-кишкового тракту, захворювань шкіри, сечостатевої системи та у стоматології.

Садівники дуже люблять шавлію. Вона не тільки має лікувальні властивості, а ще є сильним природнім репелентом. Її листя виділяє приємний аромат наповнений ефірними оліями, який не лише знезаражує повітря, а й досить ефективно відлякує комарів та кліщів. Захищає плодові кущі та дерева від комах-шкідників. Шавлію досить часто висаджують поряд з гладіолусами і ліліями, щоб запобігти розвитку грибкових захворювань у цих культурних рослин. Багато дачників висаджують шавлію навіть біля грядок з морквою і капустою. Її аромат відганяє капустяних совок, білявок, морквяних та капустяних мух, що надійно захищає врожай. При розведенні багаття пучок сушених гілочок кидають на вугілля, що створює надійний бар'єр від шкідливих комах, забезпечує приємний аромат та комфортний відпочинок.

Шавлія ідеальна рослина для різноманітних ландшафтних композицій. Вона довго цвіте понад місяць і гарно поєднується у композиціях з іншими рослинами. Ця середземноморська рослина відома ще з давніх часів своїми ароматичними і лікувальними властивостями.

Шавлія (*Salvia*) – напівкущова рослина з родини губоцвітих, заввишки до 70 см, дуже витривала. Вона має запушені, подовжені, черешкові, сіро-зелені прості або перистоскладні листки. Квіти у неї дрібні, зібрані у суцвіття, білого, рожевого чи синьо-фіолетового кольору. Цвітіння у неї в червні-липні. Добре переносить як спеку, так і холод. Вона стійка до посухи, її можна висаджувати на сонячних ділянках і при цьому вона буде квітнути у повну силу. Вона краще росте у сухих плодючих ґрунтах. Розмножують шавлію вегетативно, або за допомогою насіння [2,4].

Дизайнери часто використовують шавлію як елемент для створення бордюрів та альпінаріїв (рис. 2,3). Найбільш популярними видами є шавлія лікарська (*Salvia officinalis*) та шавлія дібровна (*Salvia nemorosa*). Компактні кущі цієї рослини допомагають створити чіткі лінії уздовж доріжок та меж квітників.



Рис.2. Шавлія (*Salvia*), бордюльне насадження



1-Гісоп; 2-Шавлія; 3-Материнка; 4-Монарда;
5-Настурція; 6-Чебрець; 7-Базилік.

Рис 3. Шавлія в альпінарії

Шавлія добре поєднується з пряними травами та іншими рослинами. Її часто висаджують поряд з базиліком, чебрецем, гісопом, материнкою та іншими рослинами. Листя та квіти шавлії використовують для приготування ароматичних чаїв. А також, у кулінарії, медицині та косметології. Окрім цього, шавлія не тільки відганяє шкідливих комах, але й приваблює корисних. Таких як бджоли та метелики. Вони сприяють природному запиленню інших рослин. Таким чином шавлія не тільки декоративно приваблива рослина, а й екологічно корисна.

М'ята та меліса добре відомі серед садоводів. Складно уявити сад або дачу де немає цих рослин. Але також вони одні з найбільш універсальних репелентів. Ці рослини відлякують таких комах, як білокрилка, попелиця, комарі, мухита мурахи. А якщо засушити трохи м'яти, то це допоможе і від мишей. Стійкий ментоловий аромат м'яти перцевої відлякує навіть москітів і тлю. Деякі садівники висаджують м'яту та мелісу між грядками це значно зменшує кількість шкідників. А якщо розтерти м'яту у руках та нанести її на шкіру, ви отримаєте надійний захист від комарів та увесь час відпочинку відчуватимете приємний аромат.

М'ята та меліса – багаторічні трави, які належать до одного сімейства ясноткових, або губоцвітих. Ці рослини поширені у середземноморських та центрально-європейських країнах. У нас ростуть в культурі. У цьому сімействі налічується близько тридцяти видів м'яти, та п'яти видів меліси. Але найбільш поширені м'ята перцева (*Mentha piperita*) та меліса лікарська (*Melissa officinalis*)[3].

М'ята перцева має порожнисте, чотиригранне прямостояче стебло заввишки 30-90 см. У неї довгасті, коротко черешкові, загострені, навхрест супротивні листочки з серцеподібною основою та гостропильчастим краєм. Квітки – дрібні двостатеві або маточкові зібрані в колосоподібні суцвіття, мають світлофіолетове забарвлення.

Характерний освіжаючий аромат м'ята перцева має завдяки тому, що головною складовою її ефірної олії є ментол. Тому цю рослину часто додають до різних чайних зборів, яким вона надає неповторно аромату.

Меліса лікарська – ефіроолійна рослина з приємним лимонним ароматом. Вона має чотиригранні, гіллясті стебла заввишки 20-80 см. Квітки у неї неправильної форми, білого кольору. Найчастіше її використовують у лікарських, чайних зборах.

Хоча м'ята та меліса – лікарські трави з одного сімейства, проте це зовсім різні рослини. Кожна з наділена своїми властивостями. Меліса має заспокійливу дію, натомість м'ята бадьорить та тонізує. Але якщо м'ятний чай вживати регулярно, то він теж буде мати заспокійливу дію. Також ці рослини є сечогінними та антибактеріальними засобами, що допомагають при проблемах з травною системою.

Вирощувати м'яту та мелісу зовсім не важко. Вони ростуть у будь-якому місці, де достатній рівень освітлення, та рихлий ґрунт. Вони не вимагають частих підгодівель та добре розростаються. Своєчасний полив цих рослин забезпечить швидкий ріст, як у саду так і на балконі.

М'ята та меліса мають декоративний вигляд та приємний аромат. У ландшафтному дизайні їх часто використовують у міксбортерах. Вони добре виглядають разом з квітковими рослинами, а також їх часто висаджують в композиціях з іншими рослинами у великих контейнерах для прикраси терас і балконів (рис. 4).



Рис. 4. Меліса лікарська (*Melissa officinalis*) та м'ята перцева (*Mentha piperita*)

Усім подобаються духмяні трави. Базилік і чебрець це незамінні приправи у кулінарії, а також природні репеленти.

Базилік був відомий ще з давніх часів. До Європи його привезли воїни Олександра Македонського після походу до Центральної Азії. У стародавній Індії його використовували в народній медицині. На сьогоднішній день базилік найпопулярніша приправа в усіх кухнях Європейських країн. Ця рослина має приємний аромат духмяного перцю та прикрашає смак будь-якої страви. А також, базилік стимулює центральну нервову систему, тонізує та поліпшує роботу серця.

Ця рослина-репелент має ефективну дію проти таких шкідливих комах, як мухи та комарі. Варто посадити його біля дому або на підвіконні і можна забути про надокучливих мух. А також, базилік допоможе і у випадках коли вже є укуси. Потрібно лише зірвати кілька листочків, розтерти їх у руках та прикласти до місця укусу. Він швидко знімає набряк та свербіж [5].

Базилік (*Ocimum basilicum*) – однорічна трав'яниста рослина з родини губоцвітих. Він має пряме, чотиригранне, гіллясте стебло заввишки 20-70 см, густо вкрите листям. Листочки у нього довгасті, короткочерешкові, рідкозубчасті. Найчастіше має білі квітки, рідше блідо-рожеві або фіолетові. Листочки у більшості сортів мають зелене забарвлення, але й зустрічаються рослини з листочками фіолетового кольору. Базилік тепло- і світлолюбна рослина, яка росте у добре дренованих, суглинних та супіщаних ґрунтах. Для інтенсивного росту йому потрібен своєчасний полив та підживлення органічними добривами.

При створенні ландшафтного дизайну базилік з різним забарвленням листочків часто міксують між собою. Найчастіше його висаджують на грядках, у клумбах, бордюрах та у контейнерних посадках[6].

Чебрець це відома середземноморська рослина. Ще давньогрецький лікар Гіппократ вважав його лікарською рослиною, а у XVI сторіччі його внесли до травників.

Найчастіше чебрець використовують як приправу, особливо до жирних страв. Він сприяє травленню, адже ефірні олії чебрецю включають у себе тимол. Також чебрець додають лікарських чайних зборів. Він допомагає у лікуванні кашлю, має відхаркувальні та протизапальні властивості.

Завдяки своєму яскравому та інтенсивному запаху чебрець став справжнім ворогом комарів. Найкращий ефект досягається у теплу та сонячну погоду. Його часто висаджують не тільки у садах, городах, а також і у горщиках на балконах та підвіконнях (рис.5).

Чебрець звичайний (*Thymus vulgaris*) – трав'яниста рослина родини губоцвітих. Найбільше розповсюджений у західних районах середземноморського узбережжя. Він являє собою невеликий чагарник заввишки 35-50 см, з дрібними листочками завширшки 5–10 см. Він має стрижневий, дерев'янистий корінь та гіллясті, розгалужені та дерев'яністі при основі стебла. На півдні України його культивують як ефіроолійну рослину.

У ландшафтному дизайні чебрець найчастіше використовують як фонову рослину чи акцент у міксбортерах (рис.6).



Рис.5. Базилік у бордюрній посадці.



Рис. 6. Чебрець як акцентний елемент

Висновок. Отже, рослини-репеленти є незамінними помічниками у садах, на присадибних ділянках і навіть балконах. Влітку вони досить ефективно відлякують комах шкідників і хоч не на 100% , але значно зменшують їх кількість. Не завдають шкоди здоров'ю людей, а навпаки наповнюють повітря приємними ароматами. А також, ці рослини мають багато інших корисних властивостей. Наприклад, духмяні трави такі як м'ята, меліса заварюють у чай, а чебрець та базилік використовують, як приправи. Більшість рослин-репелентів окрім своїх корисних властивостей мають ще дуже гарний і декоративний вигляд. Тому є незамінними елементами у ландшафтному дизайні.

Список використаної літератури.

1. Антонюк Н.Е. Декоративні рослини природної флори України. К.: Вища школа, 2010. 220 с.
2. Неведомська Є.О., Маруненко І.М., Омері І.Д. Ботаніка: Навчальний посібник. 2021. 190с.
3. Дідур І.М., Прокопчук В.М., Панцирева Г.В., Циганська О.І. Рекреаційне садово-паркове господарство. Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ 2020. 328 с.
4. Рудник-Іващенко О.І., Кременчук Р.І. Лаванда вузьколиста (*Lavandula angustifolia*) у Лісостеповій зоні України. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів (25-26 травня 2017 р. м.Дніпро) Інститут зернових культур. ТОВ «Нілан-ЛТД». С. 135-136.
5. Шавлія в ландшафтному дизайні. URL: <https://uk.Oburocharlevoix.com/1459-sage-in-landscape-design>(дата звернення: 10.02.2024).
6. Свиденко, Л. В. Р.І. Кременчук. Стан і перспективи колекцій нових малопоширених субтропічних плодових культур, декоративних, ароматичних і лікарських рослин на півдні України. *Генетичні ресурси рослин: науковий журнал*. Харків. 2015. № 17. С. 75-86.

Nadia SMAL⁶¹,
3rd year student,
faculty of ecology, forestry and horticulture,
Vinnytsia National Agrarian University
Vinnytsia, Ukraine

USING VERTICAL GARDENING IN CITIES TO IMPROVE AIR QUALITY AND REDUCE NOISE

Annotation. *In modern cities, population growth and intensive urbanization lead to deteriorating air quality and increased noise pollution. A solution to these problems can be found through the introduction of vertical gardening. This technology not only improves air quality by absorbing carbon dioxide and releasing oxygen, but also serves as sound insulation, reducing noise levels in urbanized areas. The article discusses various methods of vertical gardening, its environmental benefits, as well as examples of successful projects in the cities of Ukraine and the world. The proposed recommendations for the integration of vertical gardening into the urban environment can contribute to improving the quality of life of residents.*

Keywords. *Vertical Gardening, Air Quality, Noise Pollution, Urbanization, Environmental Benefits, Urban Environment, Sustainable Development, Landscaping, Landscaping Projects.*

Анотація. *У сучасних містах зростання населення та інтенсивна урбанізація призводять до погіршення якості повітря та збільшення шумового забруднення. Вирішення цих проблем може бути знайдене через впровадження вертикального озеленення. Ця технологія не лише сприяє поліпшенню якості повітря шляхом поглинання вуглекислого газу та вивільнення кисню, але й служить звукоізоляцією, знижуючи рівень шуму в урбанізованих зонах. У статті розглядаються різні методи вертикального садівництва, його екологічні переваги, а також приклади успішних проектів у містах України та світу. Запропоновані рекомендації щодо інтеграції вертикального озеленення в міське середовище можуть сприяти покращенню якості життя мешканців.*

Ключові слова. *Вертикальне озеленення, якість повітря, шумове забруднення, урбанізація, екологічні переваги, міське середовище, сталий розвиток, ландшафтний дизайн, проекти озеленення.*

Introduction. Modern cities are facing numerous environmental challenges, with deteriorating air quality and rising noise pollution being among the most significant. Intensive urbanization, road transport, and industry lead to the accumulation of pollutants in the atmosphere, as well as to the creation of conditions that negatively

⁶¹ Науковий керівник: Малик В.М., доктор філософії з педагогіки, викладач кафедри української та іноземних мов ВНАУ

affect public health. In response to these problems, there is a need for innovative solutions that can improve the environmental situation in cities.

Vertical gardening is one such solution that not only helps to clean the air but also provides significant sound insulation. This technology makes it possible to maximize the use of limited space in cities by creating green spaces on building walls, balconies and terraces. It provides an aesthetic appearance, improves the microclimate, and contributes to the preservation of biodiversity. In this context, it is important to explore how vertical gardening can become a key tool in the fight against the environmental challenges facing modern cities. This article analyzes the benefits of vertical gardening, its impact on air quality and noise levels, and looks at examples of successful projects in Ukraine and abroad.

Summary of the main material. Vertical gardening is an innovative method that involves creating plantings on vertical surfaces, such as walls, building facades or fences. This approach makes it possible to use limited space in urban environments where traditional landscaping may be difficult or impossible. Vertical landscaping can include both natural plant compositions and specialized modular systems that provide maximum performance (Fig. 1). Natural plant compositions usually consist of a variety of plant species that are selected based on climatic conditions, lighting, and aesthetic preferences. Such plantings create a harmonious appearance and contribute to the preservation of biodiversity in the urban environment. Modular systems, in turn, consist of separate blocks or containers that can be easily mounted on vertical surfaces. These systems can include automated irrigation and drainage systems, which simplifies plant care and ensures their healthy development [3].

Vertical landscaping not only decorates architectural objects, but also performs important environmental functions, such as air purification, noise reduction, and temperature regulation in urban areas. This makes it an effective tool for improving the quality of life in cities, as it can transform gray urban spaces into green oases that improve the environmental situation and aesthetics of the urban environment.



Fig. 1. Vertical landscaping of buildings

Vertical gardens are an effective way to improve air quality in urban areas because they can actively absorb carbon dioxide and release oxygen. This natural process of photosynthesis not only helps to purify the air, but also provides oxygen to the environment, which is critical for the health of urban residents. In addition, plants in vertical gardens perform a filtration function, absorbing pollutants such as dust, toxins, and heavy metals contained in the atmosphere. For example, studies have shown that plants such as ivy and ferns can reduce the concentration of formaldehyde and benzene, which are often found in urban environments due to car emissions and industrial emissions. In one project in Paris, where vertical gardens were implemented, there was a significant reduction in air pollution in the surrounding areas, which confirms the effectiveness of such plantings (Fig. 2).



Fig. 2. Vertical gardening in Paris

Green vertical roofing plays an important role in reducing noise pollution in urban areas. Vegetation on building facades and green walls has natural soundabsorbing properties that can reduce noise coming from outside. Studies show that vertical gardens can reduce noise levels by an average of 5-10 dB, which is a significant improvement for residents of apartment buildings, especially those located near highways or industrial areas. For example, in large cities such as London or Tokyo, a positive effect of the introduction of vertical gardens on noise levels has been recorded. Green roofs not only create a barrier to sound waves, but also disperse sound, so residents feel less uncomfortable with extraneous noise [2]. This effect is especially important in densely populated areas, where constant noise from traffic and construction can significantly affect the quality of life. In addition, reducing noise pollution has a positive effect on the psycho-emotional state of people living in such conditions. Lower noise levels help to reduce stress and improve overall well-being, making vertical gardening not only aesthetically pleasing but also an important element of a comfortable urban environment.

Vertical gardening significantly improves the aesthetic appearance of urban landscapes, transforming gray concrete architecture into green, living spaces. The lifegiving colors and textures of vegetation on building facades not only create an attractive atmosphere but also give the city a modern look, which is especially

important in the context of rapid urbanization. Green architecture attracts the attention of not only residents but also tourists, which becomes an additional factor in attracting them to cities. Improving aesthetics also has a direct impact on the market value of real estate. Studies show that buildings with vertical landscaping are becoming more attractive to buyers and tenants, who are often willing to pay more for housing in areas with such elements. Green architecture not only increases visual value, but also creates an impression of comfort and well-being, which positively affects the overall perception of the area [6].

In Ukraine, vertical gardening is being actively implemented as part of various projects in Kyiv and Lviv, among others. These projects are striking in their creativity and commitment to environmental protection. In Kyiv, for example, green walls have been created on the facades of many shopping malls, office buildings and public institutions, which not only decorate the cityscape but also perform important air purification functions (Fig. 3). One of the most striking examples is a vertical garden on the facade of a well-known shopping center, where vegetation is placed in specially designed modules that ensure optimal plant growth. This project has become a symbol of environmental awareness in the city, demonstrating how green technologies can transform ordinary concrete surfaces into living, breathing ecosystems. Green walls not only help reduce carbon dioxide, but also absorb dust and other pollutants, improving overall air quality. Vertical gardening projects are also actively developing in Lviv. Here, green walls have been created on the facades of administrative buildings and cultural institutions, adding to the aesthetic appeal of the architecture. The project implemented on a building located in the historic center of the city is particularly impressive [5]. This project not only emphasizes architectural features, but also actively engages the community in environmental initiatives, encouraging local residents to take care of the environment.



Fig. 3. Introduction of vertical gardening in Kyiv

Vertical landscaping involves the use of various technologies and materials that ensure the successful and efficient implementation of green spaces on vertical surfaces. One of the most common technologies is hydroponics, which allows plants to grow without soil using nutrient solutions. This approach is particularly effective in urban environments where space is limited and traditional gardening is not possible.

Hydroponic systems can provide plants with the necessary nutrients in optimal quantities, which contributes to their rapid growth and development. Another important element of vertical gardening is modular systems, which consist of separate planting blocks. These blocks are easily mounted on vertical surfaces and can be adapted to different architectural styles. Modular systems allow you to create multitiered compositions, which provides an aesthetic appearance and functionality. Such systems can also be equipped with automated irrigation systems, which simplifies plant care and ensures healthy growth.

To maximize the efficiency of vertical gardening, soundproofing materials are also used. They help reduce noise pollution, which is especially important in densely populated urban areas. These materials can be integrated into the design of vertical gardens, providing additional comfort for residents. When choosing plants for vertical gardening, it is important to consider their characteristics and adaptability to the conditions in which they will grow. Commonly used species include ivy, which can withstand shade and easily adapt to vertical surfaces. Other popular plants include sparganium, which is known for its ability to purify the air, as well as various types of ferns that add texture and a green palette. Lavender and rosemary are not only aesthetically pleasing, but also emit a pleasant scent, making them a great choice for vertical gardens. In addition, succulents, due to their hardiness and variety of shapes, are also actively used for vertical gardening, adding color and variety [1].

Vertical gardening, despite its many advantages, faces a number of obstacles and challenges that can complicate its implementation. One of the most significant is financing. The high upfront costs of installing vertical gardening systems, including the plants themselves, materials, irrigation technologies, and installation, can be a significant barrier, especially for private owners or small businesses. In addition, the cost of maintaining and caring for green spaces also requires financial effort, which can deter potential investors. Technical limitations also pose a serious challenge. Successful vertical gardening requires a reliable irrigation and drainage system, which can be challenging in already constructed buildings. It is necessary to ensure that water is evenly distributed among all plants and that there are no problems with moisture accumulation, which can lead to damage to the building. Sometimes additional engineering work is required, which also affects the overall costs.

Plant care is another important aspect that can be an obstacle to the implementation of vertical gardening. Plants require regular maintenance, including watering, fertilizing, pruning, and pest control. This can be burdensome for building or business owners, who may not have the necessary knowledge or resources to take care of it properly. Therefore, there is often a need to hire specialists or companies that maintain green spaces, which in turn increases costs [4].

Given the global trend towards sustainable development, vertical gardening shows great potential for expansion and implementation in urban environments. Modern urban challenges, such as air pollution, growing noise levels, and lack of green space, require innovative solutions. Vertical gardens can be the answer to these problems, transforming urban spaces into more environmentally friendly and comfortable places to live. Further implementation of vertical gardening will not only

improve the aesthetics of the city, but also contribute to the preservation of biodiversity, as such plantings can become a haven for various species of plants and animals. Green architecture also helps to reduce the effect of urban heat islands, as vegetation reduces air temperature, which is especially important in summer.

In addition to its environmental benefits, vertical gardening can also increase the economic value of real estate. Greening projects on building facades are becoming attractive to investors, as properties with such elements often fetch a higher market price. This demonstrates the growing awareness of the importance of integrating green technologies into everyday life. Active community participation is also an important aspect of the prospects for the development of vertical gardening. Education and the involvement of residents in greening projects help to build environmental awareness and responsibility. Local initiatives can give a new impetus to the development of vertical gardens, which will positively affect the perception of green practices in society.

Conclusions. Vertical gardening is an effective way to improve air quality and reduce noise pollution in cities. Plants absorb carbon dioxide and pollution and create soundproof barriers, which increases the comfort of residents. Although there are challenges, such as high costs and the need for regular maintenance, the potential of vertical gardening in sustainable development is significant. Active community involvement and government support can help to expand it. Thus, vertical gardening deserves further study and implementation to make cities more environmentally friendly and comfortable to live in.

References

1. Варлащенко Л.Г., Поліщук В.В., Величко Ю.А. Використання витких рослин для вертикального озеленення Уманського національного університету садівництва. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Т. 27. № 4. С. 28–31.
2. Васильківський І. В., Петрук В. Г., Гуцулюк В. І., Кватернюк С. М. Розробка будівельно-акустичного екрану для зниження транспортного шуму. ІVий Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю : зб. наук. стат. (м. Вінниця, 25–27 вересня 2013 р.). Вінниця, 2013. С. 141–144.
3. Вертикальне озеленення в Україні: сучасний стан та перспективи розвитку. *Сучасні проблеми природничих наук* : матеріали Наук. інтернет-конф. молодих вчених (1 груд. 2020, Мелітополь). Мелітополь, 2020. С. 169–173.
4. Климчик О.М., Кучерук В.М. Альтернативні системи озеленення для забезпечення теплового комфорту мікроклімату міста. *Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку/ТЕБ-2019* : матеріали ІХ Всеукр. інтернет-конф., 04–15 лист. 2019 р. Ірпінь : УН-т ДФС України, 2019. С. 264–267.
5. Півняк Г.Г., Енергозбереження в промисловому секторі економіки України. *Наука та інновації*. 2006. № 2. С. 76–85.
6. Солоненко В.І., Ватаманюк О.В. Класифікація видів вертикального озеленення в ландшафтному будівництві. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 5. С. 126–136.

Світлана БАРКАСОВА⁶²,
Студентка 2-го року навчання,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СУХОЦВІТІВ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ДИЗАЙНІ

Анотація. Ця стаття присвячена дослідженню технологій вирощування сухоцвітів, аналізуються різноманітні способи використання сухоцвітів у флористиці, інтер'єрному дизайні та інших сферах творчості. Описано оптимальні умови для вирощування різних видів сухоцвітів. Особлива увага приділяється детальному опису різних методів сушіння рослин, такі як: повітряне сушіння, сушіння в силікагелі та пресування. Аналізуються переваги та недоліки кожного методу, а також їх вплив на збереження кольору, форми та текстури рослин. Також в даній статті описані популярні представники рослин – сухоцвітів, а саме : Гінсофіла (лат. *Gypsophila*), Лаванда (лат. *Lavandula*), Зайцехвіст яйцеподібний (лат. *Lagurus ovatus* L), Кермек (лат. *Limonium*).

Ключові слова: сухоцвіти, флористика, дизайн, екологічний декор, вирощування сухоцвітів.

Annotation. This article is devoted to the study of technologies for growing dried flowers and their various ways of using in floristry, interior design and other areas of creativity are analyzed. The optimal conditions for growing different types of dried flowers are described. Particular attention is paid to a detailed description of various methods of drying plants, such as: air drying, drying in silica gel and pressing. The advantages and disadvantages of each method are analyzed, as well as their effect on preserving the color, shape and texture of plants. Also, this article describes popular representatives of plants - dried flowers, namely: Gypsophila (Latin *Gypsophila*), Lavender (Latin *Lavandula*), Egg-shaped haretail (Latin *Lagurus ovatus* L), Kermek (Latin *Limonium*).

Keywords: dried flowers, floristry design, ecological decor, growing dried flowers.

Вступ. Сучасний світ дизайну інтер'єру та флористики переживає відродження інтересу до природних матеріалів, серед яких особливе місце посідають сухоцвіти. Ці рослини, що зберігають свою декоративність після

⁶² Науковий керівник – доктор філософії з агрономії, асистент кафедри лісового та садовопаркового господарства Піддубна Антоніна.

висушування, не лише додають естетичної привабливості простору, але й несуть у собі відчуття природної гармонії та довговічності.

Однак, для того щоб сухоцвіти могли повноцінно реалізувати свій потенціал у дизайні, необхідно забезпечити їх якісне вирощування та збереження. Традиційні методи збору та сушіння рослин часто не дозволяють досягти оптимальних результатів, що спонукає до пошуку та розробки нових технологій.

Мета. Дослідження сучасних технологій вирощування та сушіння сухоцвітів, аналіз їх впливу на якість рослин та розгляд можливостей їх використання в дизайні. Також буде проаналізовано сучасні тенденції використання сухоцвітів у дизайні інтер'єру та флористиці, з акцентом на їх екологічність та естетичну цінність.

Виклад основного матеріалу. Сухоцвіти – це квіти, які пройшли процес висушування, зберігаючи при цьому свою природну красу. Їх використання сягає глибокої давнини, починаючи з античних часів. У Стародавньому Єгипті вони відігравали важливу роль у релігійних обрядах та використовувалися для прикрашання поховань. У середньовічній Європі сухоцвіти стали основою для створення гербаріїв, які слугували важливим інструментом для ботаніків та лікарів, дозволяючи їм вивчати різноманітні рослини, їхні властивості та застосування. У XVIII-XIX століттях сухоцвіти набули популярності як елемент декору в оселях європейської знаті, де з них створювали вишукані композиції для прикраси інтер'єрів. З часом мода на сухоцвіти поширилася по всьому світу, і сьогодні вони є невід'ємною частиною сучасної флористики [1].

Сухоцвітом можуть бути не всі квіти, адже не всі рослини добре зберігають свою цілісність та візуальну привабливість після засушування. У процесі висушування більшість рослин втрачають свою природну яскравість кольорів та форму, стають ламкими та швидко втрачають листя й пелюстки. Тому для створення художніх виробів використовуються лише спеціально відібрані види рослин. При цьому в роботу йдуть не лише бутони та квіти, що розпустилися, але й насіннєві коробочки та плоди.

Також, сухоцвіти використовують в декоративних композиціях: з них складають букети, ікебани, панно, картини, колажі, та інші художні вироби (рис. 1) здатні зберігатись кілька років [2]. Флористи у композиціях використовують різні частини сухих рослин: квіти, стебла, листя, плоди, насіннєві коробочки, і навіть насіння та коріння. Крім того, багато сухоцвітів мають приємний аромат, який зберігається навіть після сушіння. Сухоцвіти є універсальним елементом декору, який додає природну теплоту і затишок будьякому інтер'єру.

Сухоцвіти – це чудовий вибір для декору, завдяки їхнім численним перевагам. Вони не лише довговічні, що робить їх економічно вигідними, адже не потребують постійного оновлення, але й не вимагають особливого догляду, такого як полив. Сухоцвіти – це екологічно чистий матеріал, який не містить шкідливих хімічних речовин, що робить їх безпечними для здоров'я та довкілля.

Догляд за сухоцвітами дуже простий та не потребує багато зусиль. Робити зріз потрібно в суху ясну погоду, після того як повністю зійде роса. Висушені

квіти потрібно зберігати у сухому, добре вентиляваному місці, подалі від вологи, щоб запобігти появі цвілі. Також, потрібно обмежити потрапляння сонячних променів на квіти, оскільки це може спричинити вигорання кольорів. Очистити сухоцвіти від пилу можна за допомогою м'якої щітки або продування повітрям [3].



Рис.1. Композиція з сухоцвітів у сучасному інтер'єрі

Для більшості сухоцвітів характерні невибагливість до умов вирощування та стійкість до несприятливих факторів погоди. Більшість видів відрізняється високою посухостійкістю і світлолюбністю.

Щоб отримати якісні сухоцвіти, необхідно правильно визначити час збору. Він залежить як від періоду цвітіння, так і від того, на якій стадії розвитку квітки потрібно її зрізати. Можна зібрати бутони, повністю розкриті квіти, плоди або насіннєві коробочки, залежно від виду рослини. Збираючи рослини на зріз, потрібно залишати якомога довші стебла – це дозволить розширити коло використання сухоцвіта та полегшить процес підвісної сушки.



Рис.2. Метод сушіння рослин, за допомогою підвішування

Щоб перетворити квіти на сухоцвіти, застосовують різні техніки: від простого висушування на повітрі до використання гліцерину, силікагелю або преса. Ці методи дозволяють зберегти природні відтінки та обриси рослин, що робить їх ідеальними для створення декоративних композицій.

Найпопулярніший і простий спосіб сушіння рослин – підвішування (рис. 2). Для цього квіти, зв'язані в невеликі пучки, підвішують головками вниз у

темному, добре провітрюваному місці на 15-40 днів, залежно від відсотку вологи в рослині та товщини пелюсток. Важливо уникати прямих сонячних променів. Цей метод підходить для багатьох квітів і лікарських трав, таких як: перекотиполе, ірландський дзвіночок, рогоза, китайський ліхтарик, мордовник, гортензія, безсмертник, місячник однорічний [4].

Для швидкого сушіння квітів без стебел можна використовувати силікагель (рис. 3). Цей метод дозволяє висушити дрібні квіти за 2-4 дні, а великі бутони – за 5-7 днів. Потрібно обережно зрізати стебло, залишивши 2-3 см біля головки квітки. Після – насипати шар силікагелю (4 см) в банку, покласти бутон голівкою вниз і повністю засипати рослину силікагелем, намагаючись, щоб він потрапив між пелюстками. Зберігати у щільно закритій банці у сухому і теплому місці. Перевірити готовність можна через 3 дні, за допомогою тонкого інструмента. Якщо квітка суха – можна її вийняти пінцетом, забрати залишки силікагелю та підготувати для подальшого використання. Квіти, висушені таким чином, зберігають яскраві кольори, форму і стають жорсткими, але не ламкими. Цей метод ідеально підходить для маргариток, сокирок та циній.



Рис.3. Метод сушіння сухоцвітів, за допомогою силікагелю

Для виготовлення сухоцвітів можна використовувати спеціальний прес для квітів (рис. 4). Деякі з них мають ремені для затягування і притискання, а інші – болти, які вкручуються і утримують дошки на місці. Цей метод дозволяє отримати плоскі, висушені квіти, які чудово підходять для створення гербаріїв, листівок, картин, прикрас та інших декоративних елементів.



Рис.4.Метод сушіння сухоцвітів, за допомогою пресу для квітів

Потрібно обирати квіти переважно невеликого розміру, адже квіти з великим бутонем не зможуть ідеально прилягати. Для цього методу ідеально підійдуть блідо-блакитні та фіолетові айстри, схожі на маргаритки. Потрібно зібрати квіти рано вранці, коли пелюстки ще міцні і стоять вертикально. Сушити можна цілу рослину, або окремо квіти та листя. Якщо сушити декілька рослин одночасно на одному аркуші – потрібно залишити простір між ними, щоб запобігти злипанню. За таким способом квіти висушуються приблизно за місяць, залежно від різновиду.

Серед великої кількості рослин – сухоцвітів є декілька, які особливо популярні у флористиці та декорі. Однією з них є Гіпсофіла (лат. *Gypsophila*) (рис. 5). Це кущ, що нагадує хмару. Ця рослина вирізняється легкістю завдяки густо розгалуженим стеблам, на яких розпускаються дрібні квіти білого, кремового або рожевого відтінку. Її можна вирощувати як прямим посівом, так і через розсаду. Оскільки рослина погано переносить пересаджування, для розсади краще використовувати торф'яні таблетки або горщики. Сушіння цієї рослини дуже просте: достатньо дочекатися повного розкриття квітів, зрізати гілочки та поставити їх у вазу без води[5].



Рис.5. Гіпсофіла (лат. *Gypsophila*)

Лаванду(лат. *Lavandula*) (рис. 6)цінують як сухоцвіт не лише за її естетичний вигляд, але й за її вишуканий аромат. Як стверджував Авіценна, запах лаванди має властивість «очищати розум і стимулювати серце». У культурі виділяють дві основні групи: французьку (широколисту) *Lavandula latifolia* (stoechas) та англійську (вузьколисту) *Lavandula officinalis* (angustifolia). Остання відрізняється більшою морозостійкістю, інтенсивнішим ароматом та невибагливістю. Засушена лаванда не лише створює атмосферу спокою та затишку, але й володіє заспокійливими властивостями, які допомагають зняти стрес і покращити сон. Лавандові саше наповнюють дім теплом і спокоєм. Лаванда не завжди має класичний синьо-блакитний колір, існують сорти з білими та темно-бордовими квітами. Це багаторічний кущ, який любить сонячні місця, але може рости й у тіні, хоча цвітіння буде менш яскравим. Лаванда є цінним медоносом.



Рис.6. Лаванда (лат. *Lavandula*)

Зайцехвіст яйцеподібний (*Lagurus ovatus* L.) – це пишна рослина з численними колосками, що сягають 2-3 см, кремово-білого кольору, вкритими м'яким пушком, які нагадують хвостики зайців. Особливо декоративно виглядає в липні-серпні. При вирощуванні через розсаду насіння висівають у квітні, а при прямому посіві в ґрунт – наприкінці травня. Це світлолюбна, холодостійка та вологолюбна рослина [6].



Рис.7. Зайцехвіст яйцеподібний (лат. *Lagurus ovatus* L.)

Кермек (лат. *Limonium*) – це рослина, яка зазвичай є багаторічною, але в північно-східних областях її вирощують як однорічну. У природних умовах вона росте на узбережжі Азовського моря, у південних районах Запорізької області та в Криму. Кермек – це кущ, який може досягати 90 см у висоту. З його прикореневої розетки виростають прямі стебла, на яких розташовані дрібні квітки, зібрані в щиткоподібні суцвіття. У природі ця рослина має бузково-сині квіти, але завдяки селекції існують сорти з різноманітними кольорами: білий, рожевий, жовтий, яскраво-синій та лососево-рожевий. Цвіте з липня до кінця вересня. Для оптимального зростання потрібні сонячні ділянки з легким ґрунтом, і слід уникати надмірного поливу та холоду. Рекомендується вирощувати розсадою в торф'яних горщиках, оскільки рослина погано переносить пересаджування.



Рис.8. Кермек (лат. *Limonium*)

Висновки. Отже, вирощування сухоцвітів потребує врахування особливих потреб кожної рослини, включаючи вибір ґрунту, освітлення, полив, метод висіву та температурний режим. Успішне сушіння є ключовим етапом, що дозволяє зберегти колір, форму та текстуру рослин. Різноманітність методів висушування дає можливість вибрати оптимальний варіант для кожного виду сухоцвітів. Подальші дослідження в цій галузі можуть бути спрямовані на розробку нових сортів сухоцвітів, удосконалення технологій вирощування та сушіння, а також на розширення можливостей їх використання в дизайні.

Список використаної літератури

1. Сухоцвіти: назви, фото та використання у букетах. URL: https://flowers.ua/ua/articles/sukhotsvity-nazvy-foto-ta-idei-dlia-vykorystannia-ubuketakh?srsid=AfmBOoouXJBEY-1XwIk1orQTPzB_ImMGUSw_nI2LbhUpNor(дата звернення 9.03.2025).
2. Бунін В.О. Квітникарство. Львів: світ, 1994. 152с.
3. Різні види сухоцвітів: посадка, вирощування, збір та зберігання. URL: <https://soncesad.com/statti/kviti/zagalne/rizni-vidi-suhoczvitiv-posadka,shhuvannya,zbir-ta-zberigannya.html> (дата звернення 9.03.2025)
4. Як засушити і зберегти квіти: 7 способів для красивих сухоцвітів URL: <https://www.sapa-lopata.com.ua/yak-zasushyty-i-zberehty-kvity-7-sposobivdlia-krasyvykh-sukhotsvitiv/>(дата звернення 10.03.2025)
5. Різні види сухоцвітів: посадка, вирощування, збір та зберігання. URL: <https://soncesad.com/statti/kviti/zagalne/rizni-vidi-suhoczvitiv-posadka,viroshhuvannya,-zbir-ta-zberigannya.html>(дата звернення 10.03.2025)
6. Популярні види сухоцвітів та їх особливості.
URL:<https://dfb.com.ua/populyarni-vydy-suhoczvitiv-ta-yih-osoblyvosti> (дата звернення 11.03.2025)

Єва ХЛОПКО⁶³,
студентка 2-го курсу,
факультет екології, лісівництва та садово-паркового господарства,
ННІ агротехнологій та природокористування
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ГЕНЕТИКА ОЗНАК СОНЯШНИКА

***Анотація.** У статті розглядаються генетичні особливості ознак соняшника та їхній вплив на продуктивність культури. Серед основних аспектів дослідження відзначаються успадкування морфологічних та агрономічних характеристик, роль генетичної мінливості у селекції та перспективи створення високоврожайних гібридів. Аналіз генетичних маркерів дозволяє оптимізувати процеси відбору, що сприяє покращенню адаптивних властивостей рослин. Використання сучасних методів молекулярної біології відкриває нові можливості для вдосконалення селекційних програм, спрямованих на підвищення стійкості соняшника до стресових факторів та покращення якісних показників урожаю.*

***Ключові слова:** Генетика, успадкування, селекція, соняшник.*

Annotation. The article discusses the genetic characteristics of sunflower traits and their impact on crop productivity. The main aspects of the study include the inheritance of morphological and agronomic characteristics, the role of genetic variability in breeding, and the prospects for creating high-yielding hybrids. The analysis of genetic markers allows us to optimize selection processes, which helps to improve the adaptive properties of plants. The use of modern methods of molecular biology opens up new opportunities for improving breeding programs aimed at increasing sunflower resistance to stress factors and improving the quality of the crop.

Keywords: Genetics, inheritance, breeding, sunflower.

Вступ. Генетика ознак соняшника, що включає вивчення механізмів успадкування морфологічних та фізіологічних характеристик, відіграє ключову роль у селекції цієї культури. Дослідження генетичних факторів дозволяє створювати високоврожайні гібриди та сорти, покращувати стійкість рослин до несприятливих умов середовища та оптимізувати якісні показники врожаю. Розвиток молекулярних методів аналізу значно розширює можливості селекціонерів, сприяючи ефективному відбору бажаних ознак та підвищенню продуктивності соняшника.

Виклад основного матеріалу. Соняшник – однорічна культура (рис.1). Його ботанічна назва *Helianthus* походить від грецьких слів *helios* — сонце і

⁶³ Науковий керівник – Аралова Т.С., канд. с.-г. н. ст. викладач кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин.

anthos – квітка. Основною причиною вирощування соняшника є добування олії з його насіння, що робить його важливою олійною культурою [1].

Соняшник є унікальним тим, що його виводили для різних цілей: спочатку як кормову культуру, згодом як олійну, харчову для кондитерських виробів, корм для птахів, а також, хоча й значно рідше, як декоративну рослину для домашніх садів і зрізаних квітів [2].

Генетика соняшника є важливою складовою селекційного процесу, оскільки вона визначає успадкування основних морфологічних та агрономічних характеристик, впливає на продуктивність, стійкість до абіотичних та біотичних стресів, а також на якість насіння.

Сучасні методи молекулярної біології дозволяють більш детально аналізувати генетичну структуру соняшника, що значно прискорює процес селекції. Використання ДНК-маркерів у селекційних програмах допомагає визначити зв'язок між генетичними особливостями рослини та її агрономічними характеристиками. Зокрема, вивчення поліморфізму окремих генів дає змогу розробляти сорти з підвищеною стійкістю до хвороб, посухи та несприятливих умов середовища.

Соняшник легко відрізняється від інших культурних рослин завдяки єдиному стеблу з характерно великим суцвіттям. Анатомічні дослідження вказують на схожість внутрішньої будови додаткових і первинних коренів. Морфологічно коренева система є простішою, ніж стебло, оскільки не містить вузлів і листя.

Рослина має різні ступені розгалуження: у культурних сортів зазвичай розвивається одне стебло з великим суцвіттям, тоді як у диких видів спостерігається множинне розгалуження, що бере початок у пазухах більшості листків. Суцвіття є ключовим об'єктом досліджень агрономів і селекціонерів, оскільки його розмір впливає на величину насіння та кількість фертильних дискових квіток, що в підсумку визначає врожайність культури.



Рис.1. Соняшник (*Helianthus annuus* L.) [3]

Антоціанове забарвлення у рослин контролюється єдиним домінантним геном Т, який регулює синтез антоціану в цілому. Однак для прояву пігментації в окремих органах необхідна взаємодія цього гена з одним, двома або трьома

комплементарними генами. Забарвлення гіпокотилля має моногенне успадкування та зчеплене з геном Ms, рецесивний алель якого обумовлює ядерну чоловічу стерильність.

Важливо зазначити, що виражене антоціанове забарвлення гіпокотилля не лише є генетично детермінованою ознакою, а й має важливе адаптивне значення. Дослідження показують, що такі рослини мають підвищену стійкість до низьких температур, витримуючи навіть короточасні заморозки до -5°C . Це робить їх цінним об'єктом для селекції, особливо в регіонах із ризиком ранньовесняних або осінніх похолодань.

Ознака листка. Листки соняшника відіграють ключову роль у формуванні запасних жирів у насінні, оскільки саме в них під час фотосинтезу синтезуються вуглеводи, які згодом перетворюються на ліпіди. Цей процес контролюється низкою генів, де висока фотосинтетична активність є домінантною ознакою, а низька фотосинтетична активність — рецесивною. Домінантний алель забезпечує ефективний синтез вуглеводів, що є основою для подальшого накопичення ліпідів.

Інтенсивність фотосинтезу тісно пов'язана з відтоком асимілятів, який регулюється генами, що відповідають за транспорт речовин. Ефективний відток асимілятів може бути домінантною ознакою, тоді як уповільнений транспорт — рецесивною. Це безпосередньо впливає на рівень олійності сім'янок, оскільки домінантний алель сприяє накопиченню більшої кількості ліпідів.

Колір листків. У різних форм соняшника листки можуть мати відтінки від світло-зеленого до темно-зеленого. Різноманітність забарвлення визначається полімерними генами Cg1...Cg4, при цьому зелений колір є домінантним щодо світло- та темно-зеленого [3].

Відтінок листків відіграє важливу роль у процесах фотосинтезу та адаптації рослин до умов вирощування. Темно-зелені листки зазвичай містять більше хлорофілу, що сприяє інтенсивнішому засвоєнню світлової енергії, тоді як світло-зелені можуть мати кращу світлопроникність, забезпечуючи рівномірніше освітлення нижніх ярусів рослинного покриву. Врахування цих особливостей у селекції та агротехнологіях може сприяти підвищенню продуктивності культури.

Зубчастість листової пластинки у соняшника оцінюється за 9-бальною шкалою, яка варіюється від дуже дрібних зубців до дуже грубих. Тип з дуже грубими зубцями є домінантним щодо менш грубих варіантів. Ця ознака, ймовірно, контролюється багатьма алелями, що утворюють складну серію генів.

Окрім цього, у соняшника спостерігається значна генетична різноманітність за іншими морфологічними ознаками листків. Це включає форму поперечного розрізу, яка може бути дуже увігнутою, плоскою або опуклою, форму верхівки, що варіюється від ланцетної до округлої чи трикутної, а також наявність вушок — від відсутності до дуже великих. Крила можуть бути вираженими в різній мірі, а кут між найнижчими бічними жилками змінюється від гострого до тупого.

Ці варіації в структурі листкової пластинки сприяють підвищенню адаптивності соняшника до різних умов вирощування та дають можливість для селекції нових форм з бажаними характеристиками для конкретних кліматичних умов [4].

Пухирчастість листкової пластинки в соняшника характеризується наявністю або відсутністю дрібних пухирців на поверхні листка. Ця ознака може бути виражена в різному ступені, що залежить від генетичних факторів і умов вирощування. Пухирці можуть мати різні розміри, і їх наявність часто асоціюється з підвищеною стійкістю рослин до стресових факторів, таких як високі температури чи посуха, оскільки вони допомагають знижувати випаровування води з поверхні листка.

У деяких формах соняшника пухирчастість листкової пластинки може бути домінантною ознакою, що передається за типом Mendel's inheritance, в той час як в інших – вона може бути менш вираженою або взагалі відсутньою. Вивчення пухирчастості дозволяє краще розуміти адаптаційні механізми рослини до екстремальних умов і може бути важливим фактором при селекції для покращення стійкості до посухи та інших стресових факторів.

Висота верхівки листка соняшника відносно місця його прикріплення до стебла може бути різною – нижчою, на рівні чи вищою. Цей параметр є важливим для формування оптимальної структури рослини. Особливу увагу привертає тип листка з висотою верхівки, що знаходиться вище рівня прикріплення, оскільки він є ознакою еректоїдного типу черешка. Еректоїдність листка – це характеристика, коли черешок має менший кут відхилення від стебла, ніж у звичайних рослин. Така структура забезпечує рослинам максимальні умови для фотосинтезу, оскільки дозволяє зменшити затінення між листками та покращити аерацію. Важливою перевагою є те, що рослини з еректоїдними черешками здатні краще використовувати світлові ресурси, навіть за високої густоти посадки. Цей тип листка особливо актуальний при створенні гібридів соняшника для вирощування при високій густоті посадки, до 150-200 тис. рослин на гектар, що дозволяє ефективно використовувати площу та покращити загальну продуктивність. Відомо, що еректоїдність листка зумовлена наявністю двох рецесивних генів – *er1* і *er2*, які контролюють розвиток цього типу черешка. Використання таких форм в селекції допомагає створювати гібриди, що добре пристосовані до інтенсивного вирощування, з покращеною стійкістю та продуктивністю [5].

Колір сім'янок соняшника є генетично детермінованою ознакою і залежить від присутності певних алелей, які контролюють пігментацію оболонки насіння. Зазвичай сім'янки соняшника мають світло-жовте або коричневе забарвлення, але існують форми з темними, навіть чорними, насінням. Колір сім'янок може бути важливим для споживачів, адже насіння з темнішими відтінками часто має вищу олійність (отже домінує над світлішими відтінками), що робить їх більш цінними в аграрному виробництві.

Ці ознаки можуть варіювати залежно від умов вирощування, але генетичні особливості мають визначальне значення для підвищення врожайності та якості

продукту. Змінюючи генетичний склад соняшника, можна отримати нові варіанти з покращеними властивостями листків та сім'янок, що підвищить ефективність вирощування і використання цієї культури.

Генетичний механізм контролю чоловічої стерильності у соняшника полягає в наявності спеціального гена, який блокує вироблення пилка або знижує її життєздатність, що робить рослину стерильною щодо чоловічих гаметофітів. Чоловіча стерильність у соняшника здебільшого зчеплена з ядерними генами, і цей механізм широко використовується в гібридизації для створення гібридів з високими врожайними властивостями.

Одним із найбільш поширених типів чоловічої стерильності є цитоплазматична стерильність (CMS), при якій стерильність визначається не тільки генами ядра, а й генами, що знаходяться в цитоплазмі мітохондрій. В соняшника за цей механізм відповідає спеціальний генетичний комплекс, де один з основних елементів – це ген, що контролює цитоплазматичну стерильність (наприклад, ген S). Цей ген не дозволяє утворювати пилок в чоловічих репродуктивних органах рослини.

Для подолання цього обмеження в селекції часто використовують гібридні схеми, де стерильні материнські лінії (з стерильними генами) схрещують з батьківськими лініями, що мають звичайну чоловічу фертильність. Такі гібриди мають високу врожайність і покращені агрономічні властивості завдяки збереженню генетичного різноманіття та зниженню інбридингу.

Таким чином, генетичний механізм чоловічої стерильності в соняшника дозволяє ефективно контролювати процеси запилення, що є важливим для створення високопродуктивних гібридів з бажаними характеристиками.

Перспективи створення високоврожайних гібридів соняшника полягають у використанні сучасних біотехнологій, молекулярної селекції та геномного редагування, що дозволяє створювати рослини з високою продуктивністю, стійкістю до стресових умов і хвороб. Важливим напрямком є інтеграція генетичних ресурсів від диких родичів культур для покращення адаптивних властивостей рослин до змінюваних кліматичних умов. Також перспективними є гібриди, стійкі до екстремальних температур, посухи, шкідників і хвороб, що дозволяє збільшити врожайність при мінімальному використанні води та пестицидів. Використання молекулярно-маркерної селекції та геномного редагування, таких як CRISPR (революційна технологія геномного редагування, яка дозволяє точно змінювати послідовність ДНК у живих організмах), дозволяє створювати нові гібриди з бажаними характеристиками, такими як підвищена олійність чи вища зернова продуктивність. У поєднанні з новими агротехнологіями, зокрема точним землеробством, ці інновації забезпечують значний потенціал для підвищення ефективності та стабільності виробництва сільськогосподарських культур у майбутньому [7].

Висновки. Соняшник є однією з найважливіших олійних культур, а його морфобіологічні особливості відіграють ключову роль у продуктивності та адаптації до різних ґрунтово-кліматичних умов. Україна є світовим лідером у вирощуванні соняшника та виробництві соняшникової олії. Високий рівень

рентабельності цієї культури зумовлює її широке використання в сільськогосподарському виробництві. Однак ефективність вирощування значною мірою залежить від якості насіннєвого матеріалу, застосування сучасних агротехнологій та дотримання оптимальних умов вирощування. Сучасна практика ведення сільського господарства в Україні спрямована на підвищення стійкості соняшника до посухи, хвороб і шкідників, що стає можливим завдяки вдосконаленню генетичних ресурсів.

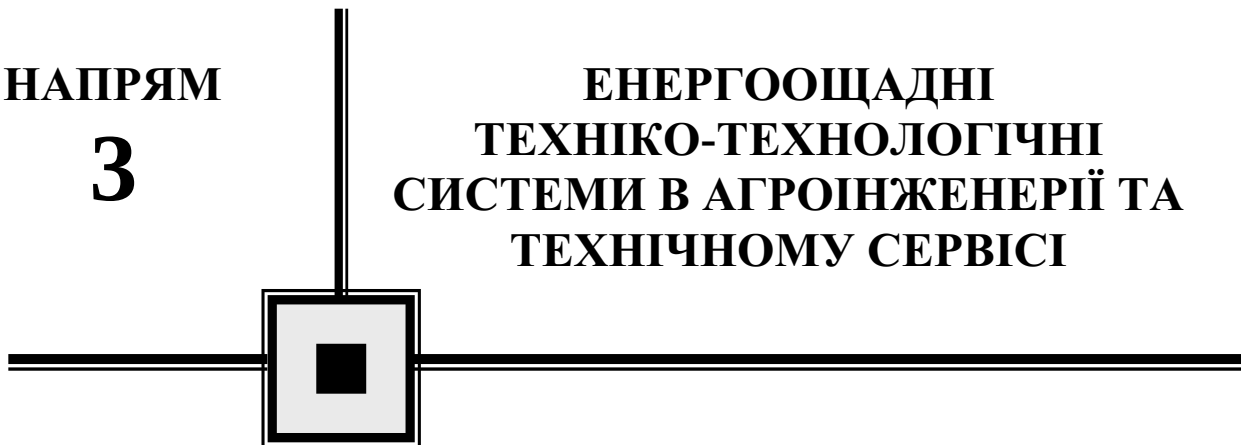
Селекція соняшника має стратегічне значення для забезпечення стабільності врожайності та поліпшення його господарсько-цінних ознак. Впровадження методів молекулярної біології та генетичних маркерів дозволяє прискорити процес створення нових сортів та гібридів із підвищеною продуктивністю, стійкістю до несприятливих умов і покращеними якісними характеристиками насіння. Подальший розвиток селекційних програм сприятиме зростанню ефективності сільськогосподарського виробництва в Україні та підвищенню конкурентоспроможності українського соняшника на світовому ринку.

Список використаної літератури:

1. Radanovic A., Miladinovic D., Cvejic S., Jockovic M., & Jovic S. Sunflower genetics from ancestors to modern hybrids—A review. 2018. 528 p.
2. Hu J., Seiler G., & Kole C. Genetics, Genomics and Breeding of Sunflower. 2010. 360 p.
3. Якими добривами найкраще підживляти соняшник. 2023. URL: <https://novynarnia.com/2023/05/02/yakymy-dobryvamy-najkrashhe-pidzhyvlyuvatysonyashnyk/> (дата звернення: 07.02.2025)
4. Веселий В. О.. Внутрішньолінійний добір за продуктивністю в селекції материнських форм гібридного соняшника. 2011. 11 с.
5. Тищенко В. Н., Чекалин Н. М., Баташова М. Є. Селекція та генетика окремих культур. 2008 р. 117 с.
6. Углевата О. В.. Розвиток та народно-господарське значення виробництва соняшника в Україні. 2013. 157 с.
7. Соняшник біологічні та фізіологічні особливості. 2024 URL: <https://uapg.ua/blog/sonyashnik-biologichni-ta-fiziologichni-osoblivosti/> (дата звернення 12.03.2025)

НАПРЯМ 3

ЕНЕРГООЩАДНІ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ В АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОМУ СЕРВІСІ



Любов ФАЙДЕВИЧ¹,
студентка 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ТОЧНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО: РОЛЬ ГЕОІНЖЕНЕРІЇ ТА БЕЗПІЛОТНИКІВ У ПІДВИЩЕННІ ВРОЖАЙНОСТІ

Анотація. У статті розглянуто роль геоінженерії та безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у точному землеробстві як ключових інструментів для підвищення врожайності та оптимізації агропроцесів. Проаналізовано сучасні методи збору й обробки даних за допомогою дронів.

Ключові слова: точне землеробство, геоінженерія, БПЛА, геоінформаційні системи, моніторинг, картографування ґрунтів, дистанційне зондування.

Annotation. The article discusses the role of geoengineering and unmanned aerial vehicles (UAVs) in precision agriculture as key tools for increasing yields and optimizing agricultural processes. Modern methods of data collection and processing using drones

Key words: precision agriculture, geoengineering, UAVs, geographic information systems, field monitoring, soil mapping, remote sensing.

Вступ. У сучасному сільському господарстві активно впроваджуються інноваційні технології, що сприяють підвищенню ефективності виробництва та оптимізації використання ресурсів. Одним із ключових напрямків такого розвитку є точне землеробство, яке базується на використанні цифрових технологій, геоінженерії та безпілотних літальних апаратів (БПЛА) [1].

Геоінженерія, що включає використання геоінформаційних систем (ГІС),

¹Науковий керівник: Труханська О.О., кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

супутникового моніторингу та дистанційного зондування Землі, дозволяє аграріям отримувати точні дані про стан ґрунтів, вологість, рівень поживних речовин та загальний розвиток рослин. Разом із цими методами безпілотні літальні апарати стали ефективним інструментом для оперативного збору даних, точного внесення добрив та засобів захисту рослин, а також моніторингу посівів у режимі реального часу [2].

Використання БПЛА у точному землеробстві не лише підвищує врожайність, а й сприяє зменшенню витрат на агротехнологічні операції та покращенню екологічної безпеки. Завдяки високоточним сенсорам і алгоритмам обробки даних аграрії можуть приймати обґрунтовані рішення, знижуючи втрати врожаю та оптимізуючи використання добрив і води.

Виклад основного матеріалу. БПЛА здійснюють трансформацію сільського господарства, надаючи новаторські рішення для деяких ключових викликів цієї галузі. Безпілотні літальні апарати (БПЛА), більш відомі як дрони, закріпились як незамінні інструменти для фермерів, дозволяючи їм збільшувати продуктивність, заощаджуючи ресурси та пом'якшуючи вплив на довкілля [3].

Ці повітряні пристрої оснащені передовими датчиками, камерами та системами розпилення, що дозволяє їм виконувати широкий спектр завдань з неймовірною точністю та швидкістю, включаючи моніторинг посівів, аналіз ґрунту, посадку та боротьбу зі шкідниками. Інтегруючи БПЛА у свою діяльність, фермери мають можливість керувати великими територіями за лічені хвилини та впроваджувати системи на основі даних, щоб задовольнити зростаючий світовий попит на продовольство в умовах обмежених ресурсів. Більше того, БПЛА знижують залежність від високовартісної техніки та пілотованих літаків, що робить їх економічно привабливою альтернативою для багатьох сільськогосподарських підприємств. Використання дронів у сільському господарстві, як зазначають експерти, може принести великий грошовий прибуток (більше 100 млрд доларів) по всьому світі за рахунок підвищення врожайності та скорочення витрат [1, 4].

Точне землеробство ґрунтується на спостереженні, висновках замірюванні й реагуванні на мінливість посівів, як між полями, так і всередині їх, знайшло могутнього соратника в технології безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Це партнерство кардинально змінює наш підхід до моніторингу врожаю, аналізу ґрунту та керування ресурсами. Представимо вдосконалення БПЛА різних складових точного землеробства (табл. 1) [2].

Безпілотні літальні апарати знайшли широке застосування для точного внесення мінеральних добрив, гербіцидів та засобів захисту рослин. У порівнянні з традиційними методами, БПЛА дозволяють точково обробляти ділянки, що дає змогу скоротити використання пестицидів на 30-50% . Це не тільки сприяє економії фінансових ресурсів, а й зменшує негативний вплив на екологію. До того ж, безпілотники можуть бути обладнані системами для посіву, які забезпечують рівномірне розподілення насіння по полях. Це набуває особливої актуальності під час лісовідновлення та висаджування культур у важкодоступних місцях [5].

Таблиця 1. Вплив БПЛА на різні складові точного землеробства.

Застосування	Опис	Переваги	Приблизний рівень прийняття (%)
Моніторинг посівів	БПЛА, оснащені багатоспектральними камерами, знімають детальні зображення здоров'я та росту рослин	Раннє виявлення стресу врожаю, покращене прогнозування врожаю	45
Аналіз ґрунту	Дрони зі спеціалізованими датчиками аналізують склад ґрунту та рівень вологості	Оптимізовано внесення добрив, покращено управління ґрунтом	30
Управління зрошенням	БПЛА відстежують вологість ґрунту та водний стрес рослин, щоб керувати рішеннями щодо зрошення	Збереження води, покращене зволоження культур	35
Виявлення шкідників і хвороб	Зображення високої роздільної здатності допомагають ідентифікувати зараження шкідниками та спалахи хвороб	Цілеспрямована боротьба зі шкідниками, зниження втрат врожаю	40
Прогнозування врожайності	Аналіз зображень БПЛА за допомогою ШІ забезпечує точні прогнози врожайності	Краще планування врожаю, покращені ринкові стратегії	25
Моніторинг посівів	БПЛА, оснащені багатоспектральними камерами, знімають детальні зображення здоров'я та росту рослин	Раннє виявлення стресу врожаю, покращене прогнозування врожаю	45
Аналіз ґрунту	Дрони зі спеціалізованими датчиками аналізують склад ґрунту та рівень вологості	Оптимізовано внесення добрив, покращено управління ґрунтом	30

Технологія точних дронів застосовує, як метод, безпілотні літальні апарати – дрони, з метою оптимізації способів ведення сільського господарства, таким чином підвищуючи врожайність [4].

Обладнані найновішими датчиками, камерами високої роздільної здатності та системами GPS-навігації, такі дрони мають можливість проводити детальні обстеження сільськогосподарських угідь. Їхня перспектива дає змогу виявляти проблеми, які було б складно, якщо не неможливо, розпізнати на земному рівні. Відтак, точність, що забезпечується технологіями дронів, відкриває дорогу до

революції у сучасному сільському господарстві [5].

Трансформаційна міць технологій безпілотників стає особливо наочною у сфері внесення пестицидів. Звичні методи, як-от літаки-обприскувачі або наземна техніка, нерідко не здатні досягнути усіх необхідних площ. Такі традиційні підходи можуть лишати поза увагою від 20 до 30 відсотків посівів, відкриваючи їм шлях до шкідників та захворювань.

Натомість, дрони демонструють виняткову якість покриття, реально охоплюючи до 99 відсотків запланованих ділянок. Така ефективність пояснюється здатністю дронів маневрувати на невеликій висоті у поєднанні з їхніми надточними навігаційними можливостями. Як наслідок, відбувається максимально сфокусоване внесення хімікатів, що скорочує їх використання та посилює захист культур [5, 6].

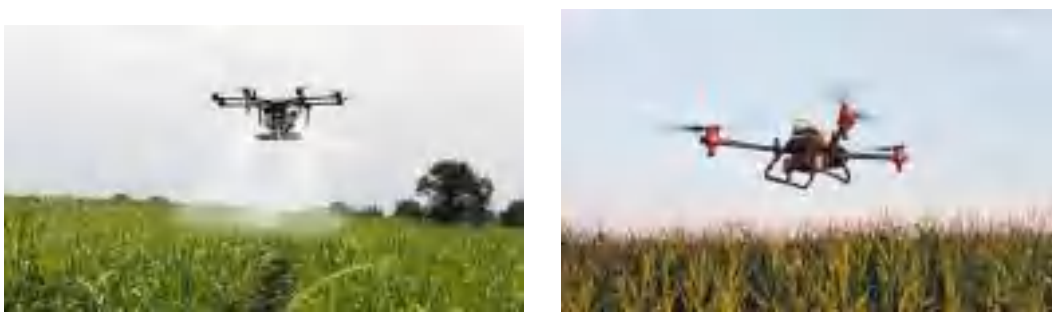


Рис. 1. Використання агродронів у аграрному виробництві.

Нещодавня геополітична напруга призвела до напруження глобальних продовольчих ланцюгів постачання таких як труднощі у ланцюгах поставок, кліматичні зміни, війна в Україні тощо. У зв'язку з цими подіями, передбачається, що у 2025 році світовий експорт зерна може продемонструвати дефіцит, оцінений в межах від 15 до 20 мільйонів тон пшениці та кукурудзи. Такий дефіцит може відповідати річному споживанню продовольства для 250 мільйонів людей, що становить близько 3% населення планети [3, 6].

Застосування високоточних безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у сільському господарстві потенційно могло б зменшити негативні наслідки цих перебоїв у ланцюгах постачання та дефіциту.

У світі стрімких перетворень стає все більш зрозумілим, що точні технології безпілотних літальних апаратів (БПЛА) здатні стати критичним поштовхом для світового сільського господарства та продовольчої безпеки. Здатність точно відслідковувати стан сільськогосподарських культур та оперативно реагувати на загрози дозволяє підвищити врожайність, зменшити втрати та допомогти фермерам пристосовуватися до змін клімату. Ця інноваційна технологія може відіграти ключову роль у забезпеченні майбутнього аграрного сектору, перетворюючи невизначеності, пов'язані зі зміною клімату, у керовані виклики, що стосуються як малих фермерських господарств, так і великих комерційних підприємств [6].

Впровадження безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у сільському господарстві суттєво змінює підхід до управління агропроцесами. Використання

дронів дозволяє фермерам оптимізувати ресурси, підвищити врожайність та зменшити витрати [6, 7].

Переваги використання дронів у аграрному секторі:

- оперативний моніторинг стану полів - дрони дозволяють швидко та регулярно оцінювати стан посівів, виявляти осередки хвороб, шкідників або дефіциту вологи;
- точне внесення добрив і засобів захисту рослин - не лише підвищує ефективність застосування засобів захисту рослин, а й зменшує екологічний вплив;
- скорочення витрат на паливо та робочу силу - зменшує вплив важкої техніки на ґрунт, запобігаючи його ущільненню;
- доступність для складних ділянок - дає змогу більш ефективно обробляти такі території без ризику пошкодження ґрунту або посівів;
- зменшення негативного впливу на довкілля - дозволяє точково розподіляти добрива та пестициди, що сприяє зменшенню їхнього потрапляння в навколишнє середовище, а також скорочує викиди CO₂ у порівнянні з традиційною технікою;
- підвищення ефективності управління фермою - дрони інтегруються з іншими цифровими технологіями, такими як GPS-навігація, штучний інтелект та геоінформаційні системи (ГІС), що дає можливість отримувати аналітику в реальному часі, прогнозувати врожайність і оптимізувати агротехнічні процеси;
- автоматизація та спрощення процесів - знижує необхідність безперервного контролю оператором і дозволяє виконувати завдання з високою точністю та швидкістю.

До недоліків використання дронів у аграрному секторі можна віднести:

- висока початкова вартість, чутливість до погодних умов;
- необхідність навчання персоналу, законодавчі обмеження. Наприклад, можуть бути обмеження на висоту польоту, необхідність отримання ліцензії або дозволу на використання БПЛА для сільськогосподарських цілей.
- обмежена автономність та ємність батареї та вантажопідйомність.

Висновок. Точне землеробство є одним із найперспективніших напрямів розвитку сучасного сільського господарства, що сприяє підвищенню врожайності, зниженню витрат та оптимізації використання ресурсів. Використання геоінженерії, зокрема геоінформаційних систем (ГІС) та дистанційного зондування Землі, дозволяє агровиробникам отримувати точні дані про стан ґрунтів, вологість, розвиток рослин та інші важливі показники. Це дає змогу приймати обґрунтовані рішення щодо внесення добрив, зрошення та захисту рослин, що, у свою чергу, мінімізує негативний вплив на довкілля.

Отже, поєднання геоінженерії та БПЛА в точному землеробстві відкриває нові можливості для агросектору. Це не лише підвищує продуктивність сільськогосподарських угідь, а й сприяє сталому розвитку сільського господарства, зменшуючи негативний вплив на довкілля та раціонально використовуючи природні ресурси.

Список використаної літератури

1. Революція сільського господарства: як технології БПЛА та Farmonaut формують майбутнє точного землеробства: веб-сайт. URL: <https://farmonaut.com/precision-farming/revolutionizing-agriculture-how-uav-technology-and-farmonaut-are-shaping-the-future-of-precision-farming/> (дата звернення 15.02.2025).
2. Підвищення врожайності за допомогою технології Precision Drone: веб-сайт. URL: <https://acuspray.com/enhancing-crop-yield-with-precision-drone-technology/> (дата звернення 22.02.2025).
3. Холодюк О. В. Глобальні навігаційні супутникові системи та їх роль у технологіях точного землеробства. Техніка, енергетика, транспорт АПК: науковий журнал. Вінниця. 2020. № 2 (109). С. 71-87.
4. Удосконалення точного землеробства: комплексний огляд програм машинного навчання та бачення AI у всюдиходах для автоматизації ферм: веб-сайт. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375524000881> (дата звернення 28.02.2025).
5. Дрони для аграріїв: веб-сайт. URL: <https://www.50northspatial.org.ua/ua/drones-in-agriculture/> (дата звернення 05.03.2025).
6. Технології точного землеробства: як агродрони допомагають підвищити врожайність: веб-сайт. URL: <https://life.rayon.in.ua/news/755919-tekhnologii-tochnogo-zemlerobstva-yak-agrodroni-dopomagayut-pidvishchiti-vrozhaynist> (дата звернення 10.03.2025).
7. Нестабільна робота навігації та заборона на польоти агродронами. Розбираємо основні проблеми точного землеробства під час війни: веб-сайт. URL: <https://latifundist.com/blog/read/2998-nestabilna-robota-navigatsiyi-ta-zaborona-na-poloti-agrodronami-rozbirayemo-osnovni-problemi-tochnogo-zemlerobstva-pid-chas-vijni> (дата звернення 17.03.2025).

Артур АРЦЕБАШЕВ²,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ІНЖЕНЕРНІ АСПЕКТИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ТРАКТОРА З ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ КОЛІС

***Анотація.** Агропромисловий комплекс потребує тракторів з електроприводом коліс малого тягового класу, які є більш перспективними на*

²Науковий керівник – Єленич А.П., асистент кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК.

тлі зростаючої вартості палива та екологічних вимог. Однак виникають питання щодо перспектив використання електродвигунів як приводу силового агрегату трактора та енергетичної оснащеності.

Ключові слова: трактор з електроприводом коліс, електропривод силового агрегату, електродвигун, дизельний двигун

Annotation. The agricultural sector needs tractors with electric wheel drive for small traction class, which are more promising amid rising fuel costs and environmental requirements. However, questions arise about the prospects of using electric motors as a drive for the tractor powertrain and energy equipment.

Keywords: tractor with electric wheel drive, electric power unit drive, electric motor, diesel engine

Вступ. Дизельні двигуни сільськогосподарських тракторів характеризуються токсичними викидами відпрацьованих газів і порівняно невисоким ККД (40...50%) силової установки на режимах максимальної ефективної потужності трактора. Токсичні викиди завдають шкоди здоров'ю людини та тварин і стримують роботу тракторів у приміщеннях з обмеженою вентиляцією повітря - таких, як ферми, теплиці тощо.

Для зниження токсичності ДВЗ використовують різні методи: наприклад, у циліндри додають воду разом із дизельним паливом або використовують альтернативні види палива. Проблеми зниження токсичних викидів, підвищення ефективності машини і поліпшення її споживчих властивостей комплексно вирішити вельми складно. Електропривод силового агрегату трактора не створює шкідливих викидів у навколишнє середовище і має порівняно високий ККД - 80...96% що дає змогу використовувати його як джерело механічної енергії [1].

Гнучкість керування електроприводом істотно підвищує ефективність роботи трактора. Різні типи електродвигунів даватимуть різний результат у разі їх використання у силовому агрегаті, в результаті мобільна машина матиме різні характеристики

Виклад основного матеріалу. Трактор, призначений для роботи в обмежено вентильованих приміщеннях, повинен мати невеликі габарити і потужність двигуна в діапазоні 10...60 кВт. Параметри двигунів різних типів необхідно порівнювати в однакових категоріях тракторів, експлуатованих в ідентичних умовах. Аналізуючи різні групи дизельних двигунів таблиця 1 і вентильних електродвигунів можна порівняти їхні основні параметри [3].

Щомісячне максимальне споживання енергії сільськогосподарською технікою може становити 4,7...5,2 млрд кВт-год. Енергія, вироблена електростанціями за 1 місяць, склала 11 млрд кВт-год, що в 2...3 рази більше максимального її місячного споживання. Запас енергії дає змогу здійснити перехід тракторів на електропривод силового агрегату, проте використання електродвигунів у тракторах, які споживають енергію від зовнішньої мережі, без подальшого розвитку енергетичних комплексів неможливе [2].

Таблиця 1. Основні параметри дизельних та електричних двигунів для приводу силового агрегату.

Параметр	Вид двигуна	
	Дизельний двигуна	Електродвигун
Максимальний ККД, %	40...50	80...96
Щільність потужності, кВт/кг	0,1...0,6	2...5
Ринкова ціна, тис. грн/кВт	1,5...8	3,5...15
Робоча температура, С°	80...100	-50...80
Гранична температура, С°	120...140	90...250

Оцінка енергоекономічних параметрів і доцільності використання трактора з електроприводним силовим агрегатом в умовах поточного стану енергетичних ресурсів на території України. Споживання дизельного палива практично не змінюється і становить 23 млн т на рік. Частка палива, що використовується в сільському господарстві, становить приблизно 18...25% від загального обсягу, тобто 3,9...4,3 млн т на рік. Кількість енергії, W , Дж, необхідну для перетворення в механічну роботу зі споживаного дизельного палива, можна визначити за формулою:

$$W = \frac{H_u \cdot G_w \cdot \eta_d \cdot \eta}{K_t} \quad (1)$$

Кількість електричної енергії, перетвореної в механічну роботу дизельним паливом за рік у сільськогосподарському секторі, можна оцінити в розмірі 24,8...34,9 млрд кВт-год, що становить приблизно 10% від запасу виробництва електроенергії. З урахуванням того, що до 60% робіт загального обсягу припадає на весняний і початок осіннього періодів, максимальна місячна частка палива від загального річного обсягу може досягати 35%. Тоді граничне місячне споживання енергії $W_{\max}$, Дж,

$$W = \frac{H_u \cdot G_w \cdot \tau \cdot \eta_d \cdot \eta}{K_t} \quad (2)$$

де τ - частка палива, витраченого в найбільш навантажений місяць ($\tau = 0,35$).

Ринкова вартість електродвигунів вища, ніж вартість дизельних, у 1,5...2 рази. Розкид вартості пояснюється відмінністю матеріалів і технологій виготовлення, термінів служби, виробників виробу і комплектуючих тощо. Масове використання електродвигунів обмежується у зв'язку з проблемою зберігання електричної енергії на борту трактора, а також низьким електроенергетичним потенціалом, що склав у 2019 р. приблизно 600 млрд кВт-год. При цьому граничне споживання електроенергії, що обмежується електростанціями, склало близько 500 млрд кВт-год. Умовний запас енергії, який потенційно можна використовувати для експлуатації електроприводних тракторів, склав приблизно 120 млрд кВт-год. Для оцінки параметрів

ефективності трактора необхідно проаналізувати характеристику вентильного електродвигуна порівняно з характеристикою дизеля еквівалентної потужності. Характеристики вентильного електродвигуна та дизельного двигуна різняться, проте їх можна приблизно змодельювати, виходячи з фізичних законів та апроксимації за емпіричними показниками¹ Характеристики електродвигунів можуть відрізнятися залежно від їхніх геометричних параметрів [6].

За базу для моделювання характеристик взято електродвигун НРМ20КВ. Найзручніше розглядати швидкісну характеристику двигуна зі зміною різних показників залежно від частоти обертання вала двигуна (рис. 1). Одним з основних показників роботи двигунів є енерговитрати на утворення одиниці потужності. Для ДВЗ ефективність оцінюється питомою ефективною витратою палива, що показує кількість витраченого палива, необхідного для отримання одиниці потужності за одиницю часу. В електроприводі такого показника не існує, і його ефективність зазвичай оцінюють за ККД (η_e).

На відміну від потужності та крутного моменту, які легко порівняти між собою, виникає проблема єдиного підходу до оцінки та порівняння показників ефективності роботи двигунів різного типу. У цьому випадку зручним є показник питомої енергетичної вартості (g_p , грн/кВт), що характеризує ефективність роботи двигуна шляхом оцінки питомих матеріальних витрат на енергію або паливо, для виробництва ним одиниці потужності. Цей показник може відрізнятися при зміні цін на паливо або тарифів на електроенергію при одних і тих самих категоріях двигунів, тому він має прикладний характер і є зручним для порівняння ефективності їхньої роботи в конкретних умовах. Для дизельного двигуна питома енергетична вартість (g_p , грн/кВт) визначається за формулою [3]:

$$g_p = \frac{P_D \cdot G_D}{\rho \cdot N_D}, \quad (3)$$

де P_D - ціна за 1 л дизельного палива, грн/л; G_D - годинна витрата палива, кг/год; ρ - густина палива, кг/л; N_D - поточна потужність двигуна, кВт

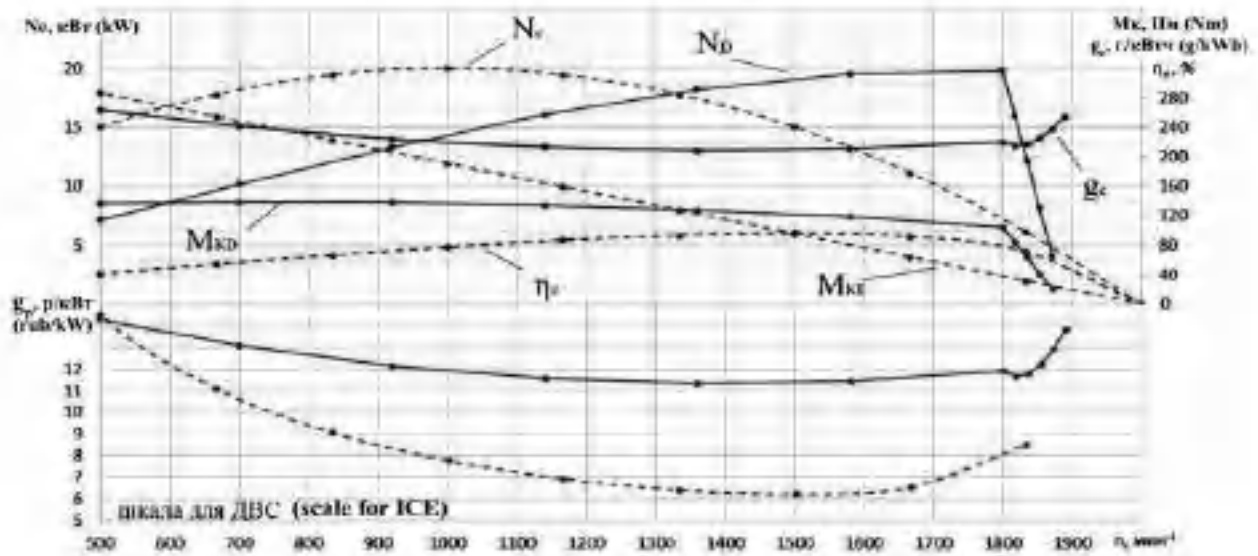


Рис. 1. Швидкісні характеристики дизельних і електричних безщіткових двигунів.

Для електродвигуна, що живиться від акумулятора або іншого накопичувача електричної енергії, питома енергетична вартість визначається іншим способом:

$$g_p = T_E \frac{P_c}{N_c} \eta_v, \quad (4)$$

де T_E - тарифна ставка за електроенергію, грн/кВт-год; P_c - електрична потужність, підведена до електродвигуна, Вт; N_c - механічна потужність на виході, Вт; η_v - ККД заряджання/розряджання накопичувача електричної енергії та перетворювача [5].

Згідно з даними рисунка за середніх і низьких навантажень питомі витрати на дизельний двигун вищі, ніж на електричний, на 6...7 грн/кВт-год. При підвищенні навантаження питома енергетична вартість зближується і прагне до 15 грн/кВт-год для обох типів двигунів. Аналогічно можна порівнювати тягово-економічні характеристики тракторів із різними типами приводу силового агрегату. характеристики електричного двигуна; характеристики дизельного ДВЗ; N_e , N_d - вихідні потужності дизельного та електричного двигунів відповідно; M_k - крутний момент двигунів; g_e - питома ефективна витрата палива ДВЗ; η_e - ККД електродвигуна; g_p - питома енергетична вартість (вартість дизельного палива прийнято за 55 грн/л, електроенергії - 10 грн/кВт-год)

У базовому варіанті для трактора існує показник - питома ефективна гакова витрата пального ($g_{кр}$), за яким оцінюється кількість пального, що витрачається для виробництва одиниці потужності на гаку трактора за одиницю часу. Для електроприводу можна скористатися узагальнюючим показником - питомою гаковою енергетичною вартістю $g_{кр}$, яка враховує вартість виробленої потужності на гаку за одиницю часу:

$$g_{кр} = \frac{g_p}{\eta_{кр}} = g_p \frac{N_c}{N_{кр}}, \quad (5)$$

де $\eta_{кр}$ - тяговий ККД трактора; N_e - вихідна потужність двигуна; $N_{кр}$ - тягова потужність трактора на гаку.

Запропоновані показники енергетичних витрат g_p і $g_{кр}$ оцінюють економічну складову. Для розв'язання прикладних інженерних задач під час порівняння тракторів із різними типами приводу силового агрегату зручніше оперувати енергетичними показниками (Дж або Вт). Розглядаючи проблему споживання електричної енергії тракторами на електричній тязі, потрібно враховувати, що агропромисловий сектор не є привілейованим. Тому в разі впровадження подібних технологій у масове використання основна частка використання електроприводних силових агрегатів припаде на автобуси, легкові і вантажні автомобілі. У такому разі запасу енергії електростанцій 120 кВт-год буде недостатньо і виникне потреба у збільшенні обсягів виробленої електричної енергії [4].

Використання електроприводних тракторів поки що не набуло широкого поширення. Вважається, що проблему обмеження запасу електроенергії можна вирішити, використовуючи гібридну силову установку, яка повинна містити в собі двигун внутрішнього згоряння та електричну трансмісію. Такі системи

набули широкого поширення на автомобілях і підтвердили свою ефективність під час роботи. Використання комбінованих енергоустановок на тракторах не потребує постійного заряджання від зовнішньої мережі, оскільки можна заряджатися від перетвореної енергії двигуна. Як накопичувачі енергії можна використовувати не тільки літій-іонні акумулятори, а й іоністори (суперконденсатори), які останніми роками починають активно впроваджуватися і розглядатися як тимчасові накопичувачі заряду з хорошими характеристиками. Ці фактори є визначальними в концепції електротрактора, проте залишається безліч проблем, пов'язаних із вибором і взаємним розташуванням електротехнічних вузлів, а також алгоритмів їхнього управління. Ці завдання в даний час є перспективними і вирішуються фірмами John Deere, Claas, Tesla, Toyota, Drive Electro тощо.

Висновки. Електроенергетичний потенціал перевищує можливі енергетичні витрати електричних тракторів та іншої сільськогосподарської техніки на 120 млрд кВт-год і вказує на можливість переходу на електропривод силового агрегату. Використання електродвигунів у тракторах без подальшого розвитку енергетичних комплексів і накопичувачів електричної енергії є неможливим. Введений показник питомої енергетичної вартості дозволив порівняти трактори з різними типами приводу. Використання вентильного електродвигуна постійного струму порівняно з дизельним двигуном на середніх і низьких навантаженнях дозволить знизити питому енергетичну вартість на 10...14 грн/кВт-год, або на 30...50%. За підвищених навантажень питома енергетична вартість зближується і прагне до 15 кВт-год для обох типів двигунів.

Список використаної літератури

1. Технологічне налагодження машинно-тракторних агрегатів: веб-сайт. URL: https://evgivanov.github.io/expl_html_book/book/part1/tema1-2.html (дата звернення 18.03.2025).
2. ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ: електронний підручник. URL: <https://khntusg.com.ua/wp-content/uploads/2020/01/2018.pdf> (дата звернення 24.03.2025).
3. Чорнокозинський П.З. Модернізація електропривіду мережевої насосної станції теплопостачання: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/35836.pdf> (дата звернення 24.03.2025).
4. Коц І.В., Грицун А.В. Математичне моделювання тепломасообмінних процесів теплиці із застосуванням енергозберігаючих технологій: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/3580.pdf> (дата звернення 24.03.2025).
5. Штуць А.А., Вишнівський В.М., Зінев М.В. Аналіз видів енергопостачання АПК та засоби підвищення їх ефективності: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/23753.pdf> (дата звернення 18.03.2025).
6. Пронько Л.М., Бранніцький Ю.Ю., Бузинний М.В. Перспективи розвитку енергозабезпеченості та енергоефективності сільськогосподарського

Максим ЯЦЮК³,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ПРО ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ РЕВЕРСИВНОГО РОЗМОРОЖУВАННЯ В РЕКУПЕРАТОРАХ ТЕПЛА ВІДПРАЦЬОВАНОВОГО ПОВІТРЯ

***Анотація.** Беручи до уваги ціни на енергоносії, одним із шляхів вирішення проблеми енергозбереження є зниження витрат на опалення тваринницьких приміщень за рахунок впровадження установок рекуперації тепла, які зменшують тепловтрати та оптимізують роботу систем мікроклімату.*

***Ключові слова:** Вентиляція, клімат, відтавання, рекуперація тепла, переробка, рекуперація тепла*

***Anotation.** Taking into account the prices of energy resources, one of the ways to solve the problem of energy saving is to reduce heating costs by introducing regenerative heat recovery units. These units reduce heat loss and optimize the operation of climate control systems.*

***Key words:** вентиляція, мікроклімат у приміщенні, розморожування, рекуперація тепла, рекуперація тепла*

Вступ. В умовах стійкого зростання цін на енергоносії можливе зниження витрат на опалення виробничих приміщень за рахунок утилізації тепла відпрацьованого повітря рекуперативними теплообмінниками, конструкція яких виключає можливість змішування чистого вуличного повітря і забрудненого відпрацьованого повітря. Рух припливних і витяжних повітряних потоків здійснюється в герметичних каналах, а теплообмін відбувається через розділову стінку. [1]

При охолодженні стінки теплообміну нижче температури точки роси в вихлопному воздуховоді теплообмінника утворюється конденсат, а при зниженні температури поверхні теплообмінника нижче 0°C конденсат кристалізується, що призводить до замерзання вихлопного тракту. [1]

Замерзання можна уникнути, якщо попередньо підігріти зовнішнє повітря

³Науковий керівник – Бурлака С. А., старший викладач кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК.

за допомогою електричних або рідинних нагрівачів. Однак з економічної точки зору цей метод не зовсім ефективний, так як конструкція ускладнюється і для функціонування системи потрібні додаткові експлуатаційні витрати. [1]

Альтернативним рішенням є використання теплообмінників в циклічному режимі «Рекуперація-розморожування», коли витяжний воздуховод спочатку замерзає, а потім, після зупинки пристрою, нагрівається теплим повітрям до повного відтавання. Цей принцип реалізується шляхом відключення припливного вентилятора і використання системи клапанів, які організовують подачу відпрацьованого повітря в режимі рециркуляції, тобто тепле відпрацьоване повітря подається в замерзлий теплообмінник, розтоплює лід і потім направляється назад в приміщення. Особливість схеми не дозволяє знизити температуру відпрацьованого повітря до зовнішньої температури, тому рециркуляційне повітря зберігає значний енергетичний потенціал. [1]

Рішення проблеми замерзання витяжного воздуховоду, реалізоване в конструкції електричної установки рекуперації тепла, забезпечується шляхом змішування рециркуляційного повітря з припливним. Частина відпрацьованого повітря (до 30% від загальної подачі повітря) переміщується в повітропровід припливного повітря з каналу рециркуляції. Можливе реверсування припливного вентилятора і розморожування витяжних воздуховодів теплообмінника за допомогою кімнатного повітря, що нагрівається трубчастими електронагрівачами. [1]

Ряд французьких і німецьких компаній пропонують розбалансувати продуктивність припливної і витяжної систем рекуперативної установки за рахунок зменшення припливу холодного припливного повітря. Однак таке рішення є неприйнятним в умовах. Це пов'язано з тим, що залежність ефективності використання тепла від витрати нелінійна.

Значний дисбаланс теплообмінника в продуктивності припливної та витяжної систем призводить до зниження ККД, а разом з відпрацьованим повітрям втрачається значний енергетичний потенціал. Також підвищений відтік повітря в порівнянні з припливом призведе до утворення вакууму у виробничому приміщенні, що тягне за собою інфільтрацію, холодні протяги і додаткове зниження енергоефективності системи в цілому. [1]

Рішення проблеми полягає в тому, щоб направити частину відпрацьованого повітря після теплообміну назад в приміщення через рециркуляційний клапан.

Система клапанів теплообмінника з системою управління значно збільшує його вартість, а складність конструкції знижує надійність і вимагає додаткових витрат на обслуговування. Беручи до уваги той факт, що в ряді регіонів в опалювальний період тривалість періоду стояння нижче -10°C становить від декількох діб до декількох годин, це призводить до збільшення терміну окупності системи розморожування, а в цілому - системи рекуперації тепла. З цієї причини виникає необхідність розробки системи розморожування рекуперативних теплообмінників, що забезпечує безперебійну роботу агрегату в найхолодніший період року з мінімальними витратами на його створення та

експлуатацію.

Виклад основного матеріалу. Вирішення проблеми замерзання конденсату в витяжному каналі рекуператора тепла і подальшого його відтавання без застосування додаткового обладнання і ускладнення конструкції в цілому можливо за рахунок зміни схеми управління його роботою, а саме шляхом переведення припливного вентилятора в реверсивний режим роботи. [2,3]

Передбачається, що в реверсивному режимі вентилятор повинен подавати тепле повітря в припливний канал, що забезпечить плавлення замерзлого конденсату з подальшим відновленням блоку рекуперації тепла. Для цього пропонується автоматизований пристрій рекуперації тепла (рис. 1), що складається з припливного вентилятора 1; конденсатовідвідник 2, розташований у нижній частині корпусу теплообмінника для відводу конденсату; вихлопна труба 3, встановлена вертикально під теплообмінником 4; повітропровід припливного повітря 5; витяжний вентилятор 6 з'єднаний з воздуховодом 7; рециркуляційний отвір 8; Термостат 9 з датчиком температури 10 відпрацьованого повітря після теплообміну, закріплений на припливному вентиляторі 1.

Монтаж працює наступним чином. У режимі рекуперації (рис. 1а) пропускна здатність витяжної та припливної систем дорівнює, а тиск у приміщенні близький до атмосферного ($P_1 \approx P_A$). Відпрацьоване повітря, що підштовхується вентилятором, долає опір теплообмінника, створює тиск повітря в отворі рециркуляції і спрямовується вгору. Оскільки температура відпрацьованого повітря вища за зовнішню, у повітропроводі виникає природна тяга (ΔP), що допомагає подолати аеродинамічний опір. [2,3]

Якщо необхідне розморожування (рис. 1б), витяжний вентилятор 6 продовжує працювати, а припливний вентилятор 1 зупиняється і включається зі зворотним обертанням (у зворотному порядку). Це забезпечує одночасну подачу теплого повітря в припливний і витяжний канали теплообмінника 4. Сигнал на переведення системи в режим розморожування подається термостатом 9 (ТР) - реле часу з термодатчиком. Поріг спрацьовування регулюється відповідно до температури відпрацьованого повітря після теплообміну (t , °C), зниження температури відпрацьованого повітря нижче критичного значення 0...+5°C свідчить про те, що теплообмінник 4 замерзає і необхідно включити режим розморожування.

Замерзлий конденсат швидко тане, але при цьому порушується баланс припливної та витяжної систем. У приміщенні утворюється розрідження ($P_1 < P_A$), для компенсації якого в повітропровід 7 зовні спрямовується атмосферне повітря, створюючи підпор для відпрацьованого повітря. Відпрацьоване повітря, що подається вентилятором, змішується з атмосферним повітрям і направляється через рециркуляційний отвір 8 в приміщення. При цьому частка свіжого повітря, що поступає, багато в чому визначається опором (пропускним перетином) рециркуляційного отвору: чим воно більше (тим менше перетин), тим вище вакуум стабілізує систему, і навпаки. [2,3]

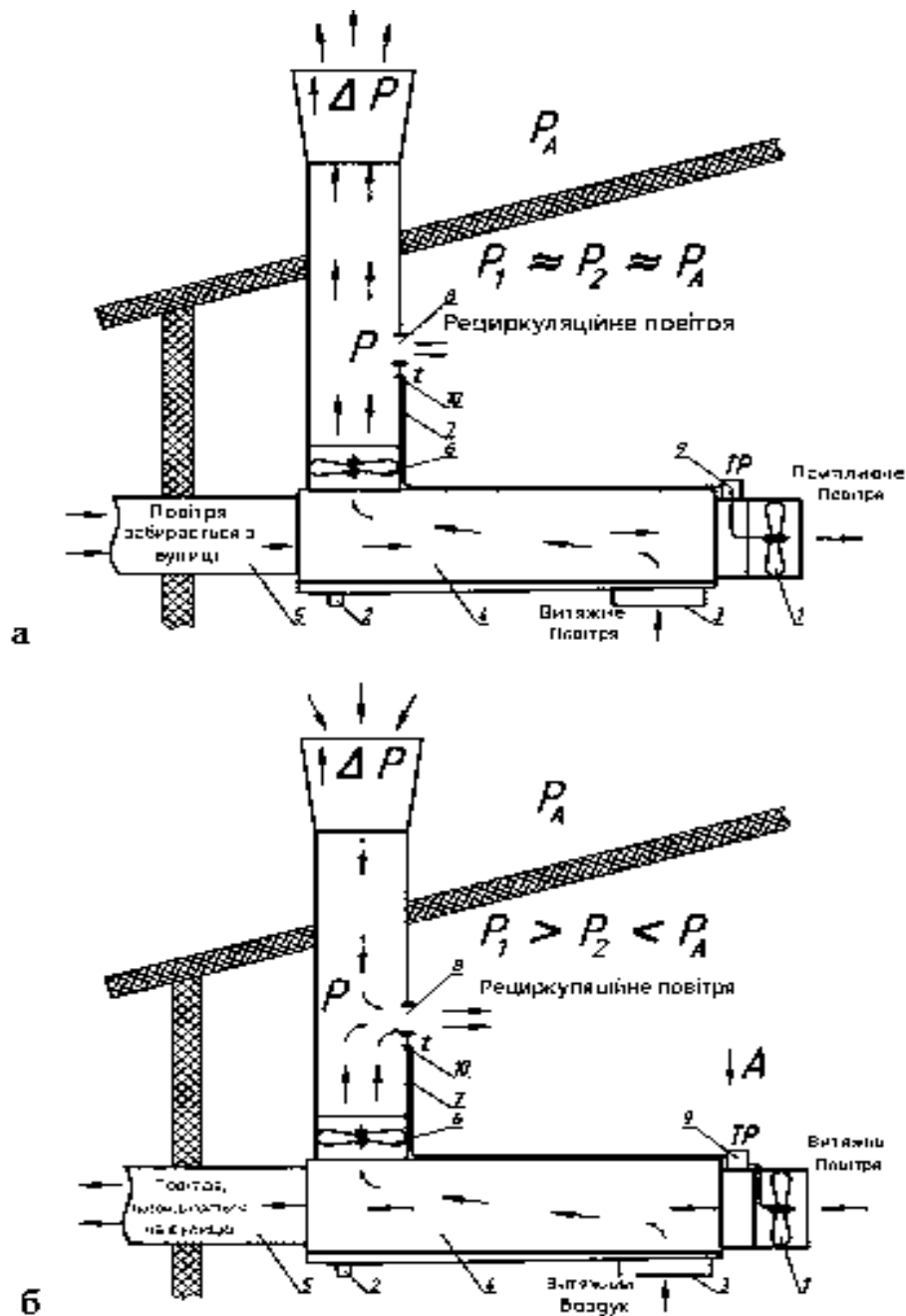


Рис. 1. Схема роботи автоматизованого пристрою рекуперації тепла в режимі рекуперації (а) і в режимі розморожування (б):

1 – припливний вентилятор; 2 – конденсатовідвідник; 3 – випускна труба; 4 – теплообмінник;
5 – повітропровід припливного повітря; 6 – витяжний вентилятор; 7 – воздуховод відпрацьованого повітря; 8 – рециркуляційний отвір; 9 – термостат; 10 – датчик температури.

Передбачається, що отвір рециркуляції на вихідному воздуховоді рекуператорної установки повинно мати площу проходу 20... На 50% менше, ніж площа самого вихлопного воздуховода. Межі цього діапазону обумовлені тим, що при зменшенні площі поперечного перерізу рециркуляційного отвору менш ніж на 20% від площі поперечного перерізу воздуховода відпрацьованого повітря аеродинамічний опір вихлопу зменшується і в зоні рециркуляційного отвору не утворюється необхідний зворотний хід відпрацьованого повітря. В таких умовах під впливом природної тяги і ефекту викиду частина теплового повітря приміщення

буде виводитися назовні, мінаючи теплообмінник, що знижує ефективність рекуперації тепла системи в цілому. [5]

На іншій межі дальності прохідної площі рециркуляційного отвору (більше 50%) сумарний аеродинамічний опір системи значно зростає, і для його подолання в режимі відтавання система стабілізується при вакуумі 20 ... 30 Па і більше. Робота системи мікроклімату в умовах вакууму понад 20 Па призводить до збільшення частки інфільтрації, появи холодних протягів, значного опору при відкритті входних дверей (додаткові 40... 60 Пн). Частка холодного повітря в утвореної суміші збільшується, що призводить до утворення конденсату (і навіть інею) в районі рециркуляційного отвору.

Для пристрою рекуперації тепла продуктивністю 6000 м³/год підійдуть вентилятори ВО-8.0 або їх аналоги з габаритними розмірами 800 × 800 × 550 мм.

Технологічно буде зробити рециркуляційний отвір вихідного воздуховода рівним по ширині воздуховоду, а зміна площі пропускного перетину повинно забезпечуватися за рахунок варіювання висоти. Беручи до уваги розміри воздуховода відпрацьованого повітря 800 × 800 мм, отримуємо його площу, рівну 0,64 м². З раніше наведених пропозицій щодо варіювання прохідного перетину рециркуляційного отвору в діапазоні від 20 до 50% впливає, що 20% буде відповідати площі 0,512 м² при розмірах отвору 800 × 640 мм, а 50% буде відповідати площі 0,32 м² при розмірах 800 × 400 мм. [5]

З енергетичної точки зору, для забезпечення функціонування системи в режимах «Рекуперація» і «Відтавання» відкриття повинно створювати підпор (аеродинамічний опір), що забезпечує виведення відпрацьованого повітря назовні в режимі рекуперації, що не перевищує 20 ... 30 Па в режимі розморожування. Існує потреба в теоретичному підтвердженні видалення відпрацьованого повітря через рециркуляційний отвір із заданими геометричними розмірами. Для цього за монтажною схемою, наведеною на малюнку 1, необхідно визначити втрати тиску на ділянці воздуховода відпрацьованого повітря від вентилятора до виходу. Для цього перетину характерні втрати в довжині і втрати при місцевих опорах (вихід з вентилятора, відкриття, вихід). [5]

Залежно від витрати вихлопних газів і температури зовнішнього повітря сумарний опір за вирахуванням природної тяги становить 1... 5 Па.

Опір потоку змінюється в залежності від розміру отвору при ширині $b = 800$ мм, висоті $h = 400... 640$ мм і витрата повітря, яка може варіюватися від 0 до 100% від максимальної потужності установки в 6000 м³/год. Залежно від витрати вихлопних газів і температури зовнішнього повітря сумарний опір за вирахуванням природної тяги становить 1... 5 Па.

З енергетичної точки зору, для забезпечення функціонування системи в режимах «Рекуперація» і «Відтавання» відкриття повинно створювати підпор (аеродинамічний опір), що забезпечує виведення відпрацьованого повітря назовні в режимі рекуперації, що не перевищує 20 ... 30 Па в режимі розморожування.

Таблиця 1. Опір рециркуляційного отвору шириною 0,8 м і висотою в залежності від швидкості повітряного потоку.

Витрата повітря від максимальної потужності, %	Висота розкриття h , м					
	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,64
100	25,7	20,3	16,5	13,6	11,4	10,0
90	20,8	16,5	13,3	11,0	9,3	8,1
80	16,5	13,0	10,5	8,7	7,3	6,4
70	12,6	10,0	8,1	6,7	5,6	4,9
60	9,3	7,3	5,9	4,9	4,1	3,6
50	6,4	5,1	4,1	3,4	2,9	2,5
40	4,1	3,2	2,6	2,2	1,8	1,6
30	2,3	1,8	1,5	1,2	1,0	0,9
20	1,0	0,8	0,7	0,5	0,5	0,4
10	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1

На підставі даних таблиці побудована поверхня розподілу втрат тиску на опір рециркуляційного отвору в залежності від висоти отвору і варіації витрати повітря від 0 до 100% (рис. 2).

Отримані розрахунки підтверджують, що при площі рециркуляційного отвору, що відповідає 20... 50% площі воздуховода відпрацьованого повітря, опір руху повітря (підпор) не перевищує 30 Па. Створення позитивного підпору не менше 1,0... 0,4 Па, що забезпечує видалення відпрацьованого повітря через рециркуляційний отвір, починається при досягненні потужності агрегату, що дорівнює 20% від максимальної [4].

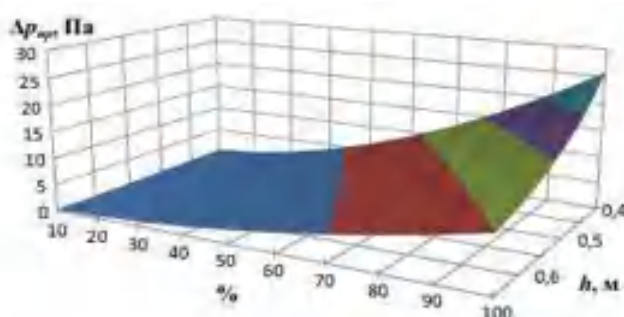


Рис. 2. Поверхня розподілу втрат тиску на опір рециркуляційного відкривання.

Висновок. Розроблений спосіб управління і конструкція рекуперативної установки забезпечують розморожування замерзлого конденсату без застосування системи рециркуляційних клапанів.

Ефективність роботи установки в режимах рекуперації і розморожування з рециркуляцією при розмірі рециркуляційного отвору в межах 80... 50% площі воздуховода відпрацьованого повітря, на якому опір руху повітря (підпор) становить 10... 25,7 Па.

Позитивний тиск не менше 1,0... 0,4 Па, що забезпечує відведення

відпрацьованого повітря назовні, досягається тоді, коли витрата повітря через рециркуляційний отвір дорівнює 20% і більше від максимальної потужності. Створення позитивного підпору не менше 1,0... 0,4 Па, що забезпечує видалення відпрацьованого повітря через рециркуляційний отвір, починається при досягненні потужності агрегату, що дорівнює 20% від максимальної.

Список використаної літератури

1. Твердохліб І.В. Рекуперативні системи механічної вентиляції: доповідь конференції, Всеукр. наук.-практ. конф. «Сучасні технології в будівництві, економіці та дизайні», 4-5 квіт. 2019. Немирів. 2019. 2 с.
2. Яропуд В.М., Дослідження процесу функціонування та оптимізація конструктивно-технологічних параметрів тритрубного рекуператора. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2020. № 1(108). С. 142-150.
3. Калетнік Г.М., Яропуд В.М. Фізико-математична модель вентиляційної системи нагнітання чистого повітря у тваринницьких приміщеннях. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2021. № 3(114). С. 4-15.
4. Яропуд В.М., Експериментальні дослідження повітряного теплообмінника побічно-випарного типу. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки.*: науковий журнал. 2024. № 4(333). С. 251-258.

Maria MYKHAYLOVSKA⁴,

2th year student,
Faculty of Engineering and Technology,
Vinnytsia National Agrarian University,
Vinnytsia, Ukraine.

BIOGAS PRODUCTION TECHNOLOGIES: INTERNATIONAL EXPERIENCE AND DEVELOPMENT IN UKRAINE

Annotation. The article is devoted to the analysis of modern biogas production technologies, world experience of their application and prospects for the development of this sector in Ukraine. The main technological approaches to the processing of organic raw materials, such as anaerobic digestion, the use of biomass of agricultural origin and industrial waste, are considered.

Key words: renewable energy, energy security, Ukraine, alternative energy.

Анотація. Стаття присвячена аналізу сучасних технологій виробництва біогазу, світового досвіду їх застосування та перспектив розвитку цього сектору в Україні. Розглянуто основні технологічні підходи до переробки органічної сировини, такі як анаеробне зброджування, використання біомаси сільськогосподарського походження та відходів промисловості.

⁴Науковий керівник: Ніщаків І.В., асистент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

***Ключові слова:** відновлювана енергетика, енергетична безпека, Україна, альтернативна енергетика.*

Introduction. Energy security of citizens and global ecological catastrophe encourage countries around the world to introduce and use new, alternative methods of energy generation. There is a need to find innovative energy sources that do not harm nature and have significant economic potential. Biogas production is an attractive option in terms of energy production. Given the almost unlimited raw materials resources, more and more attention of countries is being paid to methods of biogas production and processing. In addition, this type of fuel is multifunctional and can be used in various sectors. Positive changes in legislation further motivate investors to invest in the construction of biogas plants. The installation of biogas plants near farms and the creation of energy cooperatives are especially relevant, since farmers not only provide themselves with electricity, but also sell it to the state at favorable rates. Tons of waste are generated annually, and only a small part is used for its intended purpose and recycled, so biogas production from waste is one of the ways to reduce waste accumulation and reduce environmental pollution [1].

Over the past ten years, there has been a growing interest in biogas, covering both developed countries and the world as a whole. A significant number of biogas complexes are actively operating in India, China, Nepal and the countries of South America. In Western Europe, there are more than 600 thousand such facilities that process waste by fermentation, contributing to environmental improvement. This is explained by the need to simultaneously obtain high-quality organic fertilizers and biogas [2].

Presentation of the main material. Biogas is one of the promising areas of renewable energy, which allows for the effective use of organic waste and the production of environmentally friendly energy. World practice proves that biogas technologies not only reduce the negative impact on the environment, but also contribute to energy security. In Ukraine, biogas technologies are gaining popularity, but their implementation requires appropriate legislative and financial support.

In many countries of the world, biogas is an important component of the strategy for the development of renewable energy. In the EU, there are several thousand biogas plants operating on organic waste from agriculture, the food industry and municipal wastewater. In Germany, biogas provides a significant part of electricity production, which was made possible thanks to state support and favorable legislation. France and Denmark are also actively developing this area, investing in anaerobic digestion technologies and stimulating the transition to biomethane as an alternative to natural gas.

The main method of producing biogas is anaerobic digestion of organic raw materials in special reactors. Raw materials can be:

- agricultural waste (manure, silage, plant residues);
- food industry waste;
- sewage sludge;
- household organic waste.

Biogas plants produce methane, which can be used to generate electricity, heat or as a fuel for transport. A by-product is biofertilizer, which can be used in agriculture.

Ukraine has significant potential for the development of biogas technologies, as the country has large amounts of agricultural waste and organic biomass. In particular, the first biomethane plant has already started using the national gas transmission system to supply biogas. However, the main obstacles remain:

- high initial investment costs;
- lack of stable state support;
- imperfect legislative regulation;
- difficulties in attracting financing.

To expand biogas production, it is necessary to adapt European experience, develop appropriate infrastructure and create favorable conditions for investors. An important initiative is to support biogas exports to Europe, which can contribute to attracting investments and growing the industry.

International experience shows the effectiveness of biogas technologies as an environmentally friendly and economically profitable source of energy. Ukraine has all the prerequisites for the development of this area, but it is necessary to improve the legislative framework, support investments and stimulate the construction of biogas plants. Further development of biogas energy can contribute to the energy independence and environmental security of the country.

Modernity puts the need for the use of alternative energy sources to the forefront on a global scale. Biogas plants are becoming an important component in the energy and production sectors. Their positive aspects are clear: they provide not only fuel that can be used to generate electricity, meet the production and economic needs of enterprises, but also solve the issue of waste processing - instead of the costs of their transportation and liquidation, the enterprise has additional financial benefits [3].

The growth in the number of European biogas plants over the past decade confirms the sustainable development of this industry. At the end of 2018, there were 18,202 biogas plants in the European Union, which is 2% (or 419 units) more than in 2017. The total capacity of biogas plants generated reached 11,082 MW, and the total biogas production during the year was 63,511 GW. The leading countries in terms of the number of plants are Germany (11,084 plants) and Italy (1,655 plants). They are followed by France (837 plants), the United Kingdom (715 plants) and Switzerland (634 plants) [5]. In Asia, the leader in the number of domestic biogas plants is China, where 350 MW of biogas capacity was built and put into operation in 2016. In comparison, the installed electrical capacity of biogas plants in India during the same period was 187 MW.

The first place in terms of installed biogas production capacity in Latin America is occupied by Brazil - 450 MW.

The agricultural sector of Ukraine, generating a significant amount of organic waste, has the potential to produce biogas, which is capable of replacing 2.6 billion m³ of natural gas per year (theoretical estimate). In the case of further expansion of agricultural production and active use of plant raw materials (silage, grass), this potential can be increased, according to various estimates, from 7.7 (10) to 18 (11)

billion m³/year in natural gas equivalent. The first scenario assumes the involvement of 6% of arable land (50% of areas free from crops) of Ukraine for growing corn for biogas with a conservative yield of 30 t/ha. In this case, the share of biogas from corn silage is 53.0% of the total potential, from by-products and waste of crop production - 5.7%, from by-products and waste of the food industry - 5.3%, from animal manure - 36%.

According to information published by the State Agency for Energy Efficiency and Energy Saving, there are 73 biogas plants operating in Ukraine. These facilities produce electricity from biogas and receive payments at a "green" tariff. The total capacity of these plants reaches 86 MW, which significantly exceeds the indicators of the end of 2015 (18 MW), almost five times. Of this total, 59 MW (21 plants) are used for the use of agricultural waste, and 27 MW (28 plants) - for solid household waste. In 2018, 12 MW of new biogas capacities were launched (12 enterprises), and in 2019 this figure reached 40 MW (16 plants). It is important to mention that according to the National Commission for Energy and Power Generation of Ukraine, in 2019 biogas plants produced 247 million kWh of electricity. [7].

Thanks to the production and consumption of biogas/biomethane, an additional 2.1 billion m³ of natural gas per year and 0.4 million tons of gasoline and diesel fuel per year will be replaced (Table 1.) [8].

Table 1. Forecast of the development of the bioenergy sector until 2050 in terms of biogas.

Year	Installed power		Consumption biofuels, million tons AD	Replacement natural gas, billion m ³	Abbreviation CO ₂ emissions, million tons/year	Investments, billion euro		Creation workers places, units
	MVtel	MWt				min.	max.	
2020	97	104	0.03	0.00	0.11	0.24	0.39	1843
2025	281	302	0.38	0.05	1.40	0.70	1.13	5347
2030	511	547	0,73	0,11	2,70	1,28	2,04	9702
2035	760	814	1,16	0,20	4,27	1,28	3,04	14441
2040	910	975	1,47	0,28	5,42	1,90	3,64	17297
2045	1 073	1150	1,78	0,38	6,56	2,28	4,29	20390
2050	1 385	1484	2,36	0,55	8,70	2,68	5,54	26324

The main obstacles to the expansion of biogas projects:

- Difficulties with connection to centralized heating networks, heat obtained from biogas is inferior in cost to heat from natural gas;
- Insufficient efficiency of energy conversion, losses of the thermal component;
- Lack of practical experience in the use of lignocellulosic substances (in particular straw);
- Unreliability of guarantees from equipment suppliers, complexity of project development procedures;
- Lack of certification for organic fertilizers, lack of specialized equipment for applying fermented mass to land. [9].

Biogas technologies have significant potential in the development of renewable

energy and contribute to sustainable development. The use of biogas allows to reduce dependence on fossil energy resources, improve the environmental situation and create new economic opportunities:

1. Environmental safety - reduction of greenhouse gas emissions, reduction of fossil fuel use and effective disposal of organic waste.
2. Energy independence - the possibility of obtaining a local, renewable energy source, which reduces dependence on imported natural gas.
3. Secondary products - biofertilizers obtained during biogas production improve soil fertility.
4. Economic benefit - potential reduction in energy costs for enterprises and the possibility of selling excess electricity to the grid.
5. Development of agriculture - the use of agricultural waste for biogas production contributes to a circular economy.

Despite its many advantages, the biogas industry faces certain challenges that may slow its development. High investment costs, regulatory barriers, and technical difficulties may hinder the large-scale implementation of this technology:

1. High initial costs – significant capital investments in the construction of biogas plants, which may be out of reach for many enterprises.
2. Long payback period – biogas projects require a long period to return investments, which may deter investors.
3. Imperfect legislative regulation – the need to improve the regulatory framework, including feed-in tariffs and support for the biomethane industry.
4. Logistics problems – transportation and storage of raw materials for biogas plants can be difficult, especially for small producers.
5. Limited level of state support – unlike EU countries, Ukraine does not yet have effective subsidy and grant programs for the development of the biogas industry.
6. Social perception – in some regions, the population may perceive biogas plants as a source of unpleasant odor or an environmental threat, which creates additional barriers to their implementation.

Conclusion. Biogas production in the world is showing a rapid rise, which indicates the socio-economic, environmental and energy rationality of foreign biogas technologies.

One of the most promising alternative energy sources is biogas, which is the only type of renewable energy that can be used in various ways. It can be burned in heating systems and heat for heating. In enriched form, it is used in car engines as fuel. In cogeneration plants, electricity can be produced, which is then sold or used in its own production. Ukraine has significant potential for biogas production, especially in the agricultural sector, and a significant part of the potential falls on the processing of household waste.

One of the key aspects of biogas production from waste is the ability to solve environmental problems of waste management and obtain economic benefits.

References

1. Prospects for the use of biogas plants as a direction for waste reduction and

utilization: website. URL: http://www.kdu.edu.ua/Documents/KSNR_economica_2020/w9.pdf. (date of access 15.02.2025).

2. Klymchuk O. V., Grokh N. V. Biogas production: experience of foreign countries and development prospects in Ukraine: *collection of scientific papers of the Ukrainian Academy of Sciences*. No. 2(64) 2012. P. 50-54.

3. Biogas: The Future of Global Energy: website. URL: <http://ukrecoalliance.com.ua/biohaz-maybutnie-svitovoi-enerhetyky> (date of access 27.02.2025).

4. European and global experience in the application of biogas technologies – AgroBiogas: website. URL: <https://agrobiogas.com.ua/the-experience-of-europe-and-the-world-of-biogas-technologies/> (date of access 05.03.2025).

5. World experience in using waste as an energy source: website. URL: <https://agrobiogas.com.ua/the-experience-of-europe-and-the-world-of-biogas-technologies/> (date of access 09.03.2025).

6. Biogas - a real alternative to natural gas?: website. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8373-biohaz-realna-alternatyva-pryrodnomu-hazu.html> (date of access 15.03.2025).

7. Biogas sector in Ukraine: great prospects and reality: website. URL: <https://energytransition.in.ua/sfera-biohazu-v-ukraini-velyki-perspektyvy-ta-real-nist/> (date of access 17.03.2025).

8. Roadmap for the Development of Bioenergy in Ukraine until 2050 and Action Plan until 2025: website. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/11/Zvit-D5.-Dorozhnya-karta-rozvytku-bioenergetyky-v-Ukrayini-do-2050-roku-i-Plan-dij-do-2025.pdf> (date of access 15.02.2025).

9. Development of opportunities for the use of biomass in the renewable energy sector of Ukraine: website. URL: <https://secbiomass.com/projects/734/> (date of access 22.03.2025).

Ігор ШКВАРИЛО⁵,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ОБЛАДНАННЯ І УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ ТА ЛИПКОСТІ ҐРУНТУ

***Анотація.** У статті розглянуто сучасне обладнання і устаткування для визначення твердості та липкості ґрунту. Проаналізовано принципи роботи механічних і електронних приладів, їх точність та ефективність. Визначено*

⁵Науковий керівник – Труханська О.О., кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу

роль таких вимірювань у сільському господарстві та будівництві. Окреслено вдосконалення методів аналізу ґрунтових характеристик.

Ключові слова: твердість ґрунту, липкість, метод Качинського, агрономія, вологість ґрунту, гумус.

Annotation. The article reviews modern equipment and facilities for determining soil hardness and stickiness. The principles of operation of mechanical and electronic devices, their accuracy and efficiency are analyzed. The role of such measurements in agriculture and construction is determined. Prospects for improving methods of analyzing soil characteristics are outlined.

Key words: soil hardness, stickiness, Kaczynski method, agronomy, soil moisture, humus.

Вступ. Визначення фізичних властивостей ґрунту, таких як твердість і липкість, є критично важливим аспектом агрономічних досліджень, сільськогосподарського виробництва та екологічного моніторингу. Ці параметри безпосередньо впливають на такі ключові фактори, як обробка ґрунту, проникнення коренів рослин, водопроникність, аерація та загальна родючість ґрунту. Точне та систематичне визначення твердості та липкості ґрунту дозволяє оптимізувати технології обробітку, підвищити ефективність використання сільськогосподарської техніки, а також оцінити стан ґрунту та його придатність для вирощування певних культур. Сучасні методи та засоби вимірювання цих важливих характеристик ґрунту включають різноманітне обладнання та устаткування, що варіюється від простих ручних приладів до складних лабораторних установок. Вибір конкретного інструменту залежить від цілей дослідження, необхідної точності вимірювань, типу ґрунту та умов навколишнього середовища.

Виклад основного матеріалу. Ґрунт є одним із найважливіших природних ресурсів, який відіграє ключову роль у сільському господарстві, будівництві, дорожньому господарстві та багатьох інших сферах людської діяльності. Його фізико-механічні властивості, зокрема твердість і липкість, визначають придатність земель для сільськогосподарського використання, проектування фундаментів будівель та споруд, а також ефективність проведення різних технологічних операцій [1, 2].

Визначення твердості та липкості ґрунту є важливим завданням у галузях агрономії, геотехніки, екології та інженерії. Твердість ґрунту характеризує його опір механічному впливу, що має велике значення для визначення можливостей його обробітку, стійкості до ерозійних процесів та ступеня ущільнення. Липкість, у свою чергу, визначає здатність ґрунту злипатися при контакті з інструментами та устаткуванням, що є критичним показником при проведенні земляних робіт і виборі методів його обробки.

Для оцінки цих властивостей використовується спеціальне обладнання та устаткування, що дозволяє проводити лабораторні та польові дослідження. До основних приладів для визначення твердості відносяться пенетрометри,

динамічні конуси, штампів випробування та інші пристрої, які допомагають оцінити щільність та міцність ґрунту. Липкість визначається за допомогою в'язкозиметрів, адгезиметрів та інших приладів, що дозволяють оцінити силу зчеплення частинок ґрунту при зміні вологості та температурних умов.

Сучасне обладнання для визначення фізико-механічних властивостей ґрунту дозволяє значно підвищити точність і ефективність вимірювань, зменшити трудомісткість аналізу та отримати об'єктивні дані для подальшого використання у практичній діяльності. Автоматизовані системи аналізу, цифрові датчики та інші технологічні інновації сприяють підвищенню рівня досліджень у цій галузі та забезпечують більш точне прогнозування поведінки ґрунту під навантаженням [3].

Дослідження та розробка методів визначення твердості та липкості ґрунту є невід'ємною частиною сучасних наукових досліджень у сфері агрономії, геотехніки та будівництва. Впровадження передових технологій дозволяє не лише покращити якість отриманих даних, але й сприяє більш раціональному використанню земельних ресурсів та підвищенню ефективності інженерних рішень. У зв'язку з цим дослідження у сфері удосконалення методів та приладів для оцінки ґрунтових характеристик залишаються актуальними та важливими для багатьох галузей науки та промисловості.

Властивість ґрунту прилипати у зволоженому стані до робочих частин сільськогосподарських машин і ґрунтообробних знарядь називають липкістю. Вона вимірюється зусиллям, яке необхідне для вертикального відриву прилиплої до ґрунту металевої пластини:

$$A = \frac{P}{S}, \quad (1)$$

де A - липкість, г/см²; P - прикладене зусилля для відриву пластини від ґрунту, г; S - площа пластини, см².

Величина липкості залежить від механічного складу, структури, вологості ґрунту, вмісту гумусу, кількості увібраних основ. При збільшенні у вбирному комплексі вмісту катіонів обмінного натрію липкість збільшується, а багатовалентних катіонів – зменшується. Змінюється липкість і залежно від вологості ґрунту. При збільшенні вологості, починаючи від її мінімальних показників, липкість ґрунту збільшується до певної межі. При дальшому збільшенні вологості ґрунту і появи на його поверхні вільної води липкість починає зменшуватися. Для вимірювання липкості запропоновано багато методів і приладів [1].

Розглянемо метод Качинського. Для визначення липкості використовують прилад Качинського (рис. 1), що являє собою видозмінені технохімічні терези. Ліву чашку замінено стержнем, на нижньому кінці якого знаходиться диск площею 10 см². Диск виготовляють із сталі, латуні, дерева або гуми. На праву чашку ставлять стакан для піску. В такому положенні терези урівноважують.

Липкість ґрунту визначають на зразках з порушеною і непорушеною будовою. Для визначення липкості ґрунту з порушеною будовою беруть 100 г ґру ґрунту, просіяного через сито з отворами діаметром 1 мм.

Наважку висипають у фарфорову чашку і, доливаючи воду, доводять до

відповідної вологості. Наприклад, максимальна гігроскопічність ґрунту становить 4%. Щоб довести вологість цього ґрунту до 20 %, до наважки слід додати 16 мл води.

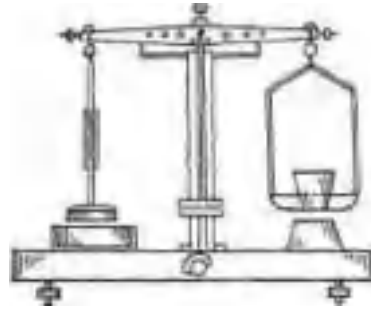


Рис. 1. Прилад Качинського для визначення липкості ґрунту.

Ґрунт ретельно перемішують до однорідної маси, переносять у формочку, поверхню вирівнюють і формочку підставляють під диск приладу. Відпустивши аретир, на диск кладуть вантаж масою 200-300 г для кращого прилипання ґрунту. Через 0,5 хв. вантаж знімають і в стакан обережно насипають малими порціями пісок до моменту відриву диска від ґрунту. Пісок зважують і вираховують показник липкості діленням маси піску на площу диска. Це й буде липкість ґрунту при заданій вологості. Липкість визначають при різних показниках вологості до того моменту, коли ґрунт уже не буде прилипати до диска.

Для визначення липкості ґрунту з непорушеною будовою відібраний зразок ставлять у ванну для капілярного насичення. Після насичення до повної вологоємкості визначають липкість ґрунту таким же способом, як і в зразках з порушеною будовою. Потім зразок поступово підсушують і визначають липкість при різному вмісті води доти, поки ґрунт не буде прилипати до диска. На основі одержаних даних можна побудувати графік залежності липкості ґрунту від його вологості [4].

Приладдя: прилад Качинського, алюмінієві чашки, сито з отворами діаметром 1 мм, ванна для капілярного насичення зразка, бюкси, пісок, терези, сушильна шафа.

Розподіл ґрунтів за величиною липкості при капілярному зволоженні на п'ять категорій за Качинським представлено у (табл. 1).

Таблиця 1. Класифікація ґрунтів за липкістю.

Липкість ґрунту, г/см ³	Категорія
>15	Граничнов'язкий
5-15	Дуже в'язкий
2-5	Середньов'язкий
0,5-2	Слабов'язкий
0,1-0,5	Розсипчастий

Властивість ґрунту чинити опір проникненню в нього тіла плунжера у вигляді конуса, кулі, циліндра називають твердістю. Вона вимірюється кілограмами на 1 см² поперечного перерізу плунжера. Висока твердість ґрунту часто буває причиною зниження схожості висіяного насіння, чинить механічний

опір розвитку кореневої системи рослин, є причиною погіршення водного, повітряного і теплового режимів ґрунту.

Твердість залежить від механічного і хімічного складу, вологості ґрунту, вмісту гумусу і увібраних основ, від об'ємної маси і структури ґрунту тощо. У міру зволоження ґрунту його твердість зменшується, при насиченні одновалентними металами - збільшується, малогумусні ґрунти твердіші сильно гумусованих, оструктурені ґрунти менш тверді, ніж неоструктурені. Твердість може бути використана при визначенні необхідної сили тяги при обробці ґрунту. Для визначення твердості ґрунту використовують прилади - твердоміри.

Твердомір Качинського (рис. 2). Прилад портативний масою до 2 кг. Ним зручно користуватися при визначенні твердості ґрунту різних генетичних горизонтів. Діє за принципом револьвера: силою стиснутої пружини плунжер проникає в ґрунт [4].

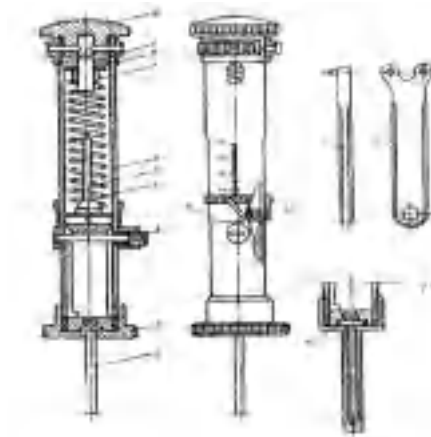


Рис. 2. Твердомір Качинського.

Розглянемо визначення твердості ґрунту твердоміром Рев'якіна. Це прилад натискного типу. Робочою частиною є плунжер діаметром 2 см, який нагвинчують на нижній кінець штока. На верхньому кінці штока закріплена ручка. Між шайбою на штоку і гайкою на ручці встановлена вимірювальна пружина. До приладу додаються змінні вимірювальні пружини з діаметром дроту 3; 4 і 5 мм. Твердомір має самописець, який фіксує опір ґрунту при прониканні в нього плунжера (рис. 3).

Перед початком роботи стрічку міліметрового паперу закріплюють на планці, олівець у пружинній скобі і прокреслюють нульову лінію. Потім твердомір ставлять на ґрунт строго вертикально і, натискаючи на ручку приладу, вводять плунжер у ґрунт. При цьому пружина стискується пропорційно опору, який чинить ґрунт. На стрічці міліметрового паперу олівцем фіксується відповідна крива. За кривою вираховують середню величину відхилення (у мм) від нульової лінії. Потім величину зусилля для стиснення пружини на 1 мм (у кг) множать на середню величину висоти і одержують середню величину опору ґрунту. Показником твердості ґрунту буде відношення середньої величини опору ґрунту до площі плунжера (в $\text{кг}/\text{см}^2$).

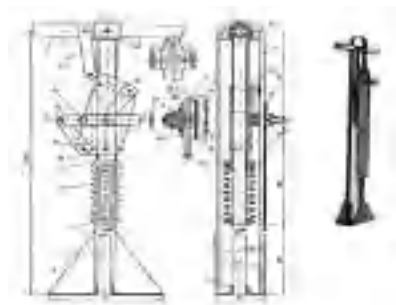


Рис. 3. Твердомір Рев'якіна.

Дослідження фізико-механічних властивостей ґрунту, зокрема його твердості та липкості, є надзвичайно важливим завданням для агрономії, будівництва, дорожнього господарства та інших сфер діяльності. Визначення цих характеристик дозволяє оцінити придатність ґрунтів для обробки, впливати на вибір методів культивування та проектування інженерних споруд.

Липкість ґрунту визначається здатністю його частинок злипатися між собою та з інструментами, що є важливим показником для механізованої обробки земель. Її рівень змінюється залежно від вологості, механічного складу та вмісту гумусу. Висока липкість може ускладнювати роботу сільськогосподарських і будівельних машин, тоді як оптимальний рівень забезпечує ефективність виконання технологічних процесів.

Твердість ґрунту визначає його опір механічному впливу, що є критичним параметром при підготовці ґрунту до посіву, визначенні тягових зусиль для обробки, оцінці водопроникності та повітрообміну. Вплив різних чинників, таких як вологість, структура та хімічний склад, обумовлює необхідність застосування сучасних методів вимірювання, зокрема використання твердомірів і пенетрометрів [3, 4].

Застосування спеціалізованих приладів, таких як прилад Качинського для визначення липкості та твердоміри для оцінки твердості, дозволяє отримувати точні дані для подальшого використання у сільськогосподарській та інженерній практиці. Вдосконалення цих методів і впровадження інноваційних технологій сприяє підвищенню ефективності використання земельних ресурсів та оптимізації виробничих процесів.

Таким чином, подальші дослідження та розробка нових методів визначення фізико-механічних властивостей ґрунту залишаються актуальними для забезпечення стабільного розвитку сільського господарства, будівництва та інших галузей, що використовують ґрунтові ресурси.

Висновок. Обладнання та устаткування для визначення твердості й липкості ґрунту відіграють важливу роль у ґрунтознавстві, сільському господарстві та будівництві. Такі прилади, як пенетрометри, в'язкоміри та лабораторні тестери, дозволяють точно оцінити фізичні властивості ґрунту, що є необхідним для визначення його придатності до обробки, будівельних робіт чи вирощування культур. Сучасні технології забезпечують високу точність вимірювань, спрощують процес аналізу та сприяють оптимізації рішень. Таким чином, використання спеціалізованого обладнання не лише підвищує

ефективність досліджень, але й сприяє раціональному використанню природних ресурсів.

Список використаної літератури

1. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Бутило А.П., Костогриз П.В. Загальне землеробство: навчальний посібник. К.: Вища освіта. 2004. С. 135-138.
2. Kondratuk D., Trukhanska O., Priadkin M. Research of physical and mechanical properties of cut grass during hay harvesting by rotary working bodies. Вібрації в техніці та технологіях: науковий журнал. 2024. № 4 (115). С. 31-35.
3. Липкість ґрунту: веб-сайт. URL: https://aoplatforma.com/reference/agro-dictionary/page/lipkist-gruntu?srsId=AfmBOoqB_IRo093ZUIgpdCHBZe3ZxlLjtgwJjpsiJUVcRprMxwPqArPb (дата звернення: 10.03.2025).
4. Царенко О.М., Войтюк Д.Г., Швайко В.М. та ін. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: посібник. К.: Мета, 2003. 448 с.

Vladyslav TRYMALYUK⁶,

2nd year student,
Faculty of Engineering and Technology,
Vinnytsia National Agrarian University,
Vinnytsia, Ukraine.

APPLICATION OF UNMANNED TECHNOLOGIES TO INCREASE THE EFFICIENCY OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Annotation: The article examines in detail the practical application of agricultural drones in agriculture. Their functions in collecting information, monitoring crop development, cultivating fields, and protecting plants are highlighted. Their contribution to increasing the productivity and quality of agricultural products is assessed.

Keywords: agrodron, agriculture, optimization, harvest, efficiency, geolocation, monitoring.

Анотація: У статті детально розглядається практичне застосування сільськогосподарських дронів в аграрному секторі. Підкреслюються їхні функції у зборі даних, моніторингу розвитку культур, обробці полів та захисті рослин. Оцінюється їхній внесок у підвищення продуктивності та якості сільськогосподарської продукції.

Ключові слова: агродрон, сільське господарство, оптимізація, врожай, ефективність, геолокація, моніторинг.

⁶Науковий керівник – Труханська О.О., кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

Introduction: Modern agriculture is constantly looking for new technologies and innovations to increase production efficiency and ensure high product quality. One such innovation is the use of agricultural drones - unmanned aerial vehicles that are changing the way we think about agriculture [1].

Agricultural drones play an important role in modern agricultural production, providing a rapid and accurate assessment of the condition of crops and helping to prevent the spread of pests. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) allows farmers to promptly receive detailed information on plant health, identify problem areas and make sound decisions on crop care.

The use of conventional digital photography from UAVs is effective for assessing the condition of winter wheat crops. In particular, a close relationship between the biomass of plants during the period of spacing and the brightness of the pictures in the green spectrum, as well as between the density of plants and brightness in the red spectrum [2].

Monitoring of crops with drones and satellites allows to detect deviations in the growth and development of plants, determine the causes of these deviations and make operational management decisions.

In particular, drones provide high precision of images (up to 2 cm), mobility and prompt shooting, which is especially useful for evaluating crop germination, weeding and yielding.

The use of agricultural drones is relevant in modern agriculture, as they are implemented to optimize plant growing processes and increase yields [2].

The purpose of the research is: to analyze the potential and benefits of using agricultural drones in agriculture, to explore their capabilities for optimizing plant growing processes and reducing costs and increasing yields.

Presentation of the main material. In recent years, the use of drones in agriculture has increased dramatically, the real boom of agricultural drones in Ukraine was 2021, which was caused by weather conditions.

The most popular area of use of drones in Ukraine is spraying fields (application of plant protection products, fertilizers, growth regulators, trichograms). However, the scope of application of drones in the agricultural sector is diverse and includes: conducting analysis and collecting information about the condition of fields and crops, planting seeds and spraying, watering and monitoring the field.

UAVs for agriculture helps solve the following tasks: inventory of agricultural land; creation and renewal of land cultivated maps; quantitative evaluation of soil chemical composition; assessment of the volume and quality of field work, control of their performance; calculation of the number of fertilizers; planning of sowing work; assessment of the similarity of agricultural plants; optimization of irrigation and water resources; monitoring the condition of crops; crop yield forecast; quality control of the crop; maintaining environmental monitoring of land; protection of crops from fires, damage and theft.

Assessment of the condition of crops and crop prognosis, and even more so measurement of soil parameters are relevant and methodically insufficiently resolved.

The purpose of the article is to evaluate the possibility of using ordinary digital

shooting high quality, performed with UAVs, to assess the condition of crops in the active phase of vegetation.

Drones help farmers save money by allowing them to quickly identify problems that might have been missed without the use of a drone, and spraying with agricultural drones significantly reduces the cost of cultivation [3].

The main advantages of cultivating fields with agricultural drones are:

- Saving resources and time (savings on transportation costs and water volumes);
- The ability to launch a drone to process fields in hard-to-reach places, as well as more efficient processing of gardens and vineyards;
- Ability to work at night;
- Processing after rain;
- Highly precise application of the solution, spraying the product in close proximity to the plant;
- Avoiding plant damage;
- Mobility;
- Reducing the impact of pesticides on people;
- Spraying of tall crops;
- Environmental friendliness (with minimal water consumption, agrochemicals do not penetrate the soil, which protects it and groundwater);
- Ease of use.



Fig. 1. Drone setup before starting work [4].

The most famous agricultural drones are: DJI Phantom 4 Multispectral, DJI Agras T20, YAMAHA RMAX, SENTERA PHOENIX. These brands are known for their reliability, efficiency in growing plants and optimizing agriculture [3].

The DJI Phantom 4 Multispectral is ideal for accurately assessing vegetation index and plant condition [3].

Equipped with a multispectral camera with 6 sensors, the DJI Phantom 4 Multispectral is used in precision agriculture for hardware assessment of crop quality

and determination of coordinates of problem areas for additional work (Fig. 2).

The DJI Agras T20 drone is designed for applying pesticides, microfertilizers, and desiccants.

The DJI Agras T20 lifts up to 20 liters of solution into the air, and the spraying radius is up to 7 meters. This allows you to treat a larger area (up to 3 hectares) in one flight, and the hourly productivity is 12 hectares.

DJI Agras T20 is reliable and easy to operate. This UAV model is easily foldable, which makes it convenient to transport the Agras T20 to the work site. The main module is made according to the IP67 standard. The multicopter components are strong, durable, dustproof and waterproof, and they are not afraid of corrosion.



Fig. 2. Field overview [4].

The device can operate in difficult terrain or with various landings. A pre-created three-dimensional map with a resolution of up to 1 centimeter allows for optimization of work [3].

Yamaha is known for its automotive, musical instrument, industrial robot, sports equipment, and other industries. [5] Yamaha entered the field in 1997 when unmanned aerial vehicles were a difficult science for non-specialists.

Over the past two decades, Yamaha helicopters have proven their reliability and high performance in precision agriculture. As of 2014, there were 2,600 Yamaha helicopters in operation worldwide, processing 2.4 million acres of farmland annually in Japan alone.

The Yamaha R-MAX is a versatile unmanned helicopter developed by Yamaha

Motor Company in the 1990s, designed to transform the agricultural industry and other sectors. This remotely piloted, gasoline-powered aircraft features a twin-blade propeller and operates within line of sight for precision crop spraying, aerial photography, reconnaissance, disaster response, and technology development.

The Yamaha R-MAX unmanned helicopter is a breakthrough in precision agriculture and a versatile tool for various applications, setting the standard for the efficiency and adaptability of unmanned aircraft systems [5].



Fig. 3. Operation of a spraying drone [5].

An important goal of agricultural technology development is to reduce the use of pesticides and increase their efficiency. The main advantages of applying pesticides by unmanned agricultural aircraft are high accuracy, avoidance of damage to agricultural crops or soil by tractor wheels, and reduction of farm costs for plant protection [6].

The use of small-volume UAV-based sprayers is particularly effective in working on areas with increased levels of pest or weed infestation within a large field, crops grown in small fields, or in difficult geographical areas that are difficult to access for ground-based pesticide application equipment.

The use of drones also helps to reduce the costs of agrochemicals and increase the efficiency of their use. Due to the accurate determination of the problem areas of the field, agrarians can make local fertilizers and plant protection products, which reduces the negative impact on the environment and increases the economic efficiency of production.

Conclusion. The use of unmanned aerial vehicles in agriculture has great prospects and will continue to develop as an alternative to cosmic zond.

UAV shooting allows you to solve the issues of mapping, inventory and control of land use. However, in order to effectively evaluate the state of vegetation and crop prognosis, a number of methodological questions about the use of certain types of shooting to evaluate the state of vegetation and its quantitative characteristics are needed.

With the help of agricultural drones, you can conduct aerial photography, identify problem areas, apply fertilizers, and protect plants from pests.

In general, the integration of drones and sensory technologies into agriculture

opens up new opportunities for increasing the productivity and stability of agricultural production, facilitating the timely identification and prevention of pest propagation, optimization of resource use and improving the overall condition of crops.

The use of unmanned aerial vehicles in agriculture allows to increase the efficiency of plant cultivation, reduce labor and resource costs.

References

1. Aniskevich L.V., Voytyuk D.G., Zakharin F.M., Ponomarenko S.O. Precision farming system: manual. Kyiv: NUBiP of Ukraine. 2018. 566 p.
2. Aniskevich L.V., Sviren M.O., Kovalenko M.M. and others System of precision agriculture: textbook. Kropyvnytsky. 2016. 104 p.
3. Agricultural drones. Benefits for the farmer: website. URL: <https://agrosfera.ua/ua/> (date of access 18.03.2025).
4. AGRODRONES: pros and cons of using UAVs for plant protection. View from Europe: website. URL: <https://www.summit-agro.com.ua> (date of access 18.03.2025).
5. Agricultural drones in Ukraine. Market growth and versatility in use: website. URL: <https://agroportal.ua> (date of access 18.03.2025).
6. Agrodrones: A Revolutionary Breakthrough in Agriculture: website. URL: <https://drontech.com.ua> (date of access 18.03.2025).

Олег Давимока⁷,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АГРОІНЖЕНЕРНА ОЦІНКА РІВНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ НАСІННЯ ПРИ СУЦІЛЬНОМУ ВИСІВІ ГАЗОННИХ ТРАВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЮ СІВАЛКОЮ

***Анотація.** Суцільний висів має забезпечувати рівномірний розподіл насіння на площі, що засівається. Розроблена й удосконалена авторами експериментальна сівалка СВ-0,9, оснащена висівним апаратом катушкового типу, здатна забезпечувати різне надходження насіння від кожної пари катушок. Висівний апарат дозволяє здійснювати рівномірний висів під час як прямолінійного, так і криволінійного руху.*

***Ключові слова:** сівалка, висів, сівалака тракторна, внесення добрив.*

***Annotation.** Continuous sowing should ensure an even distribution of seeds over the sown area. The authors developed and improved the experimental seeder SV-0.9, equipped with a coil-type sowing machine, capable of providing a different seed flow*

⁷Науковий керівник – Лисенко Р. Д., асистент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

from each pair of coils. The sowing machine allows for uniform sowing during both straight and curved movement.

Key words: seeder, sowing, tractor seeder, fertilization.

Вступ. Суцільний висів трав має переваги перед посівом вручну або перехресним способом. Продуктивність сівалки суцільного висіву вдвічі перевищує продуктивність сівалки, що висіває перехресним способом. Ручний спосіб поступається механізованому за продуктивністю та якістю посіву. При суцільному висіві необхідно дотримуватися основних агротехнічних вимог.

Підготовка ґрунту, внесення добрив, рівномірний розподіл насіння на площі, що засівається, значною мірою впливають на фактори, які, своєю чергою, визначають умови зростання кожної рослини: світло, живлення і вологу, а надалі — на якість газону.

Запропонована авторами експериментальна сівалка може здійснювати рівномірний посів трав, рухаючись не лише по прямолінійній траєкторії, а й за різними радіусами, що дає змогу огинати можливі перешкоди (альпійські гірки, квітники, колодязі, водойми, басейни) зі збереженням якісних показників посіву.

Стендові випробування експериментальної сівалки пройшли досить успішно.

Однак заявлений суцільний висів потребує підтвердження рівномірності розподілу насіння на площі, що засівається, як під час прямолінійного, так і під час криволінійного руху ДСТУ 31345-2017. Техніка сільськогосподарська. Сівалки тракторні. Методи випробувань.

Міждержавний стандарт. Техніка сільськогосподарська. Сівалки тракторні. Методи випробувань.

Обсяг насіннєвого ящика збільшено з 0,01 до 0,04 м³ (табл. 1); Відстань від висівного апарата до поверхні поля зменшено до 0,1 м (табл. 1); Сівалка оснащена перемішувальним пристроєм (рис. 1).

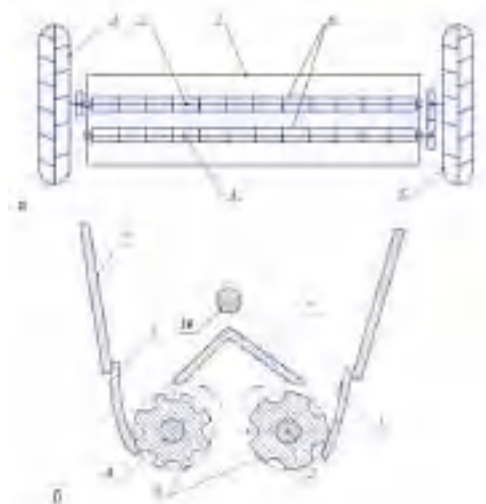


Рис. 1. Висівний апарат сівалки для суцільного висіву, вигляд зверху (а), збоку (б):

1 – рама; 2, 4 – перший і другий вали висівного апарата; 3, 5 – ліве та праве опорно-привідне колесо; 6 – пара котушок висівного апарата; 7 – еластичний елемент; 8 – насіннєвий ящик; 9 – розсікач; 10 – вал перемішувального пристрою.

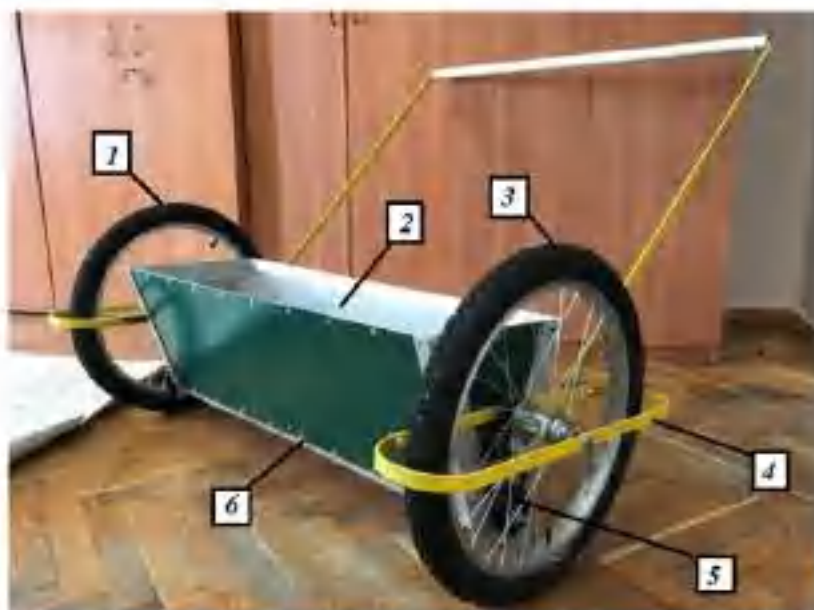


Рис. 2. Експериментальна сівалка СВ-0,9:
1, 3 - праве і ліве опорно-привідне колесо; 2 - бункер; 4 - рама; 5 - механізм приводу; 6 - висівний апарат.

Таблиця 1. Характеристика експериментальної сівалки СВ-0,9.

Позначення м'я	Параметри Parameters
Ширина захвата, м / Working width, m	0,9
Просвіт сівалки, м	0,1
Об'єм насіннєвої ящика, м³ / Seed box volume, m³	0,04
Діаметр опорно-привідного колеса, м Діаметр опорного колеса, м	0,5
Оптимальна (рекомендована) норма висіву, кг/100 м² Optimum (recommended)	3...5
Довжина котушки, мм / Coil length, mm	75
Діаметр котушки, мм / Coil diameter, mm	34
Кількість валів висівного апарату, шт. Кількість висівних валів, шт.	2
Кількість котушок на одному валу, шт. Кількість котушок на одному валу, шт.	12
Найменша кількість жолобків на котушці, прим. Мінімальний номер grooves per coil, pcs.	1
Найбільше жолобків на котушці, шт. Максимальна кількість пазів на котушку, шт.	12
Матеріал для виготовлення котушок Material for coil manufacturing	Пластик ABC ABS plastic

Нині розробляється редуктор для зміни норми висіву експериментальною сівалкою. Під час руху сівалки по полю обертання від опорно-привідних коліс 3 і 5 передається на вали 2 і 4 висівного апарата. Жолобкові котушки 6 закріплені

на валах, щільно прилягають одна до одної і розміщені в порядку зростання числа жолобків. Щоб насіння не висипалося з насіннєвого ящика під час руху назад і під час зупинки сівалки, на висівному апараті встановлено еластичний елемент 7, що прилягає до катушок 6. Під час обертання валів катушки 6 захоплюють жолобками насіння і висівають його в нижній точці еластичного елемента 7. Катушки, встановлені на першому і другому валах, складають пари. Кожна пара має рівну кількість жолобків. За прямолінійного руху колеса сівалки (відповідно вали та катушки) обертаються з однаковою кутовою швидкістю. Сумарний висів кожної пари катушок 6 є однаковим по всій ширині захоплення сівалки.

Під час руху сівалки по дузі колеса і вали висівних апаратів обертаються з різними кутовими швидкостями, тому кожна пара катушок 6 висіває різну кількість насіння за одиницю часу. Пари катушок, розташовані ближче до опорно-привідного колеса, що рухається за меншим радіусом, мають мінімальний висів. Пари катушок, розташовані ближче до опорно-привідного колеса, яке рухається по найбільшому радіусу, мають максимальний висів, а висіви інших пар змінюються за лінійною залежністю від мінімального до максимального значень. На одиницю пройденого шляху висівається рівна кількість насіння.

Таким чином, послідовне розташування катушок, щільно зібраних на кожному валу в порядку зростання кількості жолобків, забезпечує рівномірний суцільний висів насіння як під час прямолінійного, так і під час криволінійного руху сівалки.

Випробування експериментальної сівалки (рис. 2) проводилися на газонній суміші «Газон Швидкий» (табл. 2). Провели експериментальні дослідження з визначення показників рівномірності розподілу насіння.

За ширококуткової сівби Ю.К. Брандт пропонує оцінювати рівномірність розподілу рослин по площі в поздовжньому та поперечному напрямках за квадратами 2. Ширококутковий посів близький до суцільного способу посіву, і така оцінка є прийнятною для наших досліджень.

Для оцінки рівномірності розміщення рослин по площі живлення заведено використовувати коефіцієнт рівномірності, що являє собою відношення фактичної середньої відстані між рослинами. При їх ідеальному розміщенні [7-9].

У нашому випадку підрахунок відстаней між насінням є важким і тягне за собою зміну положення насіння на липкій стрічці. Найбільш підходящим є спосіб оцінки рівномірності, за якого показники рівномірності оцінюються за кількістю насінин, що потрапили в певні елементарні майданчики.

Під час проведення досліду насіння засипали в насіннєвий ящик сівалки і встановлювали необхідну норму висіву. На підлозі в лабораторії стелили паперові полотна, на яких розмічалися ширина захвату сівалки, її радіус повороту і наносилися квадрати площею 10×10 см (рис. 3). Кожен квадрат поділявся на сантиметрові осередки, які приблизно дорівнювали площі живлення однієї рослини.

Таблиця 2. Характеристика газонної травосуміші «Газон Швидкий».

Назва показника / Параметр	Параметр / Параметр
Склад газонної травосуміші, %	Райграс багрований - 35 Райграс озимий - 25 Дактилій - 35 Тимофійка лугова - 15
Остантійовий покриття, %	Райграс луговий - 35 Тимофійка лугова - 25 Дактилій - 25 Тимофійка лугова - 15
Нормативний вміст, % / Норма висіву, г/м²	105
Вміст азоту, % / Норма висіву, г/м²	12
Маса 1000 насіння, г	Райграс багрований - 2,0 Райграс озимий - 2,0-2,5 Дактилій - 2,7 Тимофійка лугова - 0,7
Маса 1000 насіння, г	Райграс багрований - 2,0 Райграс озимий - 2,0-2,5 Дактилій - 2,7 Тимофійка лугова - 0,7
Середня висівна норма, г/м² (визначено, %)	87
Норма висіву насіння, г/м² (100 м²)	8,4

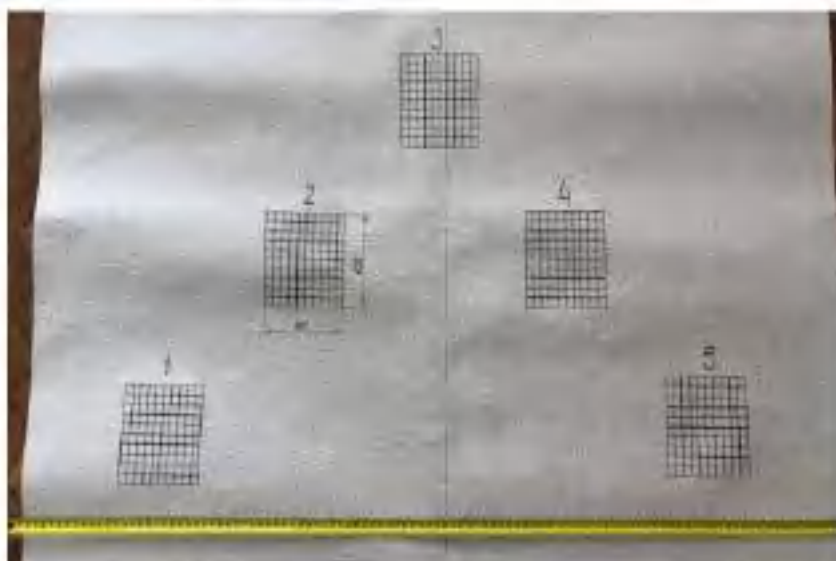


Рис. 3. Квадрати з осередками.



Рис. 4. Розподіл насіння на липкій стрічці з квадратами та осередками.

Результати випробувань експериментальної сівалки з визначення рівномірності розподілу насіння газонної суміші «Газон Швидкий» на липкій

стрічці представлені в таблиці 3. За результатами експериментальних випробувань сівалки показник рівномірності висіву газонної суміші «Газон Швидкий» перебував у межах від 0,92 до 0,96. Відомо, що зворотним показником рівномірності висіву є показник нерівномірності. Оскільки нерівномірність висіву 8% відповідає вимогам то й показник рівномірності залишається легітимним. Підвищення показника рівномірності висіву експериментальною сівалкою при прямолінійному русі та русі по радіусу 5 м порівняно з рухом по малих радіусах можна пояснити зниженням порційності висіву під час роботи двох валів висівного апарату одночасно. Цим же пояснюється деяке зниження показника рівномірності висіву в разі зменшення радіуса повороту за переважання висіву одного вала висівного апарату над іншим. Так,

Висновок. Результати лабораторних досліджень доводять можливість суцільного висіву насіння сівалкою СВ-0,9 за норми висіву 3,5 кг/100 м². Висівний апарат сівалки СВ-0,9 забезпечує рівномірний розподіл насіння трав (0,92...0,96) і стабільну середню площу живлення однієї рослини (0,48...0,56) як при прямолінійному, так і криволінійному русі сівалки за різними радіусами.

Список використаної літератури

1. Яропуд В. М., Говоруха В.Б., Дацюк Д.А. Експериментальні дослідження дозатора висівного апарата селекційної сівалки дрібнонасінневих культур. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. Вінниця. 2023. №3(122). С. 43-52.
2. Яропуд В. М., Говоруха В.Б., Дацюк Д.А., Випробування математичної моделі роботи дозатора висівного апарата селекційної сівалки дрібнонасінневих культур. *Вібрації в техніці та технологіях*: науковий журнал. Вінниця. 2023. №3(110). С. 52-60.
3. Яропуд В.М., Дацюк Д.А., Дослідження руху насіння у розподільнику висівного апарата селекційної сівалки дрібнонасіннєвих культур. *Сільськогосподарські машини*: науковий журнал. Луцьк. 2023. Вип. 49. С. 7-14.
4. Дацюк Д.А., Яропуд В.М., Алієв Е.Б. Висівний апарат селекційної сівалки дрібнонасінневих культур: опис до патенту на корисну модель. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/30319.pdf> (дата звернення 15.03.2025).
5. Коробко А.А. Азотфіксуєча здатність сортів сої залежно від інокуляції насіння та позакореневого підживлення біопрепаратами: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/38096.pdf> (дата звернення 18.03.2025).
6. Буга Д.О. Механізований процес вирощування конюшини на насіння з модернізацією конструкції комбайна NEW HOLLAND: розрахунково-пояснювальна записка до дипломної роботи. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/36611.pdf> (дата звернення 25.03.2025).

Олександр КОЧМАРУК⁸,
студент 3-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ НА ПАТ «ВІННИЦЯОБЛЕНЕРГО»

***Анотація.** У статті розглядаються шляхи підвищення ефективності електроспоживання на ПАТ «Вінницяобленерго». Проаналізовано основні чинники, що впливають на енергоспоживання, та запропоновано заходи щодо його оптимізації. Окрема увага приділена впровадженню енергозберігаючих технологій та автоматизованих систем контролю споживання електроенергії.*

***Ключові слова:** ефективність електроспоживання, енергозбереження, оптимізація, ПАТ «Вінницяобленерго».*

***Annotation.** The article considers ways to increase the efficiency of electricity consumption at PJSC "Vinnytsiaoblenergo". The main factors affecting energy consumption are analyzed, and measures for its optimization are proposed. Special attention is paid to the implementation of energy-saving technologies and automated systems for controlling electricity consumption.*

***Key words:** electricity consumption efficiency, energy saving, optimization, PJSC "Vinnytsiaoblenergo".*

Вступ. Останніми роками зростання цін на енергоресурси спричинило зміну підходу до енергообліку в промисловості, транспорті та ЖКГ. Попри це, організаційні принципи й інфраструктура, що сформувалися ще за часів планової економіки, залишилися практично незмінними. До 2000 року існувала система обліку, що допускала наднормативні втрати енергоресурсів через розкрадання, безгосподарність і неефективне використання обладнання. Ці втрати покривалися через тарифи, субсидії та дотації з бюджетів.

У країнах з ринковою економікою енергоресурси є товаром, а їхній комерційний облік регулює кількість і якість постачання. Він охоплює сферу купівлі-продажу, тоді як технічний облік залишається внутрішньою справою підприємств.

Завдання раціонального розподілу електроенергії на промислових підприємствах України ускладнюється зростанням вимог до її якості та надійності постачання. Система електропостачання повинна відповідати вимогам економічності, безпеки, надійності та забезпечення нормативної якості електроенергії. Надійність досягається використанням сучасних електроапаратів, трансформаторів, кабельної продукції та оптимальним

⁸Науковий керівник – Колісник. М.А., аспірант кафедри електроенергетики, електромеханіки та електротехніки

розподілом навантажень.

У цій роботі досліджується система електропостачання ПАТ «Вінницяобленерго» та пропонується впровадження АСКОВЕ як засобу підвищення ефективності електроспоживання. Метою є розробка заходів для оптимізації використання електроенергії.

Виклад основного матеріалу. Розрахункові активна та реактивна потужності силового обладнання і розрахункова потужність освітлення цеху визначаємо за методом коефіцієнта попиту.

Приклад розрахунку вказаних величин проведемо для котельні:

$$P_{mc} = P_n \cdot K_n = 280 \cdot 0,4 = 112 \text{ (кВт)}, \quad (1)$$

$$Q_{mc} = P_{mc} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 112 \cdot 0,75 = 84 \text{ (квар)}, \quad (2)$$

де K_n – коефіцієнт попиту [1].

Розрахуємо потужність освітлення котельні:

$$P_{mo} = P_{пито} \cdot K_{по} \cdot K_{пра} \cdot F = 0,014 \cdot 0,85 \cdot 1,2 \cdot 1350 = 19,28 \text{ (кВт)}, \quad (3)$$

$$Q_{mo} = P_{mo} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 19,28 \cdot 0,48 = 9,25 \text{ (квар)}, \quad (4)$$

$K_{по}$, $K_{пра}$ – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження і коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі відповідно [2, с.15].

Розрахункові потужності котельні дорівнюють сумі розрахункових потужностей силового та освітлювального навантажень:

$$P_m = P_{mc} + P_{mo} = 112 + 19,28 = 131,28 \text{ (кВт)}, \quad (5)$$

$$Q_m = Q_{mc} + Q_{mo} = 84 + 9,25 = 93,25 \text{ (квар)}. \quad (6)$$

Сумарне повне навантаження котельні:

$$S_m = \sqrt{P_m^2 + Q_m^2} = \sqrt{131,28^2 + 93,25^2} = 161,03 \text{ (кВА)}. \quad (7)$$

Для механічної майстерні вибираємо радіально-магістральну схему цехової мережі.

Магістральними називають мережі, в яких для передавання електроенергії до декількох споживачів використовується одна лінія електропередачі. В даному випадку використовуються шинопроводи.

Радіальними називаються мережі, в яких для передачі електричної енергії до споживача використовується окрема лінія. Радіальні схеми забезпечують високу надійність електропостачання, однак вони вимагають великих витрат на електрообладнання і монтаж.

Враховуючи розташування електроприймачів 6-26 та 36-50 в паралельні ряди, підведемо живлення до них від шинопроводів ШР-1 і ШР-2 відповідно, які в свою чергу живляться від РЩ та РП-2 відповідно. Електроприймачі 1-5 та 27-35 будуть отримувати живлення від РП-1 та РП-2 відповідно.

Призначення та цілі створення системи

АСКОВЕ призначена для визначення кількості електроенергії як товару для проведення торгових операцій ВАТ «АК «Вінницяобленерго» на ОРЕ України, а також для автоматизації виробничої діяльності персоналу ВАТ «АК «Вінницяобленерго», пов'язаною із забезпеченням:

експлуатації і обслуговування вимірювальних комплексів контролю і обліку електроенергії ВАТ «АК «Вінницяобленерго» на межах балансової приналежності суміжних організацій;

збором, збереженням і обробкою інформації з вимірювальних комплексів електроенергії ВАТ «АК «Вінницяобленерго»;

обміном вимірювальною інформацією з автоматизованими системами (АСКОЕ) суміжних організацій;

формуванням звітних документів.

АСКОЕ повинна передбачати:

автоматизацію комерційного обліку електроенергії, яка:

- надходить в електричні мережі ВАТ «АК «Вінницяобленерго»;
- відпускається в електричні мережі суміжних організацій;
- відпускається споживачам електроенергії;
- споживається ВАТ «АК «Вінницяобленерго»;

відповідати вимогам діючих документів, які регламентують функціонування АСКОЕ в умовах ОРЕ України.

Об'єктами автоматизації ВАТ «АК «Вінницяобленерго» є:

Управління ВАТ «АК «Вінницяобленерго»;

підстанції (далі по тексті – ПС) ВАТ «АК «Вінницяобленерго».

Впровадження АСКОЕ повинне забезпечувати автоматизацію наступних основних технологічних процесів і функцій персоналу:

автоматизація збору даних по кожній точці розрахункового обліку електроенергії (надходження, відпуск і споживання електроенергії) на межах балансової приналежності ВАТ «АК «Вінницяобленерго» від:

- ВАТ «ЕК Хмельницькобленерго»;
- ВАТ «ЕК Житомиробленерго»;
- ВАТ «ЕК Черкасиобленерго»;
- ВАТ «А.Е.С.Київобленерго»;
- ВАТ «Укргідроенерго» (Дністровська ГЕС);
- Одеською залізницею;
- Південно-Західною залізницею;
- Південно-Західною електроенергетичною системою;
- ВАТ «Західенерго»;
- ТОВ «Новосвіт»;
- ТОВ «Енергоінвест»

з метою забезпечення розрахунків за споживану або яка відпускається електроенергію (активна і реактивна електроенергія) в умовах ОРЕ України;

автоматизація обробки інформації обліку електроенергії, підготовки і надання довідок, актів, протоколів, макетів і іншої необхідної документації по обліку електроенергії відповідно до діючих правил ОРЕ України;

автоматизація визначення і прогнозування складових балансу електроенергії;

автоматизація контролю технічного стану засобів обліку електроенергії.

Метою створення системи є:

забезпечення функціонування ВАР «АК «Вінницяобленерго» в умовах і за правилами ОРЕ України;

зниження комерційних втрат за рахунок отримання точної, достовірної і своєчасної інформації про надходження, відпуск і споживання електричної енергії на межах балансової приналежності ВАР «АК «Вінницяобленерго» з іншими членами ОРЕ України.

В результаті створення АСКОВ повинні бути досягнуті показники, які приведені в таблиці.

Таблиця 1. Показники функціонування АСКОВ.

Показник	Значення показника (кількісне або якісне)
Кількість об'єктів контролю (підстанція), які належать до ВАР «АК «Вінницяобленерго» , шт.	9
Кількість автоматизованих систем суміжних організацій, з якими здійснюється обмін обліковою інформацією , шт.	11
Кількість лічильників електроенергії на об'єктах контролю перетину ВАР «АК «Вінницяобленерго» з учасниками ОРЕ України, шт.	33
Період інтеграції розрахункових лічильників електроенергії АСКОВ ВАР «АК «Вінницяобленерго», хвилини	30
Метрологічні характеристики вимірювальних комплексів електроенергії	відповідність похибки вимірювальних комплексів електроенергії вимогам ОРЕ України
Коефіцієнт готовності по функції автоматичного збору інформації з об'єктів контролю, %	0,95
Середнє напрацювання на відмову по інформаційній функції, год.	10000

Поступовий перехід ОРЕ України від моделі ринку «єдиного покупця» до лібералізованого ринку електричної енергії [1, 18] вимагатиме формування відповідного інформаційного забезпечення розрахунків за електричну енергію. Йдеться про принципово нові підходи до визначення даних комерційного обліку в умовах, коли ціна на електроенергію складається з цін на певний асортимент товарів електроенергетичного виробництва та вартості допоміжних послуг, в першу чергу – з балансування ринку, які продаються та купуються на ринкових засадах. В цих умовах висувуються принципово нові вимоги до технічних і програмних засобів, які формують дані для розрахунків за електроенергію, а також до регламентів їхньої побудови, впровадження і застосування.

Інформаційне забезпечення розрахунків за електричну енергію в ОРЕ України формується АСКОВ, які створюються у суб'єктів енергоринку відповідно до [23 – 25].

Впровадження АСКОВ є особливо актуальним у зв'язку з поступовим залученням у структуру ОЕС України потужних поновлюваних джерел енергії, зокрема ВЕС і СЕС, які непередбачувано впливають на добовий графік

навантаження. Особливі вимоги щодо встановлення вимірювального обладнання, точності вимірювання та переліку даних, які мають бути доступними (коли вітрову та фотоелектричну електростанції потужністю від 150 кВт приєднано до електромереж загального призначення), визначено в таких джерелах: «Інструкція про порядок комерційного обліку електроенергії» (додаток 10 до Договору між членами Оптового ринку електричної енергії); «Правила взаємовідносин між Державним підприємством «Національна енергетична компанія «Укренерго» та суб'єктами (об'єктами) електроенергетики в умовах паралельної роботи в складі Об'єднаної енергетичної системи України»; ПТЕ. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила; ГKD 34.20.507-2003. У стандарті IEC 61400-25-2 зазначено сигнали для обміну інформацією із СЕС та ВЕС. Для обміну інформацією з електростанцією має використовуватися пакет протоколу IEC 61400-25-4 Додаток D (IEC-60870-5-104), для забезпечення зв'язку між електростанцією та як мінімум двома комунікаційними вузлами.

НКРЕ [постановою від 27.02.2014 N 170](#) затвердила «Порядок продажу, обліку та розрахунків за електричну енергію, що вироблена з енергії сонячного випромінювання об'єктами електроенергетики (генеруючими установками) приватних домогосподарств», який регулює відносини між побутовим споживачем електроенергії та енергопостачальником, який здійснює постачання електроенергії за регульованим тарифом на території провадження ліцензійної діяльності. [Постанову](#) зареєстровано в Міністерстві юстиції 26.05. 2014 р. за № 539/25316.

Упродовж усіх років існування система АСКОВЕ удосконалювалася та продовжує розвиватися далі.

Так, на ОРЕ країни станом на 01. 01. 2018 р. у всіх постачальників електроенергії за регульованим тарифом впроваджено в промислову експлуатацію 40 АСКОВЕ.

У виробників електроенергії впроваджено в промислову експлуатацію 142 АСКОВЕ із 145. Доопрацьовуються АСКОВЕ ПАТ «Укргідроенерго», ТОВ «Соларенерго» та ТОВ «Вітряний Парк Керченський».

ДП «НЕК «Укренерго» впроваджено в промислову експлуатацію АСКОВЕ на всіх електричних підстанціях.

Кількість зареєстрованих АСКОВЕ станом на 01.01.2018 р, дані з яких включаються до системи розрахунків на ОРЕ України, становить 175 з 185 існуючих, або 95 %.

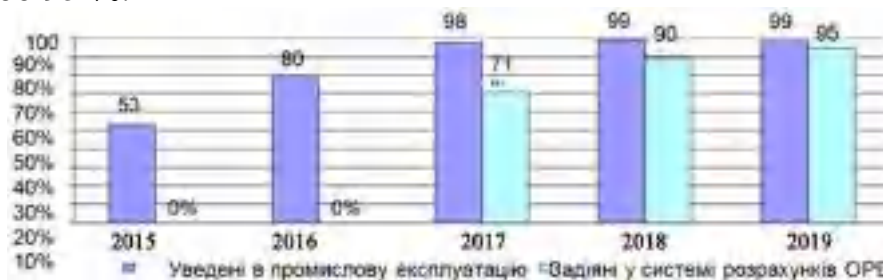


Рис. 1. Стан впровадження та використання в розрахунках АСКОВЕ суб'єктів ОРЕ України.

Разом з побудовою АСКОЕ створювалися та впроваджувалися первинні та вторинні датчики і прилади для АСКОЕ. Зокрема, розроблено цифрові системи вимірювання якості електричної енергії типу ЦСИКЭ (клас точності 0,2), аналізатори напруг та струмів у електромережах типу «АНТЭС АК-3Ф» (клас точності 0,5), лічильники трифазні електронні багатофункціональні «ZET» (клас точності 0,2S) та «ET» (клас точності 0,5S і 1,0). Лічильники прямого включення (клас точності 0,5; 1,0; 2,0). Робочі еталони 1, 2, 3 розрядів (клас точності 0,2; 0,1, 0,05; 0,02). Мобільна метрологічна установка для перевірки засобів вимірювання параметрів якості електроенергії. Впроваджено також однофазні та трифазні джерела напруг і струмів (0,001 – 200 А) для автоматизованого задання робочих струмів, напруг і кутів зсуву фаз; трифазний калібратор напруг і струмів ДНСТ-3; стаціонарна автоматизована метрологічна установка на струм до 120 А; трифазні трансформаторні електролічильники типу ET класів точності 0,2S; 0,5S; 1,0; та 2,0, які крім обліку електроенергії вимірюють показники її якості; унікальна стаціонарна міра для нормування показників якості електроенергії тощо.

З 01.01. 2014 р. набув чинності Закон України від 24.10. 2013 р. № 663- VII «Про засади функціонування ринку електричної енергії України», який вимагає нових підходів до організації комерційного обліку електроенергії та метрологічного забезпечення для організації роботи ринку двосторонніх договорів і балансуного ринку.

З метою визначення правил здійснення комерційного обліку електроенергії, установлення процедур виконання вимірювання, реєстрації, формування та валідації даних комерційного обліку, установлення вимог до побудови та експлуатації вимірювальних комплексів, визначення прав та обов'язків суб'єктів ринку при забезпеченні організації комерційного обліку електроенергії під керівництвом НКРЕ України, Міжвідомчої комісії з координації роботи, пов'язаної з реалізацією Концепції функціонування та розвитку оптового ринку електричної енергії України та за допомогою консультантів консорціуму КЕМА-ЕСА розроблено проект нормативного документу під назвою «Кодекс комерційного обліку електричної енергії», який розміщено на офіційному веб-сайті НКРЕ (перебуває на стадії обговорення).

У Проекті Кодексу передбачаються чіткі правила організації комерційного обліку виробництва, передавання та споживання електроенергії для ефективного ведення розрахунків у реформованому ринку, установлює мінімальні технічні та організаційні вимоги до проведення вимірювань і реєстрації обсягів електроенергії та потужності. Також проект Кодексу містить положення щодо встановлення, випробування, технічного обслуговування та експлуатації вимірювальних комплексів і систем комерційного обліку електроенергії, визначає вимоги до точності вимірювань і вимоги до проведення перевірок вимірювальних комплексів та систем.

ПКЕЕ дозволяють електропередавальним компаніям - постачальникам за регульованим тарифом провадити власну технічну політику із створення інтегрованої АСКОЕ постачальників і споживачів для досягнення стратегічної

мети – побудови надійного повномасштабного багатофункціонального інструментарію для здійснення точного й достовірного обліку електроенергії, контролю поточних та інтегральних параметрів режимів електроспоживання і складання електроенергетичних балансів електроенергетичних компаній в автоматизований спосіб для забезпечення керування режимами електроспоживання кінцевих споживачів.

Усі засоби вимірювальної техніки, які застосовуються для АСКОЕ (трансформатори напруги, трансформатори струму, лічильники електроенергії з інтегрованими пристроями перетворення та обліку) мають бути занесеними до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки, допущених до застосування в Україні (Держреєстр України), та у встановленому порядку пройти державну повірку або державну метрологічну атестацію засобів вимірювальної техніки, які виготовляються або ввозяться на територію України одиничними зразками.

Багатофункціональні електронні лічильники електроенергії на відміну від індукційних та звичайних електронних лічильників не лише вимірюють електричну енергію, а й оброблюють вимірювальну інформацію, обчислюють параметри енерговикористання та зберігають їх у первинній базі даних (ПБД). Доступ до ПБД забезпечується через цифрові комунікаційні інтерфейси багатофункціональних електронних лічильників електроенергії за допомогою оригінальних протоколів виробників цих лічильників.

Багатофункціональні електронні лічильники електроенергії окремих виробників мають різну структуру ПБД, відповідні формати зберігання та передавання параметрів енерговикористання, різні комунікаційні протоколи тощо, що заважає ефективному застосуванню цих лічильників в АСКОЕ.

Висновок. Проаналізовано ефективність і необхідність впровадження автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ). Визначено, що АСКОЕ забезпечує контроль обліку електроенергії на межах балансової приналежності, збір та обробку даних, обмін інформацією із суміжними організаціями та формування звітів.

Окремо розглянуто вимоги до АСКОЕ, її техніко-економічні переваги та досвід впровадження у країнах з різним рівнем розвитку економіки. Проведено аналіз документації ДП «Енергоринок» щодо стану впровадження АСКОЕ в Україні на 2020 рік.

Обґрунтовано необхідність покращених схем захисту, що мають довший термін служби та швидшу окупність порівняно зі старими пристроями. Впровадження сучасних технологій сприяє підвищенню ефективності електроспоживання та покращенню роботи виробничих процесів.

Список використаної літератури

1. Калетнік Г.М., Олійнічук С.Т., Скорук О. П. Альтернативна енергетика України: особливості функціонування і перспективи розвитку: навчальний посібник. Вінниця: Едельвейс і К. 2012. 256 с.

2. Калетнік Г.М., Войтюк В.Д., Бондар С.М., Скорук О.П. Управління інженерною діяльністю виробничих і сервісних підприємств АПК: навчальний посібник. Київ: МОН України. 2010. 448 с.

3. Калетнік Г.М., Пришляк В.М. Біопалива. Ефективність їх виробництва та споживання в АПК України: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ. 2008. 192 с.

4. Стаднік М.І., Видмиш А.А., Штуць А.А., Колісник А.А. Інтелектуалізація електроенергетичних систем. Теорія. Лабораторні роботи. Практичні заняття: навчально-методичний посібник. Вінниця: ВНАУ. 2019. 277 с.

5. Пивняк Г.Г., Стадник Н.І., Ткачев В.В. Автоматизація однорідних об'єктів управління: монографія. Дніпропетровськ: Національний гірський університет. 2007. 160 с.

6. Матвійчук В.А., Стаднік М.І., Рубаненко О.О., Методичні вказівки по оформленню дипломних робіт магістра для студентів ОКР «Магістр» спеціальності 8.10010101 «Енергетика сільськогосподарського виробництва» та студентів ОС «Магістр» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка». Вінниця: ВНАУ. 2016. 64 с.

7. Стаднік М.І., Рубаненко О.О., Скалецький Д.І. Автоматизація технологічних процесів на теплових електричних станціях: тези. Том 3. С. 95.

8. Стаднік М.І., Видмиш А.А., Штуць А.А., Колісник М.А. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика: навчальний посібник. Вінниця, РВВ ВНАУ. 2020. 331 с.

9. Офіційний сайт державного підприємства «Енергоринок»: веб-сайт. URL: <http://www.er.gov.ua>. (дата звернення 15.03.2025).

Олександр МЕЛЬНИК⁹,
студент 4-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГОАУДИТОРСЬКИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

***Анотація.** У статті досліджуються методи енергоаудиту для підвищення ефективності електропостачання. Розглянуто аналіз енергобалансів, моніторинг споживання та оцінку втрат. Запропоновано заходи оптимізації, включаючи модернізацію обладнання та автоматизацію управління енергією.*

***Ключові слова:** енергоаудит, енергоефективність, електропостачання,*

⁹Науковий керівник – Штуць А.А., старший викладач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Annotation. *The article explores energy audit methods to improve power supply efficiency. It examines energy balance analysis, consumption monitoring, and loss assessment. Optimization measures are proposed, including equipment modernization and energy management automation.*

Key words: *energy audit, energy efficiency, power supply, optimization, energy saving.*

Вступ. Зростаючі вимоги до енергоефективності та раціонального використання електроенергії в умовах стрімкого розвитку промислових технологій, підвищення вартості енергоресурсів та екологічних обмежень вимагають застосування сучасних підходів до оптимізації електроспоживання.

Енергоаудиторські методи дають змогу оцінити технічний стан систем електропостачання, виявити перевантаження мереж, гармонічні спотворення, нераціональне використання електроенергії та запропонувати ефективні заходи для їх усунення. Використання інструментальних методів діагностики, цифрового моніторингу та математичного моделювання дозволяє підвищити точність оцінки енергетичних процесів та сприяти розробці обґрунтованих стратегій зменшення витрат електроенергії.

Метою даної роботи є аналіз існуючих енергоаудиторських методів, визначення ключових проблем енергоспоживання та розробка практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності функціонування електротехнічних систем шляхом впровадження енергоефективних технологій та оптимізації режимів роботи електроустановок.

Виклад основного матеріалу. Енергоаудиторські методи є ключовими для підвищення ефективності систем електропостачання, оскільки вони дозволяють виявляти та аналізувати енергетичні втрати, оптимізувати споживання та впроваджувати енергозберігаючі технології. Зокрема, дослідження в галузі енергетичної ефективності систем електропостачання враховують фактори надійності, електромагнітної сумісності та якості напруги, що є важливими аспектами для досягнення оптимальних результатів.

Аналіз ефективності використання інвестицій для підвищення надійності електропостачання споживачів показує, що застосування коефіцієнтів, які враховують фінансування інвестиційних програм та кількість одиниць електрообладнання, може значно покращити якість та надійність енергопостачання.

Крім того, впровадження Smart Grid технологій в Україні та за кордоном сприяє підвищенню надійності енергопостачання, енергетичної безпеки та енергоефективності, що є важливими аспектами для розвитку енергетичної інфраструктури.

Перевірка ефективності встановлення засобів компенсації реактивної потужності. Перевірка ефективності встановлення засобів компенсації

реактивної потужності (КРП) є доволі розповсюдженою задачею.

Для виконання перевірки необхідно за однолінійною схемою системи електропостачання скласти електричну схему заміщення.

На рис. 1 показано однолінійну схему системи електропостачання ВНТУ.

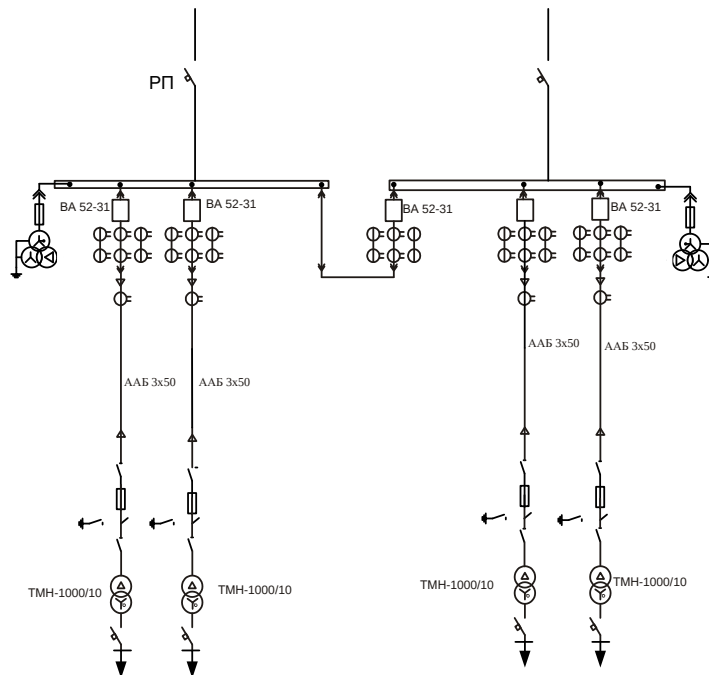


Рис. 1. Однолінійна схема системи електропостачання підприємства.

Алгоритм перевірки наведений нижче.

1. Критерій ефективності використання компенсації реактивної потужності на підприємстві:

$$T = \frac{K}{E}, \quad (1)$$

де T – термін окупності системи КРП, років;

K – капіталовкладення в систему КРП, у.о..;

E – економія коштів внаслідок встановлення системи КРП, у.о..

2. Визначення економії коштів внаслідок встановлення системи КРП.

Економія коштів є різницею між витратами, що пов'язані з протіканням реактивної потужності по мережах підприємства до встановлення установок КРП ($B^{до}$) і після їх встановлення ($B^{після}$):

$$E = B^{до} - B^{після}. \quad (2)$$

Витрати до та після застосування конденсаторних установок містять такі складові

$$B^{до} = B_{втр}^{до} + B_{Wp}^{до}(\text{у.о.}), \quad (3)$$

$$B^{після} = B_{втр}^{після} + B_{Wp}^{після} + B_{втр}^{БК}(\text{у.о.}). \quad (4)$$

де $B_{втр}^{до} = \sum_{i=1}^n \Delta W_i^{до} \cdot C_{Wa}$, $B_{втр}^{нісля} = \sum_{i=1}^n \Delta W_i^{нісля} \cdot C_{Wa}$ – вартість втрат

активної енергії в n елементах системи електропостачання (СЕР) (лініях і трансформаторах), тут $\Delta W_i^{до}$, $\Delta W_i^{нісля}$ – втрати активної енергії в i -му елементі СЕР, C_{Wa} – тариф на електроенергію, у.о./(кВт·год.);

$B_{втр}^{БК} = \sum_{j=1}^m \Delta W_j^{БК} \cdot C_{Wa}$ – вартість втрат активної енергії в батареях

статичних конденсаторів компенсаційних установок;

$B_{Wp}^{до}$, $B_{Wp}^{нісля}$ – вартість перетоків реактивної електроенергії між енергопостачальною організацією та споживачем, що, згідно з [3,4], визначається за виразом:

$$B_{Wp} = B_1 + B_2 - B_3 \text{ (у.о.)}. \quad (5)$$

В свою чергу складові виразу (5) визначаються таким чином:

$$B_1 = (W_p^{cn} + K \cdot W_p^{ген}) \cdot D \cdot C_{Wa} \text{ (у.о.)}. \quad (6)$$

де W_p^{cn} – споживана реактивна енергія в точці обліку, квар·год.;

$W_p^{ген}$ – генерована реактивна енергія в точці обліку, квар·год.;

$K = 3$ – нормативний коефіцієнт врахування збитків енергопостачальної організації від генерації реактивної електроенергії;

D – економічний еквівалент реактивної потужності, що характеризує вплив реактивного перетоку в точці обліку на втрати активної потужності в розрахунковому режимі, кВт/квар:

$$B_2 = B_1 \cdot C_{БАЗ} \cdot (K_{\phi} - 1) \text{ (у.о.)}, \quad (7)$$

де B_2 – надбавка за недостатнє оснащення електричної мережі споживача засобами компенсації реактивної потужності, яка нараховується, якщо коефіцієнт реактивної потужності споживача в середньому за розрахунковий період $\tan \phi > 0,25$ – для промислових споживачів і $\tan \phi > 0,75$ – для непромислових споживачів;

$C_{БАЗ} = 1,3$ – нормативне базове значення коефіцієнта стимулювання капітальних вкладень в засоби КРП в електричних мережах споживача;

K_{ϕ} – коефіцієнт, що визначається за виразами:

– для промислових споживачів;

$$K_{\phi} = (\tan \phi - 0,25)^2 + 1, \quad (8)$$

– для непромислових споживачів:

$$K_{\phi} = (\tan \phi - 0,75)^2 + 1. \quad (9)$$

Значення коефіцієнта реактивної потужності споживача в середньому за розрахунковий період визначається як відношення споживаних, відповідно,

активної та реактивної електроенергії:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{W_p^{cn}}{W_a^{cn}}. \quad (10)$$

Відповідно до [9], втрати електроенергії в електричній мережі визначаються з використанням коефіцієнта форми графіка навантаження за струмом, що, значною мірою, враховує нерівномірність графіка навантаження.

$$\Delta W = 3k_{\phi I}^2 I_c^2 R T \cdot 10^{-3} \text{ (кВт} \cdot \text{год)}. \quad (11)$$

$$\text{де } k_{\phi I} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n I_i^2 \cdot t_i} / \sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n I_i \cdot t_i / \sum_{i=1}^n t_i} - \text{коефіцієнт форми графіка навантаження за}$$

струмом, тут I_i – середній струм навантаження в i -му періоді вимірювання, який може вимірюватись або розраховується за виразом:

$$I_c = \frac{\sqrt{P_c^2 + Q_c^2}}{\sqrt{3} \cdot U} \text{ (А)}, \quad (12)$$

де P_c, Q_c – відповідно, середні активна та реактивна потужності навантаження, що живиться через елемент системи електропередачі (лінію чи трансформатор) за розрахунковий період T ;

U – напруга елемента лінії електропередачі, кВ.

I_c – середній струм, який може визначатись за виразом (12) або:

$$I_c = \frac{\sqrt{W_a^2 + W_p^2}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot T} \text{ (А)}. \quad (13)$$

Річні втрати електроенергії в трансформаторах визначаються за виразом [8–10]:

$$\Delta W_{mp} = \Delta P_{xx} T_{mp} + \beta^2 \Delta P_{кз} T_n, \quad (14)$$

$\Delta P_{кз}$ – втрати короткого замикання трансформатора, кВт;

T_{mp} – час, протягом якого трансформатор приєднано до мережі, год.;

T_n – час, протягом якого трансформатор працює під навантаженням, год.;

β – коефіцієнт завантаження трансформатора, квадрат якого за умов змінного навантаження визначається за виразом:

$$\beta^2 = \frac{k_{\phi a}^2 P_c^2 + k_{\phi p}^2 Q_c^2}{S_n^2} \quad (15)$$

де $k_{\phi a}$ – коефіцієнт форми графіка активної потужності;

$k_{\phi p}$ – коефіцієнт форми графіка реактивної потужності;

P_c – середнє значення активної потужності за розрахунковий період;

Q_c – середнє значення реактивної потужності.

Величини P_c та Q_c визначаються для кожної лінії як суми середніх потужностей цехів, що живляться від конкретного трансформатора.

Таблиця 1. Визначення середніх потужностей P_c і Q_c .

Номер трансформатора	Номери цехів	P_c	Q_c
1	1,2,14	97,6	61,4
2	3,4	73,2	54,2
3	5-9	110,4	53
4	10-13	61,3	47,2

Розрахунок реалізовано з використанням електронних таблиць Excel (табл. 2 – 4).

Під час розрахунку прийняті коефіцієнти форми графіків струму, активної та реактивної потужності, розраховані на основі зібраних статистичних даних за формулами:

$$k_{\phi I} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n I_i^2 \cdot t_i / \sum_{i=1}^n t_i}}{\sum_{i=1}^n I_i \cdot t_i / \sum_{i=1}^n t_i}; \quad k_{\phi a} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n P_{ci}^2 \cdot t_i / \sum_{i=1}^n t_i}}{\sum_{i=1}^n P_{ci} \cdot t_i / \sum_{i=1}^n t_i}; \quad k_{\phi p} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n Q_{ci}^2 \cdot t_i / \sum_{i=1}^n t_i}}{\sum_{i=1}^n Q_{ci} \cdot t_i / \sum_{i=1}^n t_i}, \quad (16)$$

де P_{ci} , Q_{ci} – значення середніх потужностей на i -му інтервалі вимірювання.

Під час інтервалу вимірювання в 1 год. ці потужності дорівнюють значенню спожитої електроенергії. Тому їх можна легко отримати з використанням лічильників активної та реактивної енергії.

Під час інтервалу вимірювання в 1 год. ці потужності дорівнюють значенню спожитої електроенергії. Тому їх можна легко отримати з використанням лічильників активної та реактивної енергії.

Таблиця 2. Визначення вартості зниження втрат електроенергії в трансформаторах установи.

Елемент	dPx, кВт	dPкз, кВт	Sn, кВА	Pс, кВт	Qс, квар	T, год	kфа	kфр	C, у.о./к Вт·го д	Ввтр.до у.о.	Ввтр.післ я, у.о.	Екон/ у.о.
Тр-р №1	1,96	10,5	1000	1122	61,4	8760	1,3	1,28	2,36	480335, 8	478995,0	1340,79
Тр-р №2	1,96	10,5	1000	810	54,2	8760	1,31	1,29	2,36	262640, 2	261579,	1061,17
Тр-р №3	1,96	10,5	1000	522	53	8760	1,28	1,27	2,36	115062, 5	114079,1	983,48
Тр-р №4	1,96	10,5	1000	372	47,2	8760	1,33	1,3	2,36	71123,5 9	70306,3	817,29
Сума	7,84	42	4000									4202,73

Таблиця 3. Визначення вартості зниження втрат електроенергії в кабельних лініях установи.

Елемент	кф Ідо	кф Іпі сля	Рс, кВт	Qс, квар	Т, год	U, кВ	I, кА	R0 Ом/км	С, у.о./кВ т.год	Ввтр.д о,у.о.	Ввтр.п ісля,у. о.	Еко0000 Ономія, у.о.
Кл 1	1,2 9	1,2 8	112 2	14,2	8760	10	0,2	1,1	2,36	95295, 93	93808, 9	1486,95
Кл 2	1,2 8	1,2 7	810	10,7	8760	10	0,2	1,1	2,36	48899, 58	48130, 0	769,53
Кл 3	1,2 8	1,2 7	522	4,42	8760	10	0,3	1,1	2,36	30459, 4	29983, 2	476,22
Кл 4	1,2 8	1,2 7	372	10,3	8760	10	0,3	1,1	2,36	15480, 0	15227, 3	252,69
Сума												2985,39

Підсумовуючи результати розрахунків, що наведені в табл. 2 – 4, отримуємо прогнозоване значення повної економії установи внаслідок КРП 61877 у.о..

Таблиця 4. Визначення величини зниження оплати за електроенергію підприємством внаслідок КРП.

W _{асп} , кВт·год	W _{асп} , кВт·год	tgφ	D, кВт/квар	С, у.о./ кВт·год	С _{ба} з	B1, у.о.	B2, у.о.	BWp, у.о.
300000	2250000	0,7 5	0,02	2,36	1,3	10620 0	34515	140715

Враховуючи результати попереднього аналізу заходів з енергозбереження, термін окупності компенсувальних пристроїв очікується таким, що дорівнює:

$$T = \frac{B_{KV}}{C}, \quad T = \frac{300000}{150000} = 2 \text{ (року)}, \quad (17)$$

і це є допустимим. Після закінчення терміну окупності і за подібного характеру енергоспоживання підприємство внаслідок КРП буде економити понад 50000 у.о.. в рік.

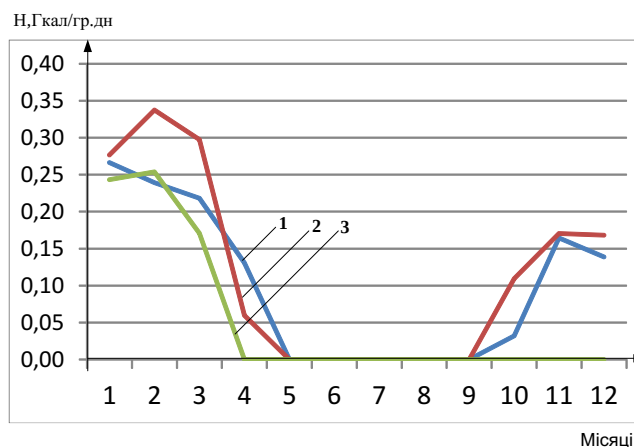


Рис. 2. Норми використання теплової енергії в 4-му навчальному корпусі ВНТУ протягом року: 1-2019., 2-2020 р., 3-2024 р.

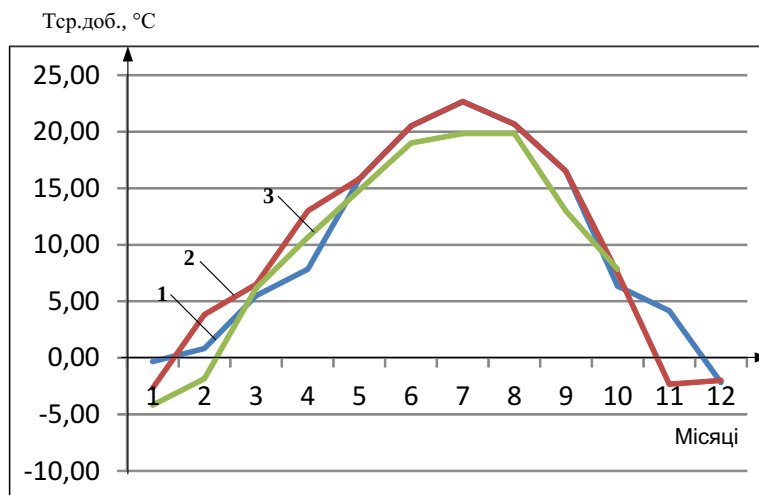


Рис. 3. Зміна середньої температури в м. Вінниці протягом року: 1-2019., 2-2020 р., 3-2024 р.

Висновок. У даній роботі проведено аналіз енергоаудиторських методів для підвищення ефективності систем електропостачання. Дослідження показало, що застосування сучасних технологій енергоаудиту дозволяє ідентифікувати основні втрати електроенергії, визначити критичні точки перевантаження мереж, гармонічні спотворення та інші фактори, що впливають на енергетичну ефективність.

Запропоновані методи оцінки ефективності використання компенсувальних пристроїв, зокрема засобів компенсації реактивної потужності, дозволяють знизити експлуатаційні витрати, підвищити якість електропостачання та скоротити негативний вплив на електромережі.

Практичне застосування енергоаудиту сприяє не лише підвищенню ефективності функціонування електротехнічних систем, а й забезпечує відповідність сучасним міжнародним стандартам енергоефективності. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення використання цифрових технологій, автоматизованих систем моніторингу та методів математичного моделювання для підвищення точності аналізу та оптимізації енергоспоживання.

Список використаної літератури

1. Мельник Л.Л., Сотник І.М., Лук'яненко Я.В. Енергетичний менеджмент та енергоаудит: підручник. Суми: Університетська книга. 2016. 348 с.
2. Ковальчук С.В., Тарасенко О.М. Енергозбереження та енергоаудит: навчальний посібник. Київ: Центр учбової літератури. 2017. 256 с.
3. Стаднік М.І., Видмиш А.А., Штуць А.А., Колісник М.А. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика: навч. посіб. - Вінниця: ТОВ «ТВОРИ». 2020. 332 с.
4. Головка А.М., Петров В.О. Енергетичний аудит промислових підприємств: посібник. Харків: ХНУМГ. 2018. 312 с.
5. Савченко В.Ф., Жук О.В. Енергоменеджмент та енергоаудит систем електропостачання: навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2019. 280 с.
6. Бондаренко О.М., Іваненко П.П. Енергозбереження та енергоаудит:

теорія і практика: навчальний посібник. Львів: Львівська політехніка. 2020. 300 с.

7. Петренко І.В., Коваленко С.М. Методичні підходи до проведення енергетичних аудитів промислових підприємств. *Вісник НТУУ "КПІ"*: науковий журнал. 2016. №12. С. 45–52.

8. Сидоренко О.П., Мельничук В.В. Енергетичний аудит систем електропостачання: сучасні підходи та методи. *Енергетика та електрифікація*: науковий журнал. 2017. №3. С. 33–40.

9. Ткаченко Л.М., Григоренко Ю.О. Підвищення ефективності систем електропостачання на основі енергоаудиту. *Технічна електродинаміка*: науковий журнал. 2018. №5. С. 27–35.

10. Лисенко П.Г., Андрієнко Н.М. Енергетичний аудит як інструмент підвищення енергоефективності підприємств. *Промислова енергетика*: науковий журнал. 2019. №6. С. 41–48.

Іван Муляр¹⁰,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАКТОРІВ ТЯГОВОГО КЛАСУ 4,0

Анотація. Оптимальний вибір техніки, що купується, на основі її функціональних характеристик є важливим завданням для сучасних сільськогосподарських підприємств. З метою вибору оптимальної моделі трактора порівняли вартість і види виконуваних робіт трьох тракторів: Кіровець К-5, БТЗ 254-К і DEUTZ-FAHR6230 TTV та DEUTZ-FAHR6230 TTV.

Ключові слова: трактори, тяговий клас, агроінженерія, ефективність, енергетична ефективність, експлуатаційні.

Annotation. The optimal choice of purchased machinery based on its functional characteristics is an important task for modern agricultural enterprises. In order to select the optimal tractor model, we compared the cost and types of work performed by three tractors: Kirovets K-5, BTR 254-K and DEUTZ-FAHR6230 TTV and DEUTZ-FAHR6230 TTV.

Key words: tractors, traction class, agroengineering, efficiency, energy efficiency, operational efficiency.

Вступ. Трактори тягового класу 4,0 є важливим елементом сучасної

¹⁰Науковий керівник – Єленич А.П., асистент кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК.

аграрної техніки, адже їхня ефективність безпосередньо впливає на продуктивність сільськогосподарських робіт. В умовах стрімкого розвитку агроіндустрії, оптимізація роботи тракторів, зокрема тих, що належать до середнього тягового класу, набуває особливої актуальності. Вони поєднують високу потужність і маневреність, що робить їх ідеальними для виконання різноманітних операцій у сільському господарстві, таких як обробка ґрунту, посів, збирання врожаю та транспортування [1].

Одним із ключових аспектів оцінки ефективності тракторів цього класу є їхня здатність працювати в умовах різних типів ґрунтів, ефективність паливоспоживання, а також витривалість і довговічність в умовах інтенсивного використання. Аналіз цих характеристик дозволяє оцінити не лише технічні можливості, а й економічні переваги, які трактори тягового класу 4,0 можуть принести агропідприємствам.

Ця стаття присвячена аналізу ефективності тракторів тягового класу 4,0 в агроінженерії, зокрема розгляду їхніх переваг, недоліків та можливостей для оптимізації їх використання в умовах різноманітних сільськогосподарських практик. Оцінка технічних характеристик, а також порівняння з іншими типами тракторів дозволить визначити їх роль у забезпеченні сталого розвитку агросектора.

Виклад основного матеріалу. Показник технологічного рівня (P_T) трактора (енергетичного засобу) можна представити у вигляді функціональної залежності:

$$P_T = f(Y_T, A_T, W_T, C_T,), \quad (1)$$

де Y_T, A_T, W_T, C_T - безрозмірний узагальнений показник технологічної універсальності, агротехнічних властивостей, потенційної продуктивності і вартості виконання технологічних операцій відповідно [2].

Для розрахунку показника технологічного рівня порівнюваних тракторів застосовано основні технічні характеристики, наведені в таблиці 1.

Показник Y_T свідчить про здатність трактора (енергетичного засобу) виконувати зі встановленою якістю основні сільськогосподарські операції: працювати з навісними комбінованими машинами (a_a), на орних операціях (a_p), на прибиранні (a_{yb}) і під час транспортних процесів (a_{tp}). Цей показник визначається за формулою:

$$Y_T = \frac{(a_a + a_p + a_{yb} + a_{tp})}{4}, \quad (2)$$

Здатність трактора виконувати транспортні роботи застосовується для оцінки функціональних характеристик із доробком на майбутні зміни норм і правил експлуатації сільськогосподарської техніки й оцінюється показником (a_{tp}).

Показник агротехнічних властивостей (A_T) характеризує якість виконання робіт згідно з агротехнічними вимогами враховує тиск на ґрунт (γ_q), площу ущільненої ділянки рушієм ($\gamma_{пп}$), агротехнічний просвіт (γ_h), маневреність трактора (γ_m) і визначається залежністю [3]:

$$A_T = f(\gamma_q, \gamma_{пп}, \gamma_h, \gamma_m). \quad (3)$$

Таблиця 1. Технічні характеристики тракторів тягового класу 4,0.

Назва / Title	Кіровець К-5	БТЗ 254-К	DEUTZ-FAHR6230 TTV
Компонувальна схема / Layout diagram	4К4	4К4	4К4
Розмір коліс (перед/зад) / Wheel dimension (front/rear)	23,1R26	23,1R26	540/65 R28-650/65 R38
Вантажопідйомність передньої навішування / Load capacity of the front hitch	0	0	5450
Вантажопідйомність задньої навішування / Load capacity of the rear hitch	6500	5000	8400
Наявність переднього ВОМ / Presence of the front PTO	-	-	+
Потужність двигуна, кВт / Engine power, kW	184	184	170
Маса трактора, кг / Tractor weight, kg	10500	8660	8400
Маса баласту, кг / Ballast weight, kg	680	0	1000
Транспортна швидкість, км/год / Transport speed, km/h	30	30	40
Агротехнічний просвіт, мм / Agrotechnical clearance, mm	470	400	510
Радіус повороту, м / Turning radius, m	6,5	6,7	10
Питома витрата палива, кг/кВт·год / Specific fuel consumption, kg/kWh	229	238	234
Вартість трактора, тис. руб. / Cost of the tractor, rub	8750	7200	30466

Значення коефіцієнтів вагомості одиничних показників визначаються методом опитування експертів за спеціально розробленою методикою. Потенційна продуктивність машинно-тракторного агрегату (МТА) - це продуктивність зі знаряддям такої ширини захвату, за якої його тяговий опір дорівнює номінальному тяговому зусиллю трактора, а швидкість руху МТА є максимальною за даної потужності двигуна, але не перевищує швидкість, встановлену агротехнічними вимогами.

Показник потенційної продуктивності (W_n) визначається за формулою:

$$w_n = B_{max} V_{тр}, \quad (4)$$

де B_{max} – ширина захвату МТА при максимальному тяговому зусиллі, м;
 $V_{тр}$ – швидкість руху МТА, м/с.

Для розрахунку потужності на гаку використовується показник тягового ККД, коефіцієнта можливого використання потужності двигуна, коефіцієнт зниження потужності трактора внаслідок динамічного навантаження та номінальної потужності двигуна.

Показник потенційної змінної продуктивності трактора (W_T) визначається за виразом:

$$w_T = \frac{W_{п.тр}}{W_{макс}}. \quad (5)$$

Технологічний рівень (Π_T) порівнюваних тракторів (енергетичних засобів) визначається за формулою:

$$\Pi_T = SVT \times YT + SAT \times AT + SWT \times WT + SCT \times CT, \quad (6)$$

У зв'язку з тим, що показники не пов'язані між собою жодною функціональною залежністю собою жодною функціональною залежністю, коефіцієнти вагомості SYT, SAT, SWT, SCT визначаються методом ранжування за допомогою експертів.

Аналіз розрахованого показника технологічної універсальності (табл. 2) показав, що всі трактори можуть працювати з навісними комбінованими машинами, але найбільш універсальним є імпортний зразок. DEUTZ-FAHR6230 TTV, який має передній вал відбору потужності (ВВП) і здатний використовувати на передній навісці активні сільськогосподарські машини [4].

Таблиця 2. Показник технологічної універсальності (Y_T) тракторів тягового класу 4,0.

Model of tractor / Model of tractor	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	Y_T
Kirovets K-5	0.49	0.75	0.47	0.5	0.55
BTZ 254-K	0.48	0.81	0.47	0.5	0.57
DEUTZ-FAHR6230 TTV	0.86	0.78	0.45	0.67	0.69

Під час виконання орних і збиральних робіт усі трактори перебувають приблизно на одному технічному рівні та мають однакову ефективність застосування.

До збиральних процесів належать роботи з косіння трави широкозахватними косарками. На міжрядному обробітку застосування тракторів загального призначення неможливе у зв'язку з відсутністю регулювання колії та використання шин із широким профілем.

Трактор DEUTZ-FAHR6230 TTV порівняно з вітчизняними аналогами здатний розвивати більшу транспортну швидкість, що позначається на продуктивності машинно-тракторного агрегату на транспортних роботах

Аналіз показників агротехнічних властивостей порівнюваних тракторів показав, що найменший тиск на ґрунт чинить трактор БТЗ 254-К (табл. 3).

Таблиця 3. Показник агротехнічних властивостей (A_T) тракторів тягового класу 4,0.

Model of tractor / Model of tractor	γ_f	γ_h	γ_n	γ_m	A_T
Kirovets K-5	0.51	0.67	1	1	0.69
BTZ 254-K	0.51	0.57	0.97	1	0.7
DEUTZ-FAHR6230 TTV	0.58	0.73	0.65	0.9	0.68

Площа ущільненої ділянки рушієм залежно від розмірності застосовуваних шин визначалася розрахунковим шляхом. Найкращий показник агротехнічного просвіту має трактор DEUTZ-FAHR6230 TTV, однак для тракторів загального призначення він має менший вплив на якість виконання робіт. Для даного типу робіт слід застосовувати найбільш підходящі універсально-просапні трактори

тягових класів 0,9-2,0. За показниками маневреності лідируючу позицію серед порівнюваних тракторів посідає Кіровоць К-5. Завдяки конструкції рами, що має шарнірно-зчленований тип, у якого найменший радіус повороту. Трактор БТЗ 254-К з рамою тієї ж конструкції також має високий показник маневреності [5].

Результати розрахунку показників потенційної продуктивності (W_p) і відносного показника потенційної змінної продуктивності (W_T) представлено на рисунку 1.

Розрахунковий показник технологічного рівня тракторів наведено в таблиці 4. За відносним показником вартості виконання технологічного процесу вітчизняні трактори більш ніж удвічі перевершують іноземний аналог тягового класу 4,0, що пов'язано з високою вартістю придбання DEUTZ-FAHR6230 TTV.

За показником технологічного рівня трактори Кіровоць К-5 і БТЗ 254-К рівні між собою і мають перевагу перед зарубіжною моделлю DEUTZ-FAHR6230 TTV. 2 Трактор DEUTZ-FAHR6230 TTV обладнаний переднім валом відбору потужності, тому він найбільш універсальний і може використовувати на передній навішуванні активні сільськогосподарські машини, що підвищує

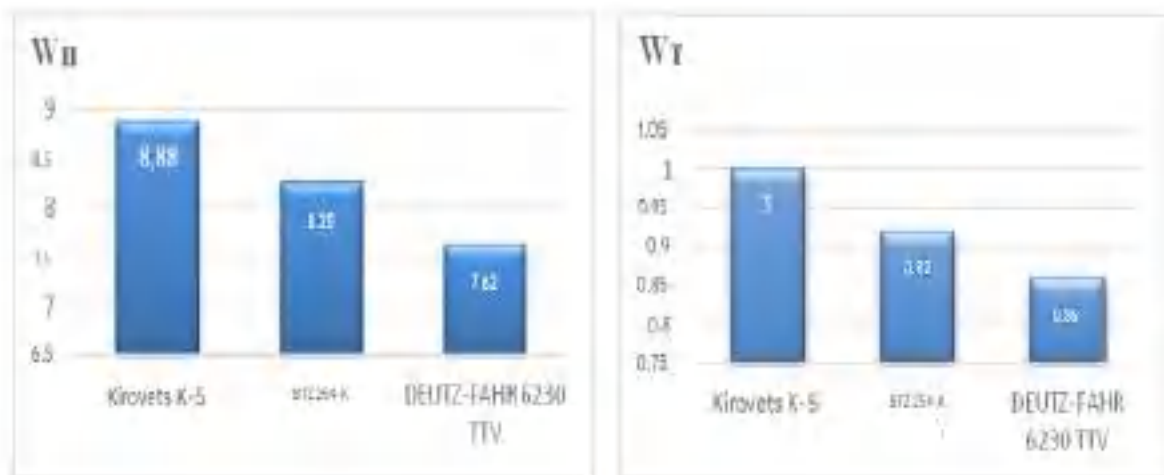


Рис. 1. Потенційна продуктивність (W_p , га/год) і відносний показник потенційної змінної продуктивності (W_T) тракторів тягового класу 4,0.

Таблиця 4. Показники наведених витрат, вартості та технологічного рівня тракторів тягового класу 4,0.

Tractor model Model of tractor	Specific capital investment, K, rub./ha Specific capital investments, K_p , rub./ha	Direct operating costs, C, rub./ha Direct operating costs, C_d , rub./ha	Presented costs, Cp, rub./ha Presented costs, C_p rub./ha	The relative indicator of the cost of the technological process Relative indicator of the cost of technological process implementation, S_p , rub./ha	Technological level of the tractor, P. Tractor technological level, Π_p
Kirovets K-5	1356	1546	1682	0.95	0.72
BTZ 254-K	1200	1484	1604	1	0.72
DEUTZ-FAHR6230 TTV	5494	3289	3838	0.41	0.88

здатність працювати з навісними комбінованими сільськогосподарськими агрегатами. Модель має більшу максимальну транспортну швидкість, ніж вітчизняні аналоги, що позначається на продуктивності машинно-тракторного агрегату в цілому.3. За показником технологічного рівня трактори Кіровоць К-5 і БТЗ 254-К, маючи однакове значення 0,72, перевершують імпортований аналог DEUTZ-FAHR6230 TTV з показником 0,69, що доводить перспективність даних моделей тракторів під час виконання технологічних процесів.

Висновки. На орних і збиральних роботах трактори тягового класу 4,0 Кіровоць К-5, БТЗ 254-К, DEUTZ-FAHR6230 TTV перебувають приблизно на одному технологічному рівні. Застосування розглянутих тракторів доцільне на оброботку ґрунту: оранка, глибоке розпушування, лушення, фрезерування, культивування, боронування, коткування, чизелювання. На міжрядному обробітку використання даних тракторів загального призначення неможливе з огляду на відсутність регулювання колії та використання шин із широким профілем.

Список використаної літератури

1. Болтянський О.В., Болтянська Н.І. Аналіз шляхів підвищення ефективності використання машино-тракторного парку. *Праці ТДАТУ*: науковий журнал. Т. 4. 2014. Вип. 14. С. 204–209.
2. Дослідження експлуатаційних показників машино-тракторного агрегату під час виконання транспортних робіт: веб-сайт. URL: http://repository.lnau.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/240/1/Protsikevych_mag.pdf (дата звернення 26.03.2025).
3. Розрахунок показників тягових властивостей трактора: веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/7872287/> (дата звернення 26.03.2025).
4. Особливості використання тягової характеристики трактора при комплектуванні МТА: веб-сайт. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/mvz/wp-content/uploads/sites/5/1.z.-3-osoblyvosti-vykorystannja-tjahovoyi-harakterystyky-traktora-pry-komplektuvanni-mta.pdf> (дата звернення 26.03.2025).
5. Енергетичні засоби в АПК: веб-сайт. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/5105/1/Enerhetychni%20zasoby%20v%20APK.pdf> (дата звернення 26.03.2025).

Микола НЕЗБУТНІЙ¹¹,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ОПТИМІЗАЦІЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ НА ТРАКТОРАХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ

***Анотація.** У статті досліджено гідравлічну потужність тракторів як важливу характеристику їхньої продуктивності та ефективності. Проаналізовано сучасні методи вимірювання гідравлічної потужності з урахуванням стандартів*

***Ключові слова:** гідравлічна потужність, сільськогосподарські трактори, вимірювальні пристрої, продуктивність.*

***Annotation.** The article investigates the hydraulic power of tractors as an important characteristic of their productivity and efficiency. Modern methods of measuring hydraulic power are analyzed taking into account standards*

***Keywords:** hydraulic power, agricultural tractors, measuring devices, productivity.*

Вступ. Сучасний агропромисловий сектор вимагає високої продуктивності та ефективності в управлінні сільськогосподарською технікою, включаючи трактори. Гідравлічна потужність трактора є одним із ключових параметрів, який впливає на його функціональність та продуктивність. Ефективне оцінювання цієї потужності має важливе значення для забезпечення найкращого використання техніки в аграрних операціях [1-4].

У сучасному сільському господарстві, ефективність використання сільськогосподарської техніки, зокрема тракторів, є ключовою складовою успішного виробництва сільськогосподарської продукції. Однією з важливих характеристик тракторів є їх гідравлічна потужність, яка визначає їхню здатність виконувати різноманітні робочі операції, такі як обробіток ґрунту, підйом та перевезення вантажів та багато інших [1-4]. Для досягнення максимальної продуктивності і якості роботи тракторів необхідно мати точні та надійні методи оцінювання їх гідравлічної потужності.

Сільськогосподарські трактори використовуються протягом року для різноманітних робіт. Трактори передають потужність до навісного обладнання за допомогою тяги, гідравліки та валу відбору потужності. Деякі з цих операцій вимагають принаймні двох форм потужності трактора постійне живлення від трактора (наприклад, тяги та валу відбору потужності) або періодичні операції (наприклад, гідравліка).

¹¹Науковий керівник – Паладійчук Ю.Б. к.т.н, доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

Продуктивність тракторів оцінюється згідно стандартів Організації економічного співробітництва і розвитку, що використовуються для офіційних випробувань тракторів у сільському та лісовому господарстві. Згідно зі стандартами організації економічного співробітництва і розвитку, трактори проходять комплекс тестів для визначення їх продуктивності, включаючи тестування тягової сили та гідравлічної потужності.

Поява тракторів з електронним керуванням призвело до появи моделей, які можуть змінювати продуктивність двигуна в залежності від використання різних типів живлення. Наприклад, Case IH Magnum 380 може працювати в режимі збільшеної потужності при певних комбінаціях навантаження на муфту і гідравлічного потоку. Деякі моделі Case IH Steiger, гусеничні та колісні трактори, а також поточні моделі John Deere 9R обмежують потужність на певних передачах, щоб захистити трансмісію [1-3].

Виклад основного матеріалу. Гідравлічна потужність трактора, яку використовують для роботи з різноманітним сільськогосподарським обладнанням, має свої обмеження поза максимальною швидкістю двигуна, і ці обмежені робочі дані доступні операторам для правильного вибору обладнання [1-4].

Для вимірювання гідравлічного тиску та потоку трактора розроблено гідравлічний вимірювальний пристрій. Метою цього дослідження було визначити, який з шести конфігурацій гідравлічних шлангів, призначених для вимірювання гідравлічної потужності, що надається навісному обладнанню, найкраще відповідає вимогам точності (в межах 2%) від повної гідравлічної потужності трактора.

Встановлена система вимірювання дозволила використовувати гідравлічні шланги з різними кутами згину (0° , 45° і 90°) в різних конфігураціях для приєднання до вимірювальних приладів тиску та витрати. Проводилися тести при різних рівнях витрат та тиску для кожної конфігурації шланг, а значення тиску порівнювалися з базовими показниками, отриманими на гідравлічному вимірювальному стенді [1,2].

Після застосування коефіцієнта регулювання тиску для мінімізації перепаду тиску між двома системами, виявлено, що відхилення тиску ($>10,56$ кПа) були більш значущими при вищих обертах двигуна. Різниця у швидкості потоку була незначною (<167 мл/год), і розрахункова потужність практично не відрізнялася від виміряної повної потужності [1,2]. З цих результатів можна зробити висновок, що використання гідравлічного вимірювального пристрою на тракторі дозволяє точно виміряти гідравлічну потужність, що надається навісному обладнанню, незалежно від конфігурації гідравлічних шлангів.

При встановленні гідравлічної системи на сільськогосподарський трактор, отримання фактичних даних щодо її функціонування, місця монтажу та вимог до простору є критично важливими аспектами конструкції системи.

Гідравлічна система трактора має витримувати навантаження, яке включає переривчасту та частотну зміну навантаження, і широко використовується для

живлення обладнання, де механічна або електрична енергія є неефективною [1-3]. Виробники розміщують гідравлічну систему на обмеженому просторі, використовуючи вал відбору потужності (ВВП), дишло та 3-точкові зачіпки в задній частині трактора для ефективної роботи.



Рис. 1. Типове розташування гідравлічних систем.

Для визначення доступної гідравлічної потужності, яку можна використовувати для сільськогосподарських знарядь, необхідні спеціальні датчики [2].

Однак існують проблеми при впровадженні таких систем через обмеженість простору (рис. 1). Щоб виміряти гідравлічну потужність, яку використовує обладнання, слід виміряти тиск та швидкість потоку рідини, що постачається до цього обладнання [2-4]. Це можна зробити, встановивши вимірювальні пристрої, такі як витратомір, між основним гідронасосом і гідравлічними портами або між віддаленими портами та приєднаним обладнанням.

Згідно рекомендацій виробників витратомірів, необхідно мати певну довжину труби на вході та виході витратоміра для забезпечення точності вимірювань.

Це робиться для забезпечення ламінарного потоку рідини в зоні вимірювань і підвищення точності вимірювань потоку [2,3]. Проте, якщо простір обмежений, встановлення таких труб може бути складним завданням.

Раніше дослідження використовували потокову турбіну Hydrotechnik RE6 [2,3], яка встановлювалася перед гідравлічним дистанційним блоком в задній частині трактора, але цей підхід обмежував точність вимірювань потужності гідравлічного обладнання через вплив ефективності гідравлічної системи на вимірювані дані.

Автори цього дослідження запропонували інший підхід, який не потребує модифікації гідравлічної системи трактора і дозволяє тестування гідравлічної потужності на будь-якому тракторі з використанням стандартних гідравлічних

муфт ISO 5675 [3-5]. Цей підхід прямолінійного вимірювача потоку на задній частині трактора нічим не обмежує його функціональність, та не потребує додаткової довжини гідравлічних шлангів (рис. 1).

Для проведення обов'язкових випробувань на гідравлічну потужність потрібно мати гідравлічну рідину у межах температурного діапазону від 5 до 65°C. Якщо умови температури не вдасться досягти в межах цього діапазону при нормальних умовах роботи, це повинно бути зазначено у звіті. Екологічна температура та навантаження також можуть впливати на початкову та остаточну оцінку рідини з точки зору температури [3].

Тест також включає в себе перевірку двигуна на регулювання максимальної швидкості та потоку, налаштованого для досягнення максимального потоку, хоча це не завжди доцільно для нормальної експлуатації.

Крім того, під час перевірки продуктивності тракторів перевіряють передачі/швидкість, налаштовані на рівень вищий за максимальний, що забезпечує максимальну потужність, а потім негайно знижують налаштування передач/швидкості до рівня виробництва максимальної тяги [3].

Окрім цього, перевірка витрати палива під час випробування гідравлічної потужності надає інформацію щодо ефективності роботи при часткових навантаженнях. Ця частина випробувань включає п'ять підвипробувань:

1. максимальна потужність при номінальній швидкості двигуна;
2. два тести з 50% максимальної потужності при номінальній швидкості двигуна;
3. два тести з 75% максимальної потужності при номінальній швидкості двигуна.

Швидкість руху на обраних передачах повинна бути однаковою при кожному навантаженні, з однією передачею/швидкістю на номінальній швидкості, а іншою – на вищій передачі та зниженій швидкості двигуна. Ці тести проводяться для оцінки двох типових налаштувань передач/швидкості під час польових робіт [3-5].

Передбачено встановлення налаштувань передач/швидкості, які забезпечують швидкість руху, найближчу до номінальної швидкості від 7,5 км/год до 10 км/год [3-5].

Максимальну потужність дишла необхідно визначати:

1. На всіх передачах, які забезпечують менше 15% ковзання та швидкість менше 12,9 км/год при номінальній швидкості двигуна.
2. На передачі, що має найповільніший хід та частково з навантаженням, налаштованим на 15% ковзання та швидкість між 12,9 і 16,1 км/год при оціненій швидкості двигуна.

Випробувальні секції коробки передач потребують максимального налаштування регулятора [3]. Тести включають перевірку максимальної потужності протягом однієї години, повне навантаження при змінній швидкості, змінне навантаження при номінальній швидкості двигуна та стандартній швидкості валу відбору потужності (ВВП). Також проводяться тести споживання пального для визначення характеристик пального використання двигуна, що

дозволяє оцінити економію пального при роботі ВВП [3,4].

Параметри тесту включають:

1. максимальна потужність на номінальній частоті обертання двигуна;
2. важка робота на дишлі (80 % номінальної частоти обертання двигуна максимальної потужності при налаштуванні максимальної швидкості);
3. потужне дишло або ВВП на стандартній швидкості (максимальна потужність 80 % номінальної частоти обертання двигуна з регулятором, встановленим на 90 % номінальної частоти обертання двигуна);
4. легка потужність ВВП або дишло (максимальна потужність 40 % номінальної частоти обертання двигуна встановлена на 90 % номінальної частоти обертання двигуна);
5. важке дишло або ВВП на економних швидкостях ВВП або автоматичне регулювання обертів двигуна (максимальна потужність 60 % номінальної частоти обертання двигуна з регулятором, встановленим на 60 % номінальної частоти обертання двигуна);
6. легке дишло або ВВП на зниженій швидкості (максимальна потужність 40 % номінальної частоти обертання двигуна з регулятор встановлений на 60 % номінальної частоти обертання двигуна).

Додаткові тести включають в себе вимірювання максимальної потужності при швидкості, еквівалентній номінальній швидкості двигуна, та при частоті обертання двигуна, що забезпечує стандартну швидкість ВВП

Тестування враховує тип зчеплення між двигуном і ВВП, яке може бути механічним або немеханічним.

Механічні випробування зчеплення включають двогодинний тест на максимальній потужності, де крутний момент збільшується на 20% кожні п'ять хвилин протягом не більше 60 секунд.

Немеханічні випробування зчеплення включають двогодинний тест, що складається з двох окремих одногодинних тестів послідовно і серії тестів при частковому навантаженні [4-6]. Перший тест на максимальну потужність включає середнє значення із мінімуму шести показань, розподілених рівномірно протягом години. Другий одногодинний тест проводиться на найнижчій швидкості двигуна і підтримує потужність ВВП, отриману в першому одногодинному тесті на номінальній швидкості ВВП. Закінчення потужності при частковому навантаженні регулюється налаштуванням регулятора, встановленим для другого одногодинного тесту. Ці навантаження повинні тривати не менше 20 хвилин і відповідати основним варіантам навантажень номінальної частоти обертання двигуна [4].

Для вивчення впливу конфігурації згину труби на тиск та точність вимірювання витрати була розроблена повна система [4]. Ця система складалася з сільськогосподарського трактора, який був з'єднаний із встановленим випробувальним пристроєм (DUT), і стенду для гідравлічних вимірювань.

Для отримання даних були використані датчики з аналоговим вихідним сигналом напруги, оскільки вони забезпечували більшу гнучкість і сумісність з обладнанням для збору даних (DAQ) і спрощували можливість розширення

системи.

Для вимірювань був обраний витратомір турбінного типу (Flo-tech Activa F6206-AVB-NN). Він був обраний через здатність вимірювання великих об'ємів рідини, від 15 до 303 літрів на годину, з вихідним аналоговим сигналом від 0 В постійного струму до 5 В постійного струму. Цей витратомір міг працювати з гідравлічними системами на найновіших сільськогосподарських тракторах, які мають велику пропускну здатність [4-6].

Турбінний витратомір може вимірювати двонаправлену витрату, тому в системному контурі був використаний лише один датчик. Додатково, цей датчик мав внутрішні випрямлячі потоку з обох сторін турбіни і порти для встановлення датчиків температури і тиску [4,5].

Для вимірювання тиску був використаний аналоговий датчик (OMEGA Px309, OMEGA Engineering Inc.), який здатний був вимірювати тиск від 0 до 34,5 МПа (від 0 Па до 5000 Па) з вихідною напругою від 0 В постійного струму до 5 В постійного струму.

Для збору даних між датчиками та комп'ютером був використаний інтерфейс National Instruments (NI) myDAQ від National Instruments Corporation.

Порти витратомірів (діаметр 25,4 мм) із різьбою 16 мм були підключені до перехідників, які зменшували їх розміри від 16 до 19 мм трубної різьби та до 19 мм гідравлічного середнього тиску шланга (з максимальним номінальним тиском 21,4 МПа) [4,5].

Датчики та шланги були закріплені на фанерній дошці за допомогою U-подібних болтів, як показано на рисунках 2 а, б. Кінці шлангів можна було встановити в прямолінійній конфігурації 0°, 45°, 90° або будь-якому поєднанні цих кутів (рис. 2 а, 2 б) за допомогою фанерної дошки та U-подібних болтів. Проте не всі можливі комбінації використовувалися для тестування.

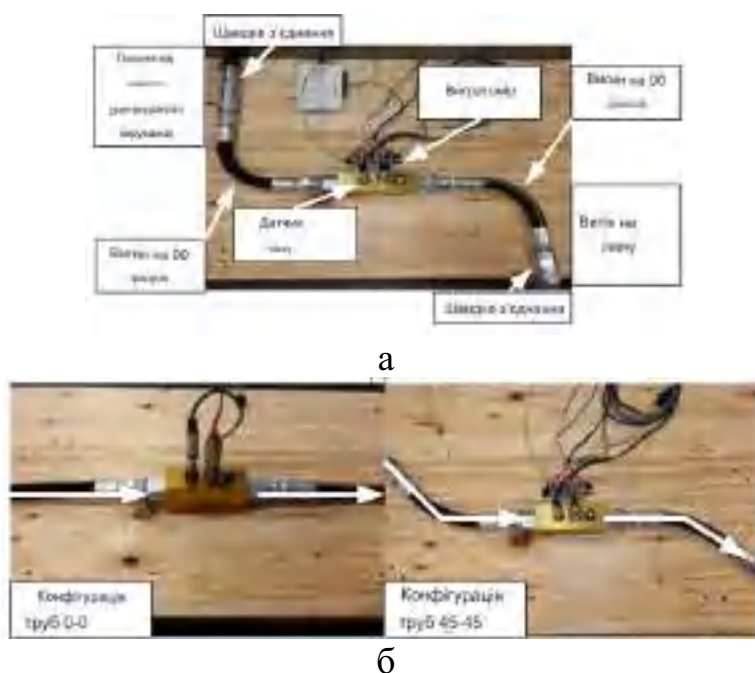


Рис. 2. а) DUT в а 90-90 трубки конфігурація; б) DUT в 0-0 і 45-45 трубки конфігурації.

Було обрано шість конфігурацій трубок: 0-0, 45-0, 45-45, 90-0, 90-45 і 90-90. Зворотні конфігурації трубок (наприклад, 0-45, 0-90, 45-90) були відкинуті через їх симетричну природу [5]. Під час організації конфігурацій трубок як основний експеримент, вибирався напрямок входу та виходу, які були паралельні, але мали протилежний напрямок.

Наприклад, штекерний вхідний з'єднувач DUT буде вставлятися в дистанційний порт трактора, спрямований назад, і гніздо вихідного з'єднувача DUT мали б у тому ж напрямку, що й дистанційний порт трактора [5]. Така орієнтація дозволяла DUT функціонувати як додатковий подовжуючий шланг для трактора.

Щоб перевірити, чи був вплив ступеня вигину на точність вимірювань тиску або швидкості потоку, показники швидкості потоку та тиску з випробувального пристрою порівнювалися з показаннями швидкості потоку та тиску з приладу для вимірювання гідравлічного випробувального стенду, який далі згадується, як лава (рис. 3)

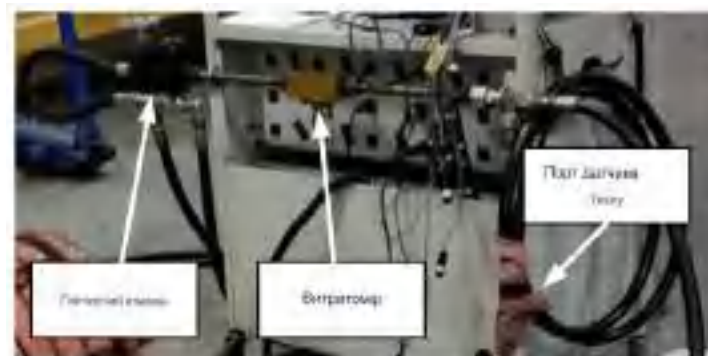


Рис. 3. Стендовий випробувальний апарат.

Стенд, що використовується містив в собі витратомір Flo-tech із такими ж характеристиками, як на DUT, датчики деформації тиску і голковий клапан. Ці датчики регулярно піддаються калібруванню та відповідають стандартам ISO 9001 [5-7].

Вузол витратоміра був складений зі сталеві трубки довжиною 30 см та діаметром 19 мм, яка була підключена до гідравлічних шлангів такого ж діаметру як зверху, так і знизу [5]. Для збору даних використовувалася плата збору даних (NI cDAQ 9174) з модулями аналогового вводу, деформації та термодари.

DUT було розміщено у фіксованому положенні витратоміра з різними муфтами для налаштування різних конфігурацій труб, як було описано раніше.

Системи були підключені таким чином, що DUT було з'єднано з розширеним дистанційним портом трактора за допомогою 19 мм гідравлічного шланга довжиною 1,8 метра [5]. Потік, що виходив з DUT, проходив через вимірювальну систему та повертався до дистанційного порту трактора. Ця конфігурація була налаштована в DUT і в витратомірах та тископеретворювачах, що розташовані на раніше згаданому голковому клапані.

Для створення потоку рідини в діапазоні від приблизно 20 до 44 літрів на годину, що вимірювалися за допомогою вимірювального стенду,

використовувався трактор CASE ІН з двигуном потужністю 35,8 кВт при номінальній швидкості обертання двигуна 2700 об/хв [6,7]. Цей метод відрізняється тим, що допускає вимірювання за різної швидкості двигуна.

Висновки. У ході роботи проведено комплексний аналіз досліджуваної теми, що дозволило виявити ключові аспекти підвищення ефективності та надійності сільськогосподарської техніки. Застосування сучасних методів діагностики, оптимізації технічних характеристик та впровадження інноваційних технологій довело свою доцільність. Результати підтвердили, що вдосконалення конструктивних елементів та підвищення рівня обслуговування значно знижують експлуатаційні витрати.

Список використаної літератури

1. Загальні відомості про гідравлічні приводи і гідропередачі. Приклади застосування об'ємного гідроприводу: веб-сайт. URL: https://www.shevchenkove.org.ua/person_syte/Lusak/%D0%93%D0%86%D0%94%D0%A0%D0%9E%D0%9F%D0%A0%D0%98%D0%92%D0%9E%D0%94/Dokument/Lekzia/%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F/3.htm (дата звернення 21.03.2025).

2. Гідравлічний двигун: веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD (дата звернення 21.03.2025).

3. Організаційні форми використання сільськогосподарської техніки: веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com/ua/organizaciyi-formi-vikoristannya-silskogospodarskoyi-tehniki> (дата звернення 22.03.2025).

4. Турбінні витратоміри: веб-сайт. URL: https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%A2%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%96_%D0%B2%D0%B8%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC%D1%96%D1%80%D0%B8 (дата звернення 22.03.2025).

5. Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б., Труханська О.О. Технічний сервіс в АПК: навч. посіб. Т. 1. Вінниця: ВНАУ. 2019. 648 с.

6. Шаргородський С.А., Руткевич В.С., Ящук Є.В. Математичне моделювання гідропривода перекладання широкозахватного сільськогосподарського агрегату із транспортного положення у робоче. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2022. № 3 (106). С. 54-63.

7. Супрун Д.Г., Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б. Ремонт машин та обладнання: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ. 2012. 85 с.

Максим ПРИТОЛЮК¹²,
студент 1 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ: ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

***Анотація.** У статті розглянуто питання моніторингу та обліку електроенергії на підприємствах. Проаналізовано різні типи лічильників електроенергії, їхні переваги та недоліки. Особливу увагу приділено автоматизованим системам комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) та їхній ефективності.*

***Ключові слова:** моніторинг електроенергії, облік електроенергії, лічильники електроенергії, АСКОЕ, автоматизація енергоспоживання.*

***Annotation.** The article examines the issues of electricity monitoring and accounting in enterprises. Various types of electricity meters, their advantages and disadvantages are analyzed. Special attention is paid to automated commercial electricity metering systems (ASKOE) and their efficiency.*

***Keywords:** electricity monitoring, electricity accounting, electricity meters, ASKOE, energy consumption automation.*

Вступ. Сучасні підприємства стикаються з постійним зростанням витрат на електроенергію, що зумовлює необхідність ефективного контролю та обліку її споживання. Енергетична безпека, оптимізація ресурсів та економічна ефективність стали ключовими факторами для багатьох компаній, які прагнуть зменшити операційні витрати. У зв'язку з цим моніторинг та облік електроенергії набувають особливого значення.

Основними методами обліку електроенергії є використання механічних, електромеханічних та електронних лічильників. З розвитком технологій зростає популярність автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), які забезпечують точний аналіз енергоспоживання, підвищують ефективність роботи підприємств та дозволяють запобігти втратам електроенергії.

Метою цієї статті є аналіз основних методів моніторингу електроенергії, розгляд сучасних технологій автоматизованого обліку та оцінка їхньої ефективності для підприємств різного типу.

Виклад основного матеріалу. Загальна інформація про моніторинг та облік електроенергії.

На сьогоднішній день, зважаючи на помітні зміни у тарифах на

¹²Науковий керівник – Чмих К.В., асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

електроенергію, більшість підприємств вимушені приділяти пильну увагу споживанню електроенергії, адже це досить значна стаття витрат, а для енерговитратних підприємств вона може бути ледь не найбільшою.

Не слід також забувати, що через доволі суворе законодавство з охорони праці, чисельність еко-активістів та інші фактори, на підприємства чиниться суттєвий тиск щодо споживання електричної енергії. Внаслідок цього великі підприємства зобов'язані відповідально контролювати споживання та вести власний облік, зокрема, з метою зменшення витрат на електроенергію та можливості аналізу споживання.

Метою організації комерційного обліку електричної енергії на ринку електроенергії є забезпечення учасників ринку повною та достовірною інформацією про обсяги виробленої, відібраної, збереженої, переданої, розподіленої, імпортованої та експортованої, а також спожитої електричної енергії за визначений проміжок часу з подальшим використанням та проведенням розрахунків між учасниками ринку[1].

Відповідно до постанови Національної комісії, яка регулює енергетику та комунальні послуги, від 14 березня 2018 року №311 – "лічильник електричної енергії (лічильник) - це ЗВТ, призначений для вимірювання та фіксації обсягу електричної енергії і, за потреби, величини потужності електроенергії, показників якості електроенергії та безперервності її розподілу, а також інших фізичних параметрів електричної енергії в місці вимірювання;" [1].

Внаслідок цього великі підприємства зобов'язані відповідально контролювати споживання та вести власний облік, зокрема, з метою зменшення витрат на електроенергію та можливості аналізу споживання.

Для моніторингу й обліку електричної енергії, зазвичай використовують такі типи лічильників:

1. Механічні (індукційні) лічильники та електромеханічні лічильники – це класичний тип лічильників, які вимірюють електроенергію за допомогою обертового диску, і за допомогою електричного обчислювального механізму з механічним таблом відповідно. Однак, варто відзначити, що зараз цей тип лічильників поступово відходить у минуле, а їм на заміну приходять більш прогресивні електронні лічильники. З-поміж їхніх переваг можна виділити наступне:

- 1) Вони не піддаються впливу перепадів у мережі або зниження напруги.
- 2) Надійні в експлуатації й мають тривалий термін служби.
- 3) Відносно невисока вартість проти електронних.

До недоліків відносять:

- 1) Обчислення електроенергії за звичайним (однозонним) тарифом;
- 2) Облік електроенергії лише в одному напрямку;
- 3) Майже повна відсутність захисту від розкрадання електроенергії;
- 4) Не підходять для застосування в системах АСКОЕ.



Рис. 1. Механічний лічильник електроенергії.

2. Електронні лічильники електричної енергії – є більш точними та надійними в порівнянні з механічними, вони мають змогу зберігати дані про споживання електричної електроенергії за різний період часу, що дозволяє ефективніше контролювати енергоспоживання.

Серед плюсів цього:

- 1) Пропонування кількох тарифних планів;
- 2) Облік електроенергії, що надходить та споживається;
- 3) Реєстрація несанкціонованого втручання, якщо електроенергію крадуть;
- 4) Готовність до роботи в системах АСКОЕ.

Серед їхніх мінусів:

- 1) Вразливість до перенапруг, мережевих збоїв та падіння напруги;
- 2) У випадку поломки, зазвичай потребують складного ремонту.[2].



Рис. 2. Електронний лічильник електроенергії.

Найбільш зручною системою для обліку електроенергії є «автоматизована система комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) – різновид автоматизованої системи, яка складається із вимірювальних пристроїв, а також з устаткування, яке забезпечує збір, обробку, збереження та відображення

інформації, засобів зв'язку та синхронізації часу, що функціонально об'єднані для забезпечення комерційного обліку електроенергії;»[1].

Програмне забезпечення для моніторингу електроенергії використовується для візуалізації енергетичних даних. Ці дані оновлюються автоматично, що дозволяє програмному забезпеченню відстежувати тенденції споживання енергії та виявляти ділянки з низькою ефективністю. Таке програмне забезпечення є важливим елементом для забезпечення енергозбереження.

Ці технології моніторингу можуть застосовуватися для організацій будь-якого розміру, незалежно від того, чи є це комерційний, промисловий або державний сектор. Проте вибір обладнання може змінюватися відповідно до потреб конкретної організації.

Варто також зважити на переваги, на які слід звернути увагу при виборі обладнання:

- Відсутність або мінімальна участь людини, як в процесі обліку, так і з метою запобігання крадіжкам електроенергії;
- Надійність системи, що забезпечує її безперебійну роботу протягом всього періоду експлуатації;
- Час збору даних, з метою забезпечення їх щоденного оновлення;
- Автоматичний аналіз даних;
- Автоматичне формування звітів, що дозволить уникнути помилок, спричинених людським фактором;
- Можливість сповіщення про нестабільну роботу системи або виникнення проблем, що дозволить персоналу оперативно проаналізувати звіт, відреагувати та відновити стабільну роботу системи;
- Ефективне виставлення рахунків та оптимізація використання робочого часу персоналу – за умови інтеграції систем з електронним обміном даних (EDI) та їхнього зв'язку з системами виставлення рахунків і фінансового обліку, що усуває необхідність ручного введення даних, скорочує витрати часу персоналу та забезпечує своєчасну оплату рахунків.

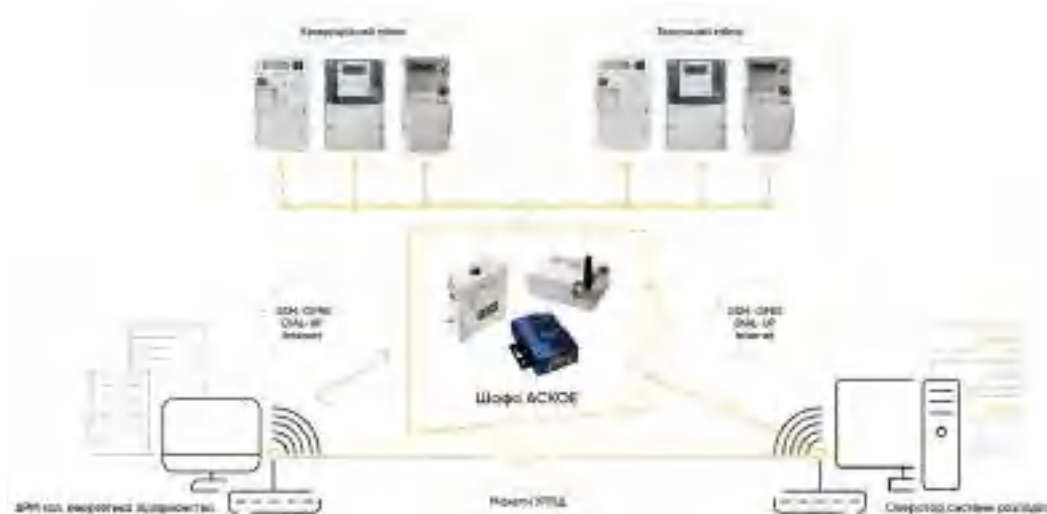


Рис. 2. Схема роботи АСКОЕ.

Вибір системи контролю електроспоживання та обліку електроенергії.

Сьогодні на вибір систем обліку є велика різноманітність готових рішень, як вітчизняного виробництва, так і закордонного. Серед українських виробників можна виділити компанію «NІK», а серед зарубіжних - «ETI» та «Hager». Якщо порівнювати переваги, то вітчизняні системи приваблюють нижчою вартістю та оперативним обслуговуванням, тоді як закордонні пропонують більш досконале відображення результатів та ширші функціональні можливості, а також користуються більшою довірою споживачів.



Рис. 3. Системи автоматизованого обліку електроенергії АСКОЕ – NIK.

Для забезпечення функціонування системи на підприємстві (об'єкті) монтується вузол обліку. Стандартний вузол обліку складається з наступного обладнання:

1. Лічильник електроенергії.
2. Трансформатори струму та напруги.
3. Пристрої захисту.
4. Вторинний ланцюг струму та напруги.
5. Інше допоміжне обладнання (блок живлення, імпульсний перетворювач та інше).

Вимоги до розміщення та встановлення вузла обліку виконуються згідно з ПУЕ та комерційними стандартами обліку електричної енергії [3].

Висновок. У статті ми розглянули різні системи обліку електричної енергії, їхні позитивні та негативні сторони, а також фактори, що зумовлюють перехід до сучаснішого обладнання. Варто усвідомлювати, що вибір відповідної системи не варто сприймати легковажно, адже це може спричинити не лише незручності в процесі обліку, а й унеможливити ефективну економію енергії, або навіть призвести до надмірних витрат на сплату рахунків.

Автоматизована система комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) сама по собі не гарантує економію енергії, проте допомагає підприємствам визначити можливості для оптимізації енерговитрат. Вона забезпечує точне вимірювання споживання енергії, інформує про пікові навантаження та гарантує надійне управління енергоспоживанням на довгострокову перспективу.

За оцінками спеціалістів, впровадження цієї технології може допомогти клієнтам заощадити від 4 до 20% електроенергії, при цьому середній показник економії становить 10-15%.

Вибір системи обліку залежить від індивідуальних потреб, але українська компанія «НИК» демонструє високу конкурентоспроможність на ринку, і вітчизняні підприємства все частіше віддають перевагу саме їй. Це, своєю чергою, підвищує рівень довіри до вітчизняного виробника в цій складній галузі.

Список використаної літератури

1. Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії: Постанова НКРЕКП від 14.03.2018 №311: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0311874-18#Text> (дата звернення 12.02.2025).
2. Види лічильників електричної енергії: веб-сайт. URL: <https://www.dtekkem.com.ua/ua/metering-devices> (дата звернення 15.02.2025).
3. Правила улаштування електроустановок: вид. 3-є, перероб. і доп. – Офіц.вид. К. : Мінпаливенерго України. 2010. – 736 с.
4. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування і забудова територій. ДБНУ 2008-2023: веб-сайт. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/b_2_2_12/1-1-0-1802 (дата звернення 18.02.2025).
5. Про прийняття національного стандарту України ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015 “Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств.” (n.d.). Офіційний Вебпортал Парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0279858-15#Text> (дата звернення 20.02.2025).
6. ДБН В.2.5-23:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25887 (дата звернення 24.02.2025).
7. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».
8. Розрахунок нестандартного приєднання до електричних мереж: веб-сайт. URL: https://www.nerc.gov.ua/calculatoronstandart?&location=2&territorial_unit_id=569&electrical_type=1&category=2&voltage_level=2 (дата звернення 28.02.2025).
9. Постанова НКРЕКП Про затвердження ставок плати за нестандартне приєднання потужності та ставок плати за лінійну частину приєднання на 2024 рік від 29 грудня 2023 року №2630: веб-сайт. URL: <https://www.nerc.gov.ua/acts/prozatverdzhennya-stavok-plati-za-nestandardne-priyednannya-potuzhnosti-tastavok-plati-za-liniynu-chastinu-priyednannya-na-2024-rik> (дата звернення 05.03.2025).
10. Системи автоматизованого обліку електроенергії АСКОВЕ: веб-сайт. URL: <https://nik.net.ua/ru/solution/ami-industrial> (дата звернення 12.03.2025).

Едуард СЕВАСТЬЯНОВ¹³,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ДЛЯ ТЕХНІЧНОЇ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА КОРМІВ У ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ

***Анотація.** З метою створення високопродуктивних і низькоенергетичних агрегатів блочно-модульного типу був проведений техніко-технологічний аналіз малих зернопереробних підприємств. В результаті нами розроблений блок-модульний агрегат, що включає в себе гравітаційний сепаратор, через який пропускається зерно і помел продуктів, а також об'ємний дозатор безперервної дії.*

***Ключові слова:** зерно, комбікорм, блочно-модульна побудова, енерговитрати, гравітаційна сепарація.*

***Annotation.** In order to create high-performance and low-energy block-modular units, we conducted a technical and technological analysis of small grain processing enterprises. As a result, we have developed a block-modular unit that includes a gravity separator through which grain and grinding products are passed, as well as a continuous volumetric dosing unit.*

***Key words:** grain, feed, block-modular construction, energy consumption, gravity separation.*

Вступ. Виробництво комбікормів з власної зернової сировини в цехах фермерських господарств сприяє зниженню їх собівартості. Такі установки вимагають невеликих площ і енергоспоживання. Однак технології та машини для виробництва комбікормів в фермерських господарствах не впроваджені у виробництво.

За розрахунками, господарства повинні мати не менше 25,5 тисяч комбікормових заводів потужністю 5... 12 т/год з можливістю виробництва 41,5... 46,7 млн тонн комбікорму на рік.

У складі комбікорму частка зерна становить до 70%. При виробництві високоякісних комбікормів зерно піддають енергоємним операціям: очищенню, фракціонуванню, сепарації, подрібненню, дозуванню, змішуванню. Тому розробка нових робочих інструментів і машин, пристосованих до різноманітних умов сучасного сільськогосподарського виробництва, з мінімальними питомими енерговитратами, є актуальним завданням.

Виклад основного матеріалу. Використано методи системного аналізу та наукових узагальнень, метод аргументації з використанням інноваційної

¹³Науковий керівник – Кравець С.М., асистент кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК.

комунікації.

Виробництво високоякісних комбікормів безпосередньо на фермах можливо завдяки використанню високоефективних цехів і агрегатів, а це вимагає від вітчизняного машинобудування організації виробництва інноваційного обладнання та наукових досліджень з розробки високоефективних технологій.

Розглянуто напрями розвитку технологій і технічних засобів виробництва комбікормів на період до 2030 року, які передбачають модульне проектування установок і обладнання (для спрощення їх монтажу і обслуговування в однотипних агрегатах і машинах) і гнучкість стандартного розмірного ряду комбікормових заводів потужністю 0,5; 1,0; 2,0; 3,0, 8 т/год (для забезпечення потреби господарства в комбікормі від 3,0 до 120 т на добу).

Було проаналізовано наступне обладнання [2, 4]: АМК-1, МКА-1, АКА-3.322, АП-100, АВАР, Прок, Клад, УПК-0,7, Авіла, УМК-Ф-2, ОПК-2, СКІОЛД, КОМБІНАТ, РІЕЛА, МЛИН-МІКСЕР, комбікормові заводи Skiold Pico, міні-млини ДОЗА, всі напівпричіпні комбікормові заводи РМ 35 та Мікс., недорогий блочно-модульний комбікормовий агрегат UZ-DKA-1 (ВАТ ВНІКП) та ін. Однорідність суміші в перерахованих комбікормових агрегатах становить в середньому 90%, але не більше 98%. Продуктивність комбікормових заводів коливається від 0,2 до 5,0 т/год. Потужність приводу змішувачів, що використовуються на комбікормових заводах, в деяких моделях становить до 54% від загальної встановленої потужності і не менше 16%. Енергетична інтенсивність використовуваних змішувачів має великий вплив на енергоємність дрібногабаритних кормових агрегатів в цілому, в кінцевому рахунку, на вартість комбікорму.

Блочно-модульна побудова підприємства і блочно-модульні технологічні лінії по переробці зерна дозволять змінювати структуру технологічного процесу і коригувати продуктивність в залежності від запитів замовника без зупинки виробництва.

Джерела відзначають можливість поліпшення техніко-економічних показників обладнання для виробництва комбікормів за рахунок гравітаційного, інерційного і відцентрово-ударного впливу на кормові матеріали.

У зв'язку зі значним зростанням вартості комбікормових заводів, що пропонуються комбікормовими заводами сільськогосподарським товаровиробникам, спостерігається стійка тенденція приведення виробництва кормів безпосередньо до споживачів кормової продукції та місцевої сировини. Приготування комбікормів безпосередньо на фермах дає можливість значно скоротити витрати на транспортні операції, зробити більш широке використання дешевої місцевої сировини і т.д.

Для зниження загальної встановленої потужності комбікормоприготувальних установок і вартості комбікормів необхідні інноваційні рішення для технічної підтримки процесу приготування кормів.

Ми пропонуємо вирішити цю проблему за рахунок застосування гравітаційної сепарації зерна перед його подрібненням в дробарці з прямим ударним ударом, застосування гравітаційної сепарації продуктів дроблення

перед приготуванням комбікорму, інерціально-відцентрового перемішування компонентів корму, безперервного об'ємного дозатора з циліндричним робочим органом, а також за рахунок універсальності застосування вузлів приготування корму для отримання різних видів комбікормів.

Розроблена конструкція дробарки прямого удару з попереднім відділенням зерна і продуктів подрібнення реалізує багатоступеневе подрібнення зерна в одному робочому просторі дробильної камери з видаленням продукту Помел заданого розміру і подача його на багаторазове подрібнення, дозволяє отримати модуль подрібнення зерна об'ємом 1,4... 2,0 мм для зниження питомої енергетичної ємності в пальчиковій дробарці ДМБ-П з 8,05 до 7,02 кВт·год/т, в дослідній дробарці з 4,55 до 3,80 кВт·год/т.

Застосування розробленого гравітаційного сепаратора з щілинними розділовими отворами дозволяє знизити навантаження без витрат енергії і підвищити якість процесу сепарації до 88... 89%.

Нами визначено, що перспективним напрямком у дослідженні пристроїв для змішування сипучих компонентів комбікормів є пристрої, оснащені горизонтально розташованими шнековими (шнековими) робочими органами і працюють у високошвидкісному режимі.

Зоотехнічні вимоги рекомендують різну крупність помелу інгредієнтів корму: тонкий помел із середнім розміром частинок 0,2... 1,0 мм – для свиней; середній помел (1,0... 1,8 мм) – для домашньої птиці; грубого помелу (1,8... 2,6 мм) – для великої рогатої худоби. Нерівномірність подрібненого продукту (коефіцієнт варіації) згідно з діючими вимогами 5 не повинна перевищувати 10%. Тим часом сучасне технологічне обладнання, а це в основному молоткові дробарки, забезпечує досить нерівномірний фракційний склад продуктів помелу.

Розроблений агрегат для виробництва комбікорму (рис. 1) в загальному вигляді являє собою модуль комбікорму, що складається з автономних блоків для попереднього поділу зерна (I), подрібнення зерна (II), фракціонування продуктів подрібнення (III), змішування компонентів комбікорму (IV) і накопичення продуктів (V).

Вузол комбікормового заводу містить гравітаційний сепаратор 1 з щілинними розділовими отворами для відділення грубої фракції зерна, що входить до складу блоку I. Грубі зернові фракції збираються в накопичувальному бункері 2. Блок II складається з дробарки прямого удару 3 з відділенням зерна і продуктів подрібнення з розташованим під ним блоком III – фракціонуванням продуктів помелу. Блок III включає в себе гравітаційний сепаратор (класифікатор) у вигляді транспортера з просіває поверхнею 4, а транспортер виконаний з можливістю регулювання кута його нахилу і оснащений вібратором 5. Просіювальна поверхня 4 має секційну конструкцію з секціями сит, розмір отворів яких збільшується по ходу руху матеріалу і забезпечує поділ продуктів подрібнення на фракції і збір їх в окремі лотки. Пилоподібна фракція з еквівалентним діаметром частинок 0,2... 0,4 мм набирається в лоток 6, тонкого помелу (1,0... 1,2 мм) – в лотку 7, середнього помелу (1,8... 2,0 мм) – в лотку 8, грубого помелу (2,6... 2,8 мм) – в лоток 9, а недостатньо подрібнена фракція

сходить з поверхні просіву 4 по направляючій 10.

Класифікатор має додатковий лоток 11 для мікродобавок. Лотки 6, 7, 8, 9 і 11 забезпечені дозуючими блоками 12, під якими розташований блок IV, що складається з високошвидкісного змішувача зволожувача 13 з шнековим робочим органом 14 і пристрою для введення рідких добавок 15 в готовий комбікорм. Готовий корм зберігається в бункері 16 накопичувального блоку V.

Блок комбікормового заводу працює наступним чином: вихідна сировина (наприклад, фуражне зерно) направляється в гравітаційний сепаратор 1 з щілинними сепараторами для відділення грубої фракції зерна, яка збирається в бункері 2. Великі зерна можуть бути використані для подальшої переробки в харчові продукти.

Зерно, що пройшло попередню сепарацію, подрібнюється дробаркою 3-х прямого удару з попереднім відділенням зерна і продуктів помелу.

Продукти помелу направляються в гравітаційний сепаратор (класифікатор) і потрапляють на поверхню просіювання 4, де розділяються на фракції. Спочатку продукти помелу проходять через ситовий ділянку з діаметром отвору $d = 0,2 \dots 0,4$ мм, і пилоподібна фракція виводиться в лоток 6. Далі послідовно продукти подрібнення проходять через ситові ділянки, які розділяють дрібний, середній і грубий помел на лотки відповідно 7, 8 і 9. Недостатньо подрібнена фракція сходить з транспортера 2 по направляючій 10. Додатковий лоток 11, встановлений в класифікаторі, призначений для мікродобавок.

Агрегат для виробництва комбікорму доцільно використовувати в спеціалізованих цехах і фермерських господарствах з широким асортиментом виробництва комбікормів. Кожна з отриманих в даному агрегаті розмірних фракцій використовується з особливою метою: пилоподібна - для приготування поживних розчинів для молодняка великої рогатої худоби; дрібні - для виробництва комбікормів для свиней; середні - для молодняка птиці та великої рогатої худоби; великі - для виробництва комбікормів для дорослої птиці та великої рогатої худоби. Фракція діаметром понад 2,6 мм повертається для додаткового подрібнення.

Для отримання необхідного змішаного корму дозуючі вузли 12 відповідних лотків відкриваються, і компоненти суміші надходять в швидкохідний змішувач-зволожувач 13 з робочим тілом 14. Для отримання зволжених комбікормів використовується пристрій для введення рідких добавок 15. Готовий продукт, отриманий в змішувачі-зволожувачі, збирається в бункері 16.

Агрегат також має мінімальні витрати, пов'язані з його переналагодженням на виробництво заданого виду корму (тільки відкриття і закриття відповідних дозуючих вузлів), а застосування високошвидкісного змішувача-зволожувача дозволяє поліпшити інтенсифікацію процесу змішування і якість комбікорму.

Варіанти блочно-модульної конструкції розробленого агрегату з виробництва комбікормів в залежності від спеціалізації та затребуваності комбікормів фермерських господарств представлені на рисунку 2.

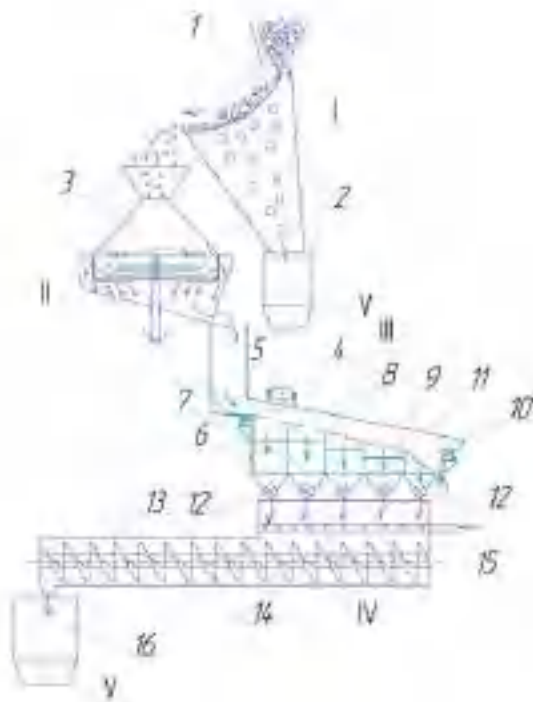


Рис. 1. Блок виробництва кормів:

I – вузол попередньої сепарації зерна; II – вузол подрібнення зерна; III – вузол фракціонування продуктів помелу; IV – вузол змішування компонентів корму; V – вузол накопичення продукції; 1 – гравітаційний сепаратор; 2 – накопичувальний бункер; 3 – дробарка; 4 – гравітаційний сепаратор (класифікатор); 5 – вібратор; 6, 7, 8, 9 – лотки; 10 – екскурсовод; 11 – лоток для мікродобавок; 12 – дозатор; 13 – змішувач зволожувача повітря; 14 – робочий орган шнека; 15 – пристрій для введення рідких добавок; 16 – накопичувальний бункер.

Розроблений агрегат, що включає в себе гравітаційний сепаратор і пряму ударну дробарку з попереднім поділом, в порівнянні з аналогами, характеризується меншим енергоспоживанням при тій же якості одержуваного комбікорму (табл).

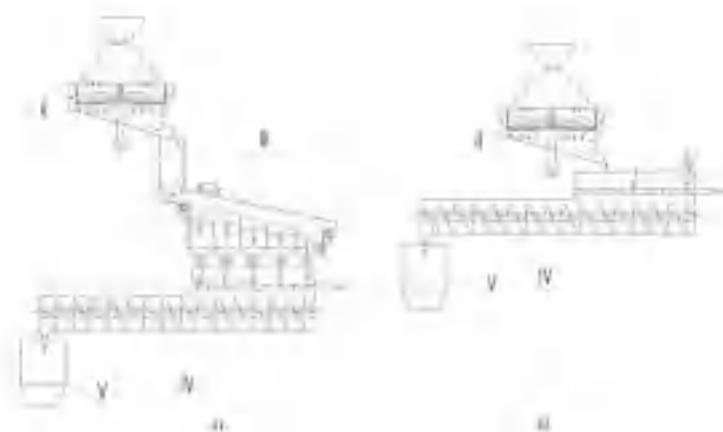


Рис. 2. Варіанти блочно-модульної конструкції розробленого агрегату для виробництва комбікормів:

а – без блоку для попереднього відділення зерна; б – без агрегатів для попереднього відділення зерна і фракціонування продуктів помелу.

Розроблений агрегат, що включає в себе гравітаційний сепаратор і пряму ударну дробарку з попереднім поділом, в порівнянні з аналогами, характеризується меншим енергоспоживанням при тій же якості одержуваного комбікорму (табл).

Агрегат також має мінімальні витрати, пов'язані з його переналагодженням на виробництво заданого виду корму (тільки відкриття і закриття відповідних дозуючих вузлів), а застосування високошвидкісного змішувача-зволожувача дозволяє поліпшити інтенсифікацію процесу змішування і якість комбікорму.

Таблиця 1. Технологічні характеристики агрегатів для приготування комбікормів

Марка	Продуктивність, т/год	Місткість бункера змішувача, м ³	Однорідність змішувача, %	Загальна споживана потужність, кВт
У10-ПМК	1,0	1,5	98	38,2
КУ-2-1	1,0	4,0	90	18,5
АКМ-1,0	1,0	1,0	90	16,2
Клад-1,0	1,3...1,5	1,6	90	17,0
МКА-1	1,0	-	90	13,2
Dozamech-1	1,0	2,0	92	9,0
Експериментальний агрегат	1,0	1,0	92	8,0

Висновок. 1. Створення технологічних ліній з виробництва комбікормів у вигляді комплексу технологічних модулів з використанням гравітаційного, інерційного та відцентрово-ударного впливу на зерно, дає можливість отримувати широкий асортимент високоякісних комбікормів з низькою собівартістю.

2. Розроблений агрегат для виробництва комбікормів за рахунок використання гравітаційного сепаратора, прямого ударного дробарки з попереднім відділенням зерна і високошвидкісного змішувача-зволожувача відрізняється від аналогів меншим енергоспоживанням при однаковій якості одержуваного комбікорму.

Список використаної літератури

1. Шаповалюк С.О. __Аналіз перехідних процесів в адаптивному гідравлічному приводі вивантажувача стеблових кормів. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки*: науковий журнал. Хмельницький. 2023. Вип. 321, №3. С. 199-209.

2. Калетнік Г.М., Солоня О.В., Яропуд В.М. __Рекомендації щодо конструювання адаптивного вібраційного млина у технології приготування концентрованих кормів. *Вібрації в техніці та технологіях*: науковий журнал. Вінниця. 2023. №1(108). С. 5-15.

3. Холодюк О.В., Твердохліб І.В., Кузьменко В.Ф. Особливості конструкцій сучасних візків-підбирачів та ефективність їх роботи при заготівлі стеблових кормів для виробництва високопоживної білково-вітамінної пасти та жому. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. Вінниця. 2023. №4(123). С. 106-119.

4. Рябошапка В.Ю. Проектування технологічної лінії виробництва кормів з розробкою конструкції подрібнювача коренебульбоплодів: розрахунково-пояснювальна записка до дипломної роботи. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/36298.pdf> (дата звернення 25.03.2025).

Андрій БЛАЩУК¹⁴,
студент 2-го курсу,
Інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

РОЛЬ JOHN DEERE У РОЗВИТКУ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Анотація. У сучасному сільському господарстві точне землеробство відіграє ключову роль у підвищенні ефективності виробництва та зниженні витрат. Компанія John Deere є одним із лідерів у впровадженні інноваційних технологій, що роблять аграрний сектор більш продуктивним, екологічним і технологічно розвиненим.

Ключові слова: John Deere, точне землеробство, GPS-навігація, автопілот, продуктивність, ефективність, інновації.

Annotation. In modern agriculture, precision farming plays a key role in increasing production efficiency and reducing costs. John Deere is one of the leaders in implementing innovative technologies that make the agricultural sector more productive, environmentally friendly and technologically advanced.

Keywords: John Deere, precision agriculture, GPS navigation, autopilot, productivity, efficiency, innovations.

Вступ. Сучасне сільське господарство дедалі більше спирається на цифрові технології та автоматизацію, що дозволяє підвищити ефективність обробітку полів, знизити витрати та покращити врожайність. Точне землеробство – це підхід, який використовує дані, GPS-навігацію, датчики та аналітику для оптимального управління ресурсами та максимальної продуктивності. Компанія John Deere є одним із лідерів у впровадженні інновацій у цій сфері. Вона розробляє високотехнологічні рішення для фермерів, зокрема автопілотні

¹⁴Науковий керівник – Швець Л.В., к.т.н., доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

системи, змінне внесення добрив, дистанційний моніторинг техніки, сенсорні технології та аналіз даних. Ці розробки дозволяють аграріям не тільки економити ресурси, а й зменшувати екологічний вплив, роблячи сільське господарство більш стійким та продуктивним. У цій статті ми розглянемо ключові інновації John Deere, їхній вплив на розвиток точного землеробства та перспективи подальшого застосування цих технологій у сільському господарстві. [1].

Виклад основного матеріалу. Інноваційні технології John Deere у точному землеробстві [2].

GPS-навігація та автопілот John Deere активно розвиває системи автоматичного керування, які дозволяють техніці працювати з точністю до кількох сантиметрів. Завдяки цьому знижується перекриття під час обробки поля, що економить паливо, насіння та добрива.

Налаштування системи навігації на моніторі Green Star 3 2630.



Рис. 1. Налаштування клієнт, ферма, поле.



Рис. 2. Налаштування радіус повороту та від чого буде зарисовка поля.

Телеметрія JDLink™ та дистанційне управління технікою Система JDLink™ дозволяє фермерам у реальному часі відстежувати роботу сільськогосподарської техніки, витрати пального, продуктивність і технічний стан машин. Це підвищує ефективність використання техніки та зменшує витрати на її обслуговування. Крім базового моніторингу, JDLink™ надає можливість дистанційного управління та аналізу даних, що дає аграріям низку ключових переваг:

- Віддалена діагностика та технічна підтримка – фермери та сервісні спеціалісти можуть отримувати повідомлення про помилки чи несправності техніки, що дозволяє швидко реагувати на проблеми та мінімізувати простой.

Таким чином, інтеграція роботизованих рішень та штучного інтелекту у сільськогосподарську техніку John Deere не лише автоматизує традиційні процеси, але й значно підвищує їх ефективність, забезпечуючи точне управління виробничими процесами та зниження експлуатаційних витрат. [4].

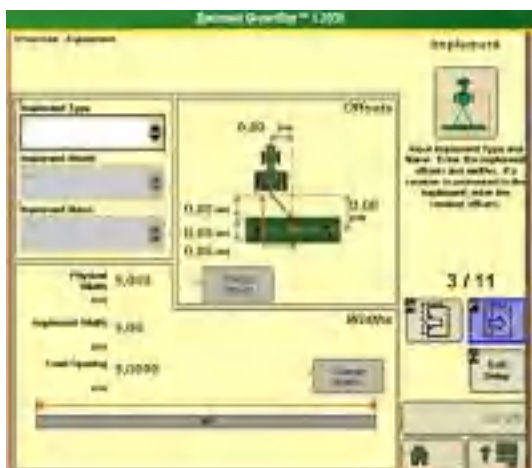


Рис. 3. Налаштування типу причіпного обладнання та зміщення відносно руху.

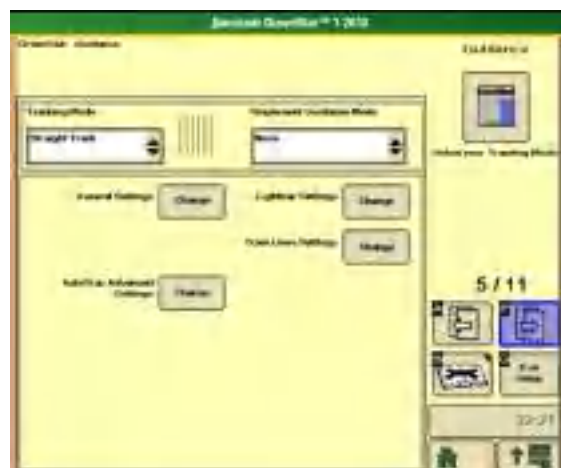


Рис. 4. Налаштування навігаційної системи.

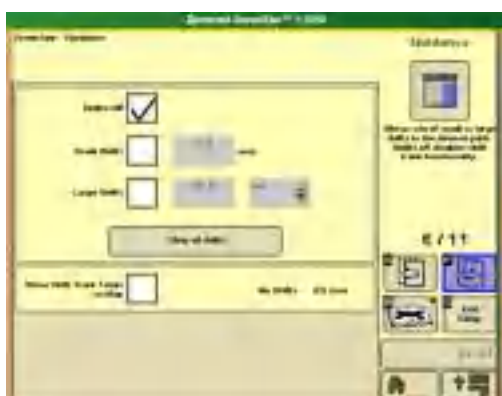


Рис. 5. Налаштування зміщення агрегату.

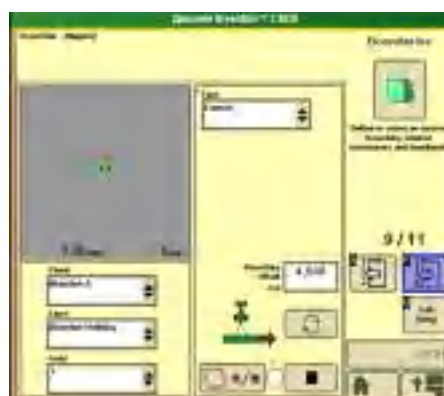


Рис. 6. Налаштування границь поля.

- Оптимізація маршрутів руху – за допомогою GPS-моніторингу можна аналізувати роботу тракторів, комбайнів та обприскувачів, налаштовуючи їхні маршрути для зниження витрат пального та підвищення продуктивності.
- Захист від крадіжок – система дозволяє встановлювати геозони та отримувати сповіщення про несанкціоноване переміщення техніки.
- Дистанційне оновлення ПЗ – John Deere надає можливість бездротового оновлення програмного забезпечення техніки, що дозволяє підтримувати її у найкращому технічному стані без необхідності виїзду спеціаліста.

JDLink™ є важливою складовою екосистеми John Deere Operations Center™, що дозволяє інтегрувати всі отримані дані у єдину систему для комплексного управління господарством.

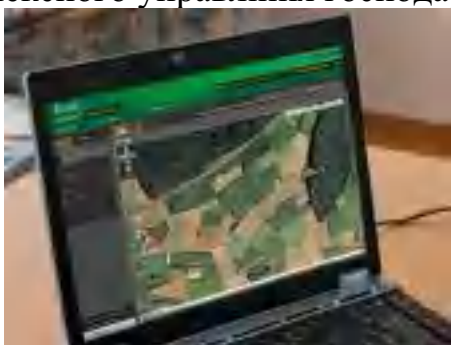


Рис. 7. Система телематики John Deere.



Рис. 8. Влаштований дисплей John Deere.

Роботизовані рішення та штучний інтелект [3].

John Deere активно розвиває автономні трактори та комбайни, які використовують штучний інтелект для аналізу даних та прийняття рішень у режимі реального часу. Крім основної функції автономного управління, роботизовані рішення та штучний інтелект від John Deere пропонують низку додаткових переваг:

- Оптимізація агротехнічних операцій

Автономні трактори та комбайни виконують роботи з високою точністю, що дозволяє зменшити вплив людського фактора та мінімізувати помилки. Алгоритми машинного навчання аналізують дані з різних сенсорів і супутникових знімків, що дозволяє оперативно реагувати на зміни погодних умов, стан ґрунту та стадії розвитку культур.

- Підвищення продуктивності та зниження витрат

Завдяки роботизованим технологіям фермери можуть оптимізувати розклад робіт, використовуючи автономну техніку навіть у нічний час або в умовах важкодоступних місцевостей. Це сприяє збільшенню врожайності та зниженню операційних витрат, оскільки роботи виконуються більш рівномірно та ефективно.

- Постійне вдосконалення через самонавчання

Системи штучного інтелекту постійно вдосконалюються завдяки алгоритмам самонавчання. Вони адаптуються до змін у зовнішніх умовах, що дозволяє підвищувати точність прийняття рішень і забезпечувати ще більшу ефективність роботи техніки.

- Забезпечення безпеки та контролю

Автономні системи включають функції моніторингу та діагностики, що дозволяють відстежувати технічний стан обладнання в режимі реального часу. Це сприяє своєчасному виявленню несправностей і знижує ризик аварійних ситуацій, а також дозволяє проводити віддалені оновлення програмного забезпечення.

Система змінного внесення ресурсів (Section Control & Variable Rate Application)

За допомогою цієї технології John Deere забезпечує:

Автоматичне відключення секцій обприскувача або сівалки, що запобігає перевитраті ресурсів.

Внесення добрив та засобів захисту рослин у точній відповідності до потреб ґрунту та культури.

Крім основних функцій, система змінного внесення ресурсів від John Deere відкриває додаткові можливості:

- Оптимізація застосування ресурсів.

Завдяки інтеграції даних про ґрунтові умови та розвиток культури, система дозволяє здійснювати внесення добрив і засобів захисту саме там, де це необхідно. Це сприяє зменшенню надлишкового використання хімікатів, що позитивно впливає на екологію та знижує витрати. [5].

Інтеграція з іншими технологіями

Система працює у тісному зв'язку з GPS-навігацією, супутниковими знімками та сенсорними даними, що дозволяє будувати детальні карти врожайності. Це дає змогу коригувати агротехнічні операції в режимі реального часу та адаптувати стратегії обробки поля під конкретні умови.

- Покращення планування робіт.

Завдяки точному картуванню та аналізу даних, фермери можуть краще планувати посів, внесення ресурсів та збору врожаю, що забезпечує оптимізацію часових та матеріальних ресурсів.

- Підвищення ефективності управління господарством.

Система дозволяє централізовано керувати обробкою поля, інтегруючи інформацію з різних джерел. Це дає змогу виявляти проблемні ділянки, швидко реагувати на зміни умов вирощування та приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Таким чином, технологія змінного внесення ресурсів не тільки запобігає перевитраті матеріалів, але й сприяє сталому розвитку господарства за рахунок точного та раціонального використання ресурсів.



Рис. 9. Приклад внесення добрива.

Переваги точного землеробства з John Deere.

Економія ресурсів – зниження витрат на паливо, насіння, добрива та ЗЗР.

Підвищення врожайності – завдяки точному внесенню ресурсів та мінімізації втрат.

Зменшення екологічного впливу – точне внесення добрив і пестицидів знижує навантаження на довкілля.

Зручність управління – аграрії отримують доступ до всіх даних про поле через смартфон чи комп'ютер.

Висновок. Точне землеробство від John Deere – це не просто тренд, а необхідність для сучасного аграрного бізнесу. Використання цифрових технологій дозволяє значно підвищити ефективність господарств, скоротити витрати та зробити агровиробництво більш стійким. Впровадження таких рішень – крок до високих врожаїв і прибутковості. Завдяки інтеграції передових систем телеметрії, роботизованих рішень і технологій змінного внесення ресурсів, фермери отримують можливість приймати обґрунтовані рішення в режимі

реального часу. Це дозволяє не лише оптимізувати використання ресурсів, але й зменшити негативний вплив на довкілля. Крім того, цифрова трансформація агросектору сприяє зниженню операційних витрат та підвищенню конкурентоспроможності господарств, що є особливо важливим в умовах сучасного ринку. Таким чином, інноваційні технології від John Deere стають ключовим чинником успішного розвитку агробізнесу, забезпечуючи стабільність, ефективність та економічну вигідність виробництва. Завдяки цим технологіям аграрії можуть зменшувати витрати на ресурси, покращувати якість продукції та знижувати негативний вплив на навколишнє середовище. У статті розглянуто основні інновації John Deere, їх практичне застосування та перспективи розвитку у сфері точного землеробства. Часне точне землеробство кардинально змінює підхід до ведення сільського господарства, дозволяючи аграріям оптимізувати витрати, підвищувати врожайність і мінімізувати вплив на довкілля. Компанія John Deere є одним із провідних розробників і впроваджувачів технологій у цій сфері. Її рішення, такі як автоматизоване керування технікою, GPS-навігація, змінне внесення добрив, аналіз ґрунту за допомогою датчиків, телеметрія JDLink та Big Data, дозволяють значно покращити точність польових робіт. Використання цих іновацій дає змогу оптимально розподіляти ресурси, зменшувати витрату палива та засоби захисту рослин, а також підвищувати продуктивність сільгосптехніки. У статті розглядається ключові інновації John Deere, їх вплив на аграрний сектор, успішні приклади застосування технологій та перспективи подальшого точного землеробства.

Список використаної літератури

1. Точне Землеробство: Що Це Та У Чому Його Переваги?: веб-сайт. URL: <https://eos.com/uk/blog/tochne-zemlerobstvo/> (дата звернення 25.03.2025).
2. Precision farming: веб-сайт. URL: <https://www.agrilab.ua/en/services/tochne-zemlerobstvo/> (дата звернення 25.03.2025).
3. Екологічні переваги точного землеробства: веб-сайт. URL: <https://www.agrortk.com.ua/ekologichni-perevagi-tochnogo-zemlerobstva/> (дата звернення 26.03.2025).
4. Точне землеробство як чинник забезпечення екологічної стійкості та захисту ґрунтів: веб-сайт. URL: <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/515> (дата звернення 27.03.2025).
5. What Is Precision Farming, Its Benefits, and Top Precision Farming Technologies?: веб-сайт. URL: <https://www.infopulse.com/blog/precision-agriculture-techologies> (дата звернення 27.03.2025).

Андрій ДЯЧЕНКО¹⁵,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ПЕРЕРОБКИ ГУМОВИХ, ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ТА ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ

***Анотація.** У статті проведено аналітичний огляд сучасного стану поводження з гумовими, поліетиленовими та харчовими відходами. Розглянуто основні технологічні схеми їхньої переробки з акцентом на отримання альтернативних палив. Проаналізовано переваги та недоліки існуючих методів утилізації, а також можливості їхнього вдосконалення.*

***Ключові слова:** гумові відходи, поліетиленові відходи, харчові відходи, альтернативне паливо, утилізація.*

***Annotatin.** The article provides an analytical review of the current state of rubber, polyethylene, and food waste management. The main technological schemes for their processing are examined, with a focus on the production of alternative fuels. The advantages and disadvantages of existing waste utilization methods are analyzed, along with possibilities for their improvement.*

***Keywords:** rubber waste, polyethylene waste, food waste, alternative fuel, utilization.*

Вступ. В Україні спостерігається досить високий показник відходоємності. Наприклад, у 2020 році відношення відходоємності до ВВП досягло 126,2% від рівня 2015 року [1], що ілюструє тривожну тенденцію щодо збільшення обсягів відходів.

Пластик та поліетилен. Пластмаси, отримані шляхом полімеризації сполук, переважно з копалин, мають середній період розкладу від 80 до 600 років залежно від технології виготовлення [2].

Вплив пластикових відходів на навколишнє середовище є катастрофічним:

- Поліетиленові фрагменти забруднюють ґрунт, зменшуючи його родючість, а також засмічують водойми – річки, озера та моря, негативно впливаючи на водні екосистеми;
- В океанах накопичуються значні обсяги пластикового сміття, формуючи так звані "пластикові острови". Ці "плями" становлять небезпеку для морських мешканців, які ковтають їх або заплутуються в них;
- Поліетиленові пакети та інші пластикові вироби можуть спричиняти задуху морських тварин, що призводить до їхньої смерті;

¹⁵Науковий керівник – Швець Л.В., к.т.н., доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

повітря близько 200 шкідливих речовин. У 2022 році в Україні було зібрано понад 10 мільйонів тонн використаних шин, і щороку додається ще 400 тисяч тонн (0,4 млн тонн) нових відходів. Проте, лише 10% відпрацьованих автомобільних шин піддаються утилізації [5], тобто щорічно 360 тисяч тонн покришок залишаються непереробленими.

Можливі шляхи утилізації зношених шин наведені на рисунку 3.

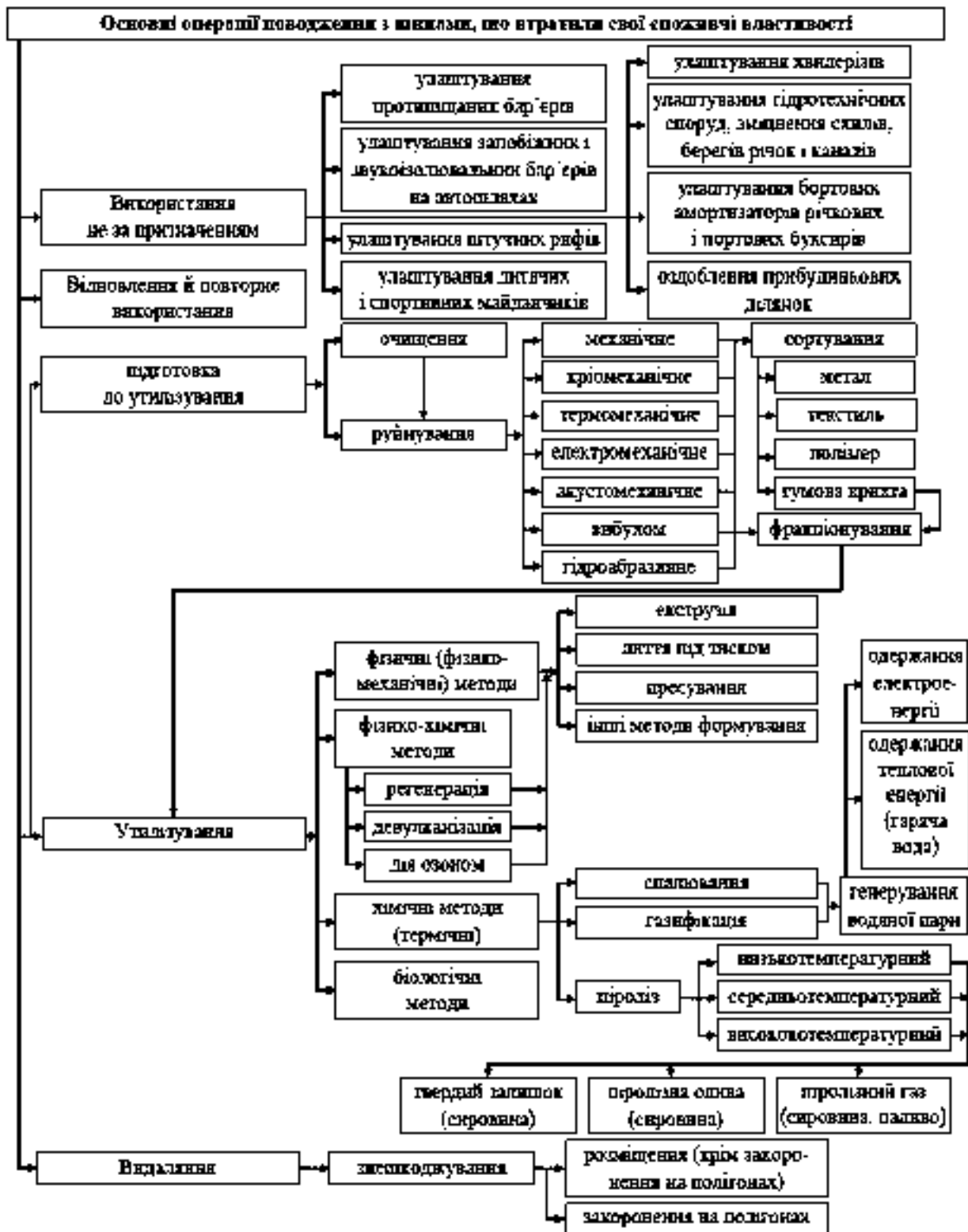


Рис. 3. Можливі шляхи утилізації зношених шин [5].

Харчові відходи. Заклади громадського харчування України щотижня продукують близько 250 тисяч літрів відпрацьованої рослинної олії та інших жирів, зокрема найбільшу частку становлять фритюрні жири. Значна частина цієї потенційно корисної сировини потрапляє в каналізацію, звідки – до систем водопостачання та очищення води. Жири належать до четвертого класу небезпеки: вони не становлять загрози для людини, але потребують правильної утилізації [7]. Перспективним напрямком є перетворення цих відходів на паливо.

Останніми роками процеси гідроочищення продуктів нафтопереробки застосовуються в надзвичайно широких масштабах, від легких фракцій (каталітична риформінгова сировина) і до мастильних олив. Дуже перспективним виявилось руйнівне гідрування, яке відбувається за умов м'якого тиску (від 30 до 200 атм) та призводить до доволі глибокої трансформації вихідної сировини за помірного споживання водню (1-3%). Назва «гідрокрекінг». Гідрокрекінг також може ефективно застосовуватися при переробці харчових відходів.

Зменшення споживання водню та помірніший тиск гідрокрекінгу стали можливими з таких причин:

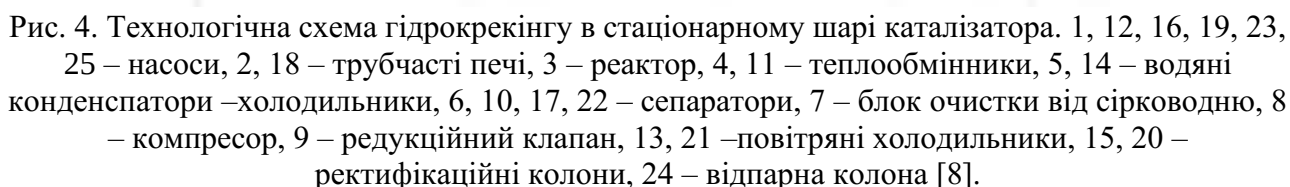
- 1) як сировина використовуються переважно не залишки, а важкі дистиляти, що містять відносно велику кількість водню;
- 2) цільовими продуктами гідрокрекінгу часто є не бензин, а гасово-газойлеві фракції і ще важчі продукти – сировина для каталітичного крекінгу, котельне паливо;
- 3) розроблені високопродуктивні та селективні каталізатори, які забезпечують необхідну гнучкість у процесі гідрокрекінгу;
- 4) в окремих випадках гідрокрекінг супроводжується утворенням коксу, що теж дозволяє здійснювати процес за помірного тиску водню.

Розвитку процесів гідрокрекінгу сприяє постійне збільшення виробництва сірчистих та високосірчистих масел.

Розглянемо нижче технологічні схеми гідрокрекінгу.

Технологічна схема гідрокрекінгу в стаціонарному шарі каталізатора наведена на рисунку 4.

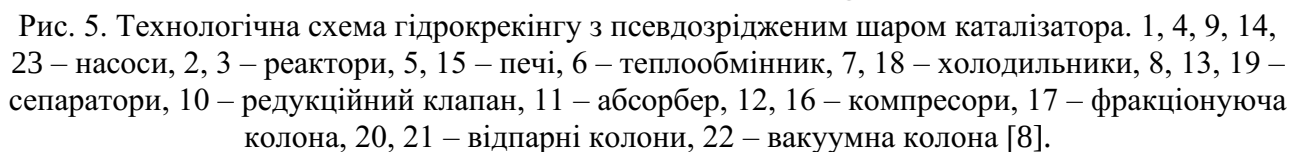
Сировина подається помпою 1, змішується зі свіжим водневмісним та циркуляційним газом, які нагнітаються компресором 8. Газосировинна суміш, пройшовши теплообмінник 4 та змійовики печі 2, нагрівається до температури реакції та подається в реактор 3 згори. Зважаючи на велике виділення тепла в процесі гідрокрекінгу, у реактор, між шарами каталізатора, вводиться холодний водневмісний (циркуляційний) газ, для вирівнювання температур по висоті реактора. Суміш продуктів реакції та циркуляційного газу, що виходить з реактора, охолоджується в теплообміннику 4, холодильнику 5 та потрапляє у сепаратор високого тиску 6. Тут водневмісний газ відділяється від рідини, яка виходить з низу сепаратора через редуційний клапан 9 та прямує далі в сепаратор низького тиску 10.



У сепараторі 10 виділяється частина вуглеводневих газів, а рідкий потік направляється в теплообмінник 11, розташований перед проміжною колоною ректифікації 15. У колоні, при невеликому надмірному тиску, виділяються вуглеводневі гази та легкий бензин. Бензин частково повертається в колону 15 у вигляді гострого зрошення, а його балансова кількість через систему «залужування» відкачується з установки.

Остаток колоні 5 розділяється в атмосферній колоні 20 на важкий бензин, дизельне паливо та фракцію $>360^{\circ}\text{C}$. Бензин атмосферної колоні змішується з бензином проміжної колоні та виводиться з установки. Дизельне паливо після відпарної колоні 24 охолоджується, «залужується» та відкачується з установки. Фракція $>360^{\circ}\text{C}$ використовується як гарячий потік з низу колоні 20, а інша частина (залишок) виводиться з установки [8].

Технологічна схема гідрокрекінгу з псевдозрідженим шаром каталізатора зображена на рисунку 5.



Промислова установка гідрокрекінгу включає секцію нагрівання реагентів (печі, реактори), системи очищення і циркуляції водневмісного газу (газосепаратор високого тиску, колони осушення й очищення, водневий компресор) та блок газо- та погонорозділення (сепаратор низького тиску, ректифікаційні колони гідрогенізату). Сировина установки змішується із циркуляційним і свіжим водневмісним газом, і газосировинна суміш нагрівається послідовно в теплообміннику 6 та змішувачах нагрівальної печі 5. Нагріта суміш надходить в низ реакторів 2 і 3 через розподільні решітки, що забезпечують рівномірний розподіл рідини та газу в перетині реактора. Для створення псевдозрідженого шару в низ реакторів вводять рециркулянт. Парорідинна суміш після ступені 3 реактора II охолоджується в теплообміннику 6 та конденсаторі-холодильнику 7 та подається в сепаратор високого тиску 8. Відділений від рідкої фази водневмісний газ проходить очистку від сірководню в абсорбері 11, осушується і змішується із сировиною. Для поповнення водню, витраченого на реакцію гідрування, в систему постійно вводиться свіжий водневмісний газ. Тиск рідкого гідрогенізату, що надходить через редуктор тиску 10 в сепаратор низького тиску 13, знижується до атмосферного. Після відділення в сепараторі 13 газоподібних вуглеводнів і частково сірководню каталізатор, підігрітий в змішувачах нагрівальної печі 15, спрямовується на ректифікацію у фракціонуючу колону 17. Паливний газ відводиться з верху сепаратора 19. Знизу з відпарних колон 20 і 21 відбираються відповідно важкий бензин та середні дистиляти фракції. Вакуумна колона 22 дозволяє отримати важкий газойль та смолистий залишок [8].

Технологічна схема крекінг-установки з виносною реакційною камерою зображена на рисунку 6.

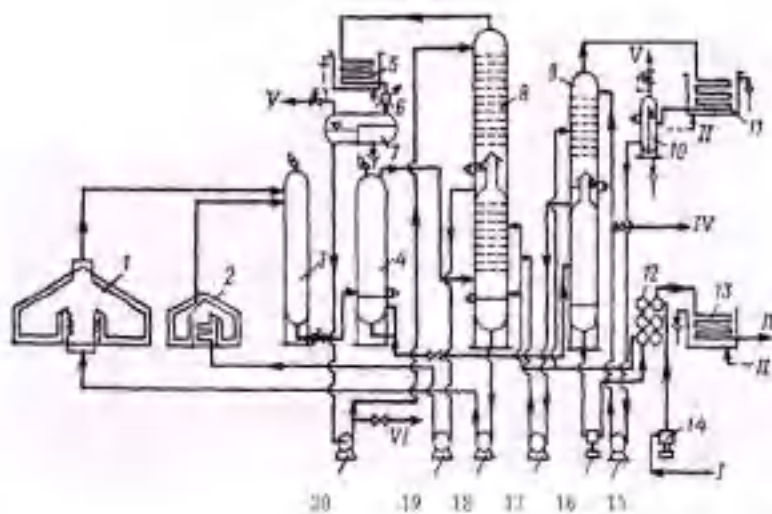


Рис. 6. Технологічна схема крекінг-установки з виносною реакційною камерою. 1 — печі важкої сировини (печі легкого крекінгу); 2 — печі легкого сировини (важкого крекінгу); 3 — виносна реакційна камера; 4 — випарник високого тиску; S, 11 — конденсатори-холодильники; S, 13 — холодильники; 7 — газосепаратор високого тиску; 8 — ректифікаційна колона; 9 — випарник низького тиску; 10 — газосепаратор низького тиску; 12 — теплообмінник; 14—20 — насоси; / — сировина; // — вода; /// — крекінг-залишок; IV — газойль; V — газ; VI — бензин [9].

Сировина насосом 14 подається в теплообмінник-рекуператор 12, звідки поступає на ректифікаційну колону 8 при температурі 275-320 градусів.

Сира речовина подається помпою 14 до теплообмінника-рекуператора 12, звідки вона надходить до ректифікаційної колони 8 з температурою 275-320 градусів.

З верху колони 8 газ з температурою 190-210 градусів надходить до теплообмінників 5,6 і в сепаратор 7, де він розділяється на газ, який подається на склад, та бензин, що помпою 20 частково направляється на склад, а частково використовується для зрошення верхньої тарілки колони 8.

З нижньої частини колони 8 кубовий залишок помпою 18 перекачується до печі 1 (піч називається "важкої сировини" "легкого крекінгу"). Сировина нагрівається до температури 450-490 градусів, тиск – 4-5.5 МПа, і подається у виносну реакційну камеру. Тиск у виносній реакційній камері 1.5-2.9 МПа, температура 470-500 градусів. З камери 3 продукція надходить до сепаратора високого тиску 4, температура 415-430 градусів, тиск 0.8-1.2 МПа.

З верхньої частини сепаратора 4 газу надходять до нижньої частини колони 8. З нижньої частини сепаратора 4 продукція поступає до ректифікаційної колони 9 (випарник низького тиску). З середини колони 8 помпою 19 сировина перекачується до печі "легкої сировини" ("важкого крекінгу"), де вона нагрівається до температури 540-545 градусів, тиск 2.2-2.7 МПа і потім подається на реакційну камеру 3.

З верхньої частини колони 9 з температурою 190-195 градусів відбирається газ, який через теплообмінник 11 направляється до сепаратора 10. Газ, що не сконденсувався, відбирається на склад. Рідка фракція (газойль) помпою 15 частково надходить на склад, а частково використовується для зрошення верхньої тарілки. Балансова кількість нафтопродукту відбирається з середини колони 9 і помпою 17 подається до колони 8.

З нижньої частини колони 9 крекінг-залишок компресором 16 подається до теплообмінників 12, 13 та на склад.

Продуктивність установок 0.6-1.5 млн. тонн на рік.

Висновки. Розглянуто стан поводження з пластиковими відходами, відходами зношених шин та харчовими відходами в Україні. Розглянуті напрямки їх утилізації та технологічні схеми гідрокрекінгу.

Список використаної літератури

1. Цілі сталого розвитку. Україна 2021: моніторинговий звіт. Державна служба статистики України. 2021. 100 с. URL: https://ukrstat.gov.ua/csr_prezent/2020/ukr/st_rozv/publ/SDGs%20Ukraine%202021%20Monitoring%20Report%20ukr.pdf (дата звернення: 20.03.2025)

2. Охрей А., Чим небезпечний пластик для довкілля? Ecogrizzly: веб-сайт. URL: <https://ecogrizzly.shop/dangerous-plastic/> (дата звернення: 21.03.2025)

3. Коломієць Т. М., Караваєв Т. А., Глушкова Т. Г. Сучасні проблеми експертизи, регулювання та безпеки господарських систем. Вісник Львівського

торговельно-економічного університету. Технічні науки. 2021. № 26. С. 86-94.

4. Андрій Григоров. Перспективи розвитку переробки побутових полімерних відходів. Поступ в нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості: зб. матеріалів IX міжнародної науково-технічної конференції. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. С. 386-389.

5. І. О. Мікульонюк. Поводження з полімер-, скло- і металовмісними побутовими відходами: Монографія. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 112 с.

6. Беш Д., Терміни розкладання сміття на Землі. веб-сайт. URL: <https://ocheninteresno.com/uk/interesting-facts/facts-of-nature/terms-of-decomposition-of-garbage-on-earth/> (дата звернення: 01.11.2023).

7. І. Ромашко, С. Майкова, О. Вівчарук, В. Івасів. Використання рідких жирових відходів закладів ресторанного господарства як альтернативної сировини для харчової промисловості, біомедичних і фармацевтичних застосувань та виготовлення біопалива. Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Харчові технології. 2023. т 25, № 100. С. 80- 87.

8. Інноваційні технології глибокої переробки органічних матеріал: конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 Галузеве машинобудування, спеціалізації «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: М.П. Швед, А.Р. Степанюк, Д.М. Швед – Електронні текстові данні (1 файл: 29,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 221 с.

Назар ГАЛЬОМКО¹⁶,

студент 3-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА: ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОСТІ

***Анотація.** У роботі розглянуто проблему зростаючої потреби в альтернативних джерелах енергії, зокрема у виробництві альтернативного палива. Проаналізовано сучасні технологічні процеси його отримання та визначено ключові етапи виробництва. Окрема увага приділена автоматизації цього процесу як способу підвищення ефективності, безпеки та екологічності.*

***Ключові слова:** альтернативне паливо, енергетика, автоматизація, екологія, технологічні процеси.*

¹⁶Науковий керівник – Швець Л.В., к.т.н., доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

Annotation. *This paper examines the growing demand for alternative energy sources, specifically in the production of alternative fuels. Modern technological processes of fuel production are analyzed, and key production stages are identified. Special attention is given to the automation of this process as a means to improve efficiency, safety, and environmental sustainability.*

Keywords: *alternative fuel, energy, automation, ecology, technological processes.*

Вступ. У сучасному світі, де проблеми погіршення стану довкілля набувають дедалі більшої актуальності, пошук ефективних і стабільних рішень для транспортної галузі стає нагальною потребою. Використання автомобілів на традиційних видах пального, як-от бензин чи дизельне паливо, спричиняє значне забруднення навколишнього середовища та збільшення викидів шкідливих газів в атмосферу. З огляду на це, розвиток і застосування альтернативних джерел енергії для транспортних потреб набуває все більшого значення.

Необхідними умовами подальшого розвитку автомобільного транспорту мають бути економія пального та зменшення обсягів шкідливих викидів в атмосферу. До перспективних шляхів досягнення цього належить часткова або повна заміна традиційних нафтових палив на паливо іншого походження: палива з вугілля, синтетичні палива, спирти, газові конденсати, етил-трет-бутиловий етер, водень і водно-бензинові емульсії. Окрему увагу сьогодні приділяють використанню альтернативних палив біологічного походження: біодизельне паливо, біоетанол тощо. До перспективних видів палива сформувалися певні вимоги: вони мають мати такі фізико-хімічні властивості, щоб не було потреби кардинально змінювати конструкцію двигуна, паливної апаратури та умови зберігання палива в баках машин, а також могли б забезпечити підвищення економічної ефективності роботи двигуна та економію палива. Під час розробки та використання альтернативного палива варто враховувати й екологічні питання, проводити хімотологічне обґрунтування їх ефективного використання.

Здійснено аналіз різноманітних інформаційних ресурсів, що розглядають екологічні та економічні аспекти застосування альтернативних видів палива.

Виклад основного матеріалу. Метанол та етанол. Найбільш перспективними замінниками бензинів вважаються низькомолекулярні спирти: метанол, етанол, а більш віддалено – водень. Ці палива можна застосовувати як присадки до нафтових палив, а також як самостійні види палива. Як паливо чи добавки до палива можна застосовувати ізоспирти, естери та деякі інші сполуки, але вони є дорожчими. Метанол можна добувати з вугілля, природного газу, вапняку, побутових відходів (міські звалища), відходів лісового господарства тощо. Етанол виробляють з цукрової тростини, буряків, зернових культур, картоплі та інших рослинних продуктів, а також з газу. Щодо поновлюваності сировинної бази етанол є більш перспективним паливом, крім того, він менш токсичний у порівнянні з метанолом.

Переваги етанолу як палива: високе октанове число, повне згоряння, низький вміст оксидів азоту у вихлопних газах. Зрозуміло, що бензинові двигуни

для застосування чистого етанолу не придатні, потрібні спеціальні «спиртові» двигуни. В Україні етанол використовується як високооктанова добавка до бензинів. Недоліки спиртів як палива: менша теплота згоряння у порівнянні з теплою згоряння нафтових палив, що потребує збільшення їх витрати на 25...30%, спричиняють більше корозії у порівнянні з бензиновим та дизельним паливом та викликають набухання гумотехнічних виробів.

Спирти можуть і повинні використовуватись як присадки до нафтових палив. Чим нижче октанове число початкового бензину, до якого додається спирт, тим більший антидетонаційний ефект. Можливе застосування як палива третинних та вторинних спиртів (наприклад, вторинного бутилового спирту, метилтретинного бутилового етеру), їх сумішей тощо. На відміну від метанолу та етанолу ці сполуки майже не розшаровуються у сумішах з бензинами, мають високі октанові числа та теплоту згоряння.

Водень має право вважатися всеохопним паливом для транспортних засобів, оскільки йому притаманна абсолютна екологічна бездоганність. Він здатний заступити бензин, дизельне паливо та мазут у будь-яких різновидах теплових двигунів. Властивості водню:

- теплотворність водню дорівнює 118 045 к. Дж/кг, що перевершує теплотворну здатність бензину у 2,7 рази;
- об'ємна енергоємність водню невисока через його низьку густину (водень – найлегший елемент, навіть у рідкому вигляді він у 14 разів легший за воду);
- швидкість спалювання горючої суміші водню з повітрям у 6 разів переважає швидкість згоряння бензино-повітряної суміші;
- вихлопні гази під час роботи двигуна на водні не містять шкідливих домішок, окрім оксидів азоту, кількість яких незначна.

Інші види пального. Теоретично паливом може бути аміак, азот, ацетон та деякі інші сполуки. Але, беручи до уваги вартість вихідної сировини та готового виробу, а також експлуатаційні та екологічні характеристики, вони не знайшли широкого практичного застосування. Також серед багатообіцяючих підходів є використання біогазу, який можна добувати з біомаси, скажімо, відходів сільськогосподарського виробництва. Як сировину для виготовлення пального можна використовувати синтез-газ (суміш оксиду вуглецю і водню), що формується під час певних нафтохімічних процесів. До альтернативного палива можна віднести й електрику.

Електромобілі, в яких використовуються метало-кислотні, метало-лужні акумулятори, незважаючи на позитивне вирішення екологічної проблеми, якщо порівнювати з бензиновими та дизельними двигунами, не здобудуть широкого розповсюдження через недостатню енергію (енергоємність). Виробництво акумуляторів потребує значних паливно-енергетичних витрат. В процесі видобутку металів, виготовлення і зарядки акумуляторів (від здобування сировини для виготовлення акумуляторів до остаточного вигляду), відбувається забруднення навколишнього середовища, враховуючи необхідність вирішення питання повної та екологічно чистої утилізації відпрацьованих акумуляторів.

При розробці та застосуванні альтернативних палив слід брати до уваги економічні, екологічні аспекти, а також здійснювати хімотологічне обґрунтування їх ефективного використання.

Екологічні аспекти. Використання звичного викопного палива в автотранспорті має серйозний негативний вплив на навколишнє середовище. Основними наслідками є:

- Забруднення атмосферного повітря: Вихлопи машин на викопному паливі містять шкідливі компоненти, зокрема оксиди азоту, чадний газ, тверді частинки та канцерогени. Ці речовини можуть спровокувати респіраторні та серцево-судинні захворювання, рак та інші небезпеки для здоров'я.

- Зміна клімату: Згоряння викопного палива породжує викиди парникових газів, наприклад, вуглекислого газу, що сприяють глобальному потеплінню та кліматичним змінам. Як наслідок, можливе підвищення рівня світового океану, екстремальні погодні умови та інші проблеми.

- Кислотні опади: Вихлопні гази автомобілів на викопному паливі містять сполуки сірки й азоту, які випадають у вигляді кислотних дощів. Ці дощі можуть пошкоджувати ліси, прісноводні водойми та інші екосистеми.

Застосування альтернативних видів палива здатне значно зменшити ці екологічні виклики. Наприклад, електрокари не викидають шкідливих вихлопів, а біопаливо може бути створено з поновлюваних ресурсів, як-от сільськогосподарські культури й відходи.

Економічні аспекти. Використання традиційного викопного палива для транспорту має суттєві економічні наслідки. Вартість викопного палива може бути нестабільною і зазнавати коливань, що здатне спричинити інфляцію та економічні труднощі. До того ж, видобуток і переробка викопного палива може бути витратною та небезпечною діяльністю.

Однак економічна обґрунтованість використання альтернативних видів палива все ще перебуває у площині дискусій. Незважаючи на те, що в окремих випадках вартість альтернативного палива може переважати вартість традиційного, прогрес у технологіях та великомасштабне виробництво здатні зменшити собівартість та збільшити їхню конкурентоспроможність. Ба більше, економічні дивіденди від зменшення застосування традиційних видів палива можуть бути суттєвими у формі зменшення витрат на охорону здоров'я та запобігання фінансових втрат, викликаних змінами клімату.

Застосування альтернативних палив може сприяти скороченню цих економічних видатків. Наприклад, електрика для електромобілів може вироблятися з відновлювальних джерел, зокрема сонячної та вітрової енергії, що є більш доступними та екологічно сталими. Крім того, біопаливо може бути вироблено з місцевої сировини, що потенційно може зменшити залежність від імпорту нафти.

На сьогоднішній день існує велика кількість досліджень, що підтверджують екологічні та економічні переваги використання альтернативних палив для транспортних засобів. Наприклад:

– Звіт Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) за 2021 рік вказав, що транспортний сектор є одним із ключових джерел викидів парникових газів у глобальному масштабі. У звіті також зазначено, що використання електромобілів та інших альтернативних транспортних засобів здатне суттєво скоротити ці викиди.

– Дослідження Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) за 2022 рік показало, що застосування альтернативного палива в транспорті може сприяти зменшенню залежності від імпорту нафти та підвищенню енергетичної безпеки.

– Дослідження Світового банку за 2023 рік засвідчило, що використання альтернативних палив для транспортних засобів може позитивно вплинути на якість повітря та зменшити смертність, спричинену забрудненням повітря.

На додаток до вищенаведених досліджень, існує низка інших джерел даних про екологічні та фінансові плюси застосування альтернативних видів палива для автомобілів. Зокрема, варто відзначити: Агенцію з охорони довкілля США (EPA), Міністерство енергетики США (DOE), Міжнародне енергетичне агентство, Міжурядову групу з питань змін клімату.

З розвитком технологій та збільшенням обсягів фінансування в цьому секторі, передбачається, що використання альтернативного пального для автомобілів демонструватиме зростання у найближчій перспективі. Це матиме суттєвий позитивний ефект на стан навколишнього середовища, економіку та суспільство загалом.

На даний момент є деякі виклики, пов'язані із використанням альтернативного палива, зокрема, висока вартість деяких видів палива та недосконала інфраструктура.

Однак ці виклики долаються завдяки безперервному розвитку технологій та збільшенню інвестицій у дану сферу. Очікується, що використання альтернативного палива для автомобілів збільшуватиметься у найближчі роки, що призведе до значних позитивних змін.

Відтак, варто підкреслити, що не всі альтернативні види палива мають однакову екологічну чистоту або економічну вигідність. Певні з них, як-от біопаливо першої генерації, можуть викликати проблеми, пов'язані з вирубкою лісів та викидами парникових газів. Необхідно також брати до уваги повний життєвий цикл альтернативного палива, починаючи від його виготовлення та закінчуючи використанням і утилізацією. Потрібні подальші дослідження та розробки, щоб зробити альтернативні види палива більш доступними, ефективними та стійкими. Не зважаючи на ці виклики, використання альтернативних видів палива для транспортних засобів є важливим кроком до більш екологічного, сталого та процвітаючого майбутнього.

Способи виготовлення біодизельного палива. Не дивлячись на складну світову ситуацію, яка, почавши відновлюватися після пандемії коронавірусу, зіткнулася з новим викликом – військовим вторгненням Росії в Україну, ринок біопалива, зокрема біодизеля, продовжує розвиватися (рис.1, 2). Значна варіативність цін на рослинні олії, зменшення пропозиції соняшникової олії на глобальному ринку після майже повного випадіння з нього ключового

постачальника (Україна), інфляція та переживання щодо продовольчої безпеки викликали чимало суперечок стосовно доцільності розвитку біопаливної галузі в наявних умовах. Проте існувала й думка про потребу подальшого зменшення залежності від звичних видів палива. На цей момент здається, що важливість збереження «зеленого» курсу пересилила наявні побоювання, і глобальне виробництво біодизелю в 2024 р. може зрости, зокрема в таких ключових країнах, як США, ЄС, Індонезія та Аргентина.

Отже, загалом, можна окреслити позитивні перспективи для розвитку біопаливної галузі у світі. Проте значний вплив матимуть подальший розвиток військового конфлікту в Україні, глобальна продовольча безпека, інфляція, мінливість цін та низка інших факторів, які за негативного сценарію можуть знову реанімувати суперечки щодо доцільності підтримки «зеленого» курсу в складних економічних реаліях.



Рис. 1. Динаміка світового виробництва біодизелю 2018- 2022, згідно з дослідженням АПК-Інформ на основі Oil World.



Рис. 2. Використання сировини для виробництва біодизелю у 2022, згідно з дослідженням АПК-Інформ на основі Oil World.

Вибір способу виробництва біодизельного палива залежить від декількох ключових факторів:

- Тип вихідної сировини.
- Бажана якість кінцевого продукту - біодизелю.
- Економічна доцільність.
- Доступність необхідних технологій.

До недоліків біодизельного палива слід віднести:

- Біодизель може виявитися дорожчим, ніж традиційне дизельне паливо.
- Виробництво біодизелю може спричинити проблеми з вирубкою лісів та викидами парникових газів, якщо використовується непридатна сировина.
- Біодизель може мати нижчу енергоємність, у порівнянні з традиційним дизельним паливом.

Водночас, серед переваг біодизельного палива варто зазначити:

- Біодизель є біологічно розкладним і нетоксичним.
- Біодизель можна виготовляти з відновлюваної сировини.
- Використання біодизелю здатне зменшити викиди парникових газів та забруднення атмосфери.
- Біодизель може допомогти знизити залежність від викопного палива.

Виробництво біодизельного палива є складним технологічним процесом, який потребує спеціалізованого обладнання та відповідних ресурсів. Основні методи виробництва біодизельного палива включають переестерифікацію рослинних олій та твердих жирів, термохімічні процеси та гідрогеноліз.

Переестерифікація рослинних олій. Найбільш розповсюдженим серед способів виготовлення біодизельного палива є метод переестерифікації. Суть його в хімічній взаємодії олії зі спиртом, результатом якої стає біодизель та гліцерин. Цей метод адаптований для різних рослинних олій, як-от соєва, ріпакова, пальмова та інших.

Термохімічні процеси. Інший метод виготовлення біодизелю – це піроліз і газифікація біомаси.

Під час піролізу біомаса розкладається при високих температурах, в умовах відсутності кисню, внаслідок чого утворюються різноманітні гази та рідке паливо, зокрема, і біодизель. В цьому методі можна використовувати різну біомасу: сільськогосподарські відходи, деревину та інші органічні матеріали.

Газифікація використовує кисень або пару для часткового окиснення біомаси, що призводить до формування синтез-газу, який потім може бути перетворений в біодизельне паливо.

Гідрогеноліз. Перед початком трансестерифікації, жири піддаються гідролізу, розщеплюючись на гліцерин та жирні кислоти. Далі, жирні кислоти можна перетворити на моноалкілестери шляхом взаємодії зі спиртом у присутності каталізатора. Сутність процесу полягає в каталітичному розщепленні тригліцеридів, які містяться в рослинних оліях або твердих жирах, за допомогою водню, з застосуванням каталізатора. В результаті цієї реакції формується суміш метилових або етилових естерів жирних кислот, котрі і є біодизелем.

Мікробне виробництво. Деякі мікроорганізми, зокрема бактерії або гриби, можуть бути задіяні для перетворення органічних матеріалів на біодизель. В цьому методі застосовуються біотехнологічні процеси, аби отримати біодизельні естери або інші біопалива, які відповідають вимогам.

Інші технології. Додаткові технології включають застосування надкритичних розчинників, екстракцію та інші методики, що забезпечують отримання біодизеля з біомаси.

Кожен з представлених методів володіє власними плюсами та мінусами, а вибір конкретного підходу залежить від наявних ресурсів, обсягів виробництва, технічних можливостей та інших чинників. Трансестерифікація вважається найпоширенішим способом виробництва біодизельного палива через свою відносну простоту та високу результативність. Термохімічні процеси здатні ефективно використовувати різні види біомаси, включно з твердими ресурсами, проте вони часто потребують складного обладнання та значних енерговитрат. Гідрогеноліз також може бути ефективним, але вимагає великих обсягів водню, який може виявитися дорогим та важкодоступним. Проте, у будь-якому випадку, ці процеси сприяють зменшенню залежності від нафтових ресурсів та мінімізації викидів CO₂, що робить біодизельне паливо привабливим рішенням для сталого транспорту.

Технологічний процес виробництва рослинної олії включає наступні ключові етапи: підготовка зерна до вилучення олії; вилучення та очищення олійної маси; естерифікацію олії спиртом та очищення отриманих естерів (біодизельного палива).

Промислова технологія (рис. 3) виробництва зазвичай застосовується на великих підприємствах із річним обсягом випуску дизельного біопалива від 20 000 до 100 000 т/рік. Вона складається з наступних етапів: естерифікації; поділу на фракції естерів (неочищеного біодизельного палива) та гліцерину (побічного продукту виробництва дизельного біопалива); очищення біодизельного палива (відгону спирту, а також промивання підкисленою водою, повторного промивання водою, зневоднення та очистки від гелеподібного осаду шляхом фільтрації або осадження біодизельного палива).

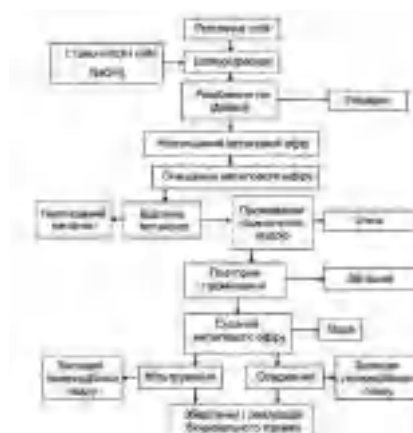


Рис. 3. Схема промислового виробництва дизельного біопалива.

Серед плюсів промислової технології виготовлення дизельного біопалива заслуговує на увагу його відмінна якість, що дозволяє застосовувати дизельне біопаливо як у сумішах, так і без розведення з традиційним дизелем.

До головних мінусів належать: громіздкість устаткування, невисока продуктивність, значні витрати електроенергії, висока собівартість готового продукту.

Агропромислова (рис. 4) технологія виробництва дизельного біопалива

широко застосовується на фермерських та невеликих підприємствах із щорічним випуском дизельного біопалива від 100 до 5000 т/рік.

Вона передбачає етерифікацію; розділення на фракції метилового естеру (дизельного біопалива) та гліцерину (побічного продукту при виробництві дизельного біопалива); очищення дизельного біопалива (відгін спирту та позбавлення від гелеподібного осаду шляхом фільтрування або відстоювання).

Зважаючи на вимоги та ціни на пальне поточного ринку паливно-мастильних матеріалів, назріває необхідність впровадження передових технологій виробництва дизельного біопалива, що виготовлена продукція могла б змагатися з звичним дизельним паливом. Агротехнологія виготовлення дизельного біопалива має здатність забезпечити потреби господарських суб'єктів власним паливом для функціонування машинно-тракторних агрегатів, вона характеризується помірними матеріальними затратами та простотою використання.



Рис. 4. Схема агропромислового виробництва дизельного біопалива.

Висновок. Біодизель – перспективне альтернативне паливо, що зменшує вплив транспорту на довкілля. Його виробляють із поновлюваної сировини: рослинних олій, жирів та промислових відходів. Найпоширеніший спосіб виробництва – переестерифікація, також застосовуються піроліз та окиснення. Вибір методу залежить від сировини, якості палива та економічних факторів. Біодизель має екологічний та економічний потенціал і може сприяти сталому енергетичному розвитку.

Список використаної літератури

1. Ma, F., & Hanna, M.A. Biodiesel production: A review. *Bioresource Technology*: scientific journal. 2010. Vol. 70, №1. P. 1-15.
2. Іванов І.П., Петренко О.В., Сидоренко М.І. (2021). Екологічні та економічні аспекти використання альтернативних палив для транспортних засобів. *Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут"*: науковий журнал. 2021. №3. С. 123-134.
3. Петров, В.М., Сидоров, О.О., Кузнєцова, І.А. Дослідження перспектив використання біогазу як альтернативного моторного палива. *Вісник Національної академії наук України*: науковий журнал. 2022. №12. С. 67-72.

4. Васильєва О.С., Степаненко А.В., Шевченко Ю.М. Енергоефективність електромобілів порівняно з бензиновими та дизельними автомобілями. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка"*: науковий журнал, (2023). №824. С. 112-120.

5. Міжурядова група з питань зміни клімату (МГЕЗК). (2021). Зміна клімату 2021: Доповідь Робочої групи I МГЕЗК. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/> (дата звернення 23.03.25).

6. Міжнародне енергетичне агентство (МЕА). Світовий звіт про електромобілі 2022: веб-сайт. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022> (дата звернення 23.03.25).

7. Світовий банк. Чисте транспортне майбутнє: скорочення викидів і забруднення від транспортного сектору: веб-сайт. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/239191468331236091/pdf/Turningthe-right-corner-ensuring-development-through-a-low-carbon-transport-sector.pdf> (дата звернення 23.03.25).

Максим GERMANOVСЬКИЙ¹⁷,

студент 1-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ МОДУЛІ І ПЕРСПЕКТИВА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Анотація. У статті розглядається принцип роботи фотоелектричних модулів, їх основні типи та перспективи застосування у майбутньому. Описуються сучасні технології виробництва сонячних панелей та їх ефективність. Аналізуються переваги та виклики, пов'язані із впровадженням фотоелектричних модулів у різні сфери економіки.

Ключові слова: сонячні електростанції, кремнієві та тонкоплівкові модулі, фотовольтаїка, фотоелектричні модулі.

Annotation. The article examines the principle of operation of photovoltaic modules, their main types, and prospects for future applications. Modern technologies for solar panel production and their efficiency are described. The advantages and challenges associated with the implementation of photovoltaic modules in various sectors of the economy are analyzed.

Keywords: solar power plants, silicon and thin-film modules, photovoltaics, photovoltaic modules.

¹⁷Науковий керівник – Чмих К.В., асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Вступ. Фотоелектричні модулі (ФЕМ) є ключовою складовою сонячної енергетики, що перетворює сонячне випромінювання на електричну енергію. Використання відновлюваних джерел енергії стає все більш актуальним у зв'язку зі зростанням попиту на електроенергію та необхідністю зменшення впливу на навколишнє середовище.

Сучасні технології фотоелектричних модулів розвиваються швидкими темпами, забезпечуючи підвищену ефективність та доступність сонячної енергетики. Державні програми багатьох країн спрямовані на стимулювання впровадження фотоелектричних систем, що сприяє їх популяризації. Окрім того, зростаюча екологічна свідомість населення та розвиток «зеленої» економіки роблять сонячну енергію конкурентоспроможною альтернативою традиційним джерелам енергії.

Фотоелектричні модулі мають низку переваг, таких як екологічна безпечність, можливість встановлення у віддалених районах та незалежність від паливних ресурсів. Однак впровадження цієї технології стикається з певними викликами, зокрема високою початковою вартістю, необхідністю розвиненої інфраструктури та ефективного зберігання виробленої енергії. У даній статті розглянуто конструкцію, принцип роботи та перспективи застосування фотоелектричних модулів, а також фактори, що впливають на їх ефективність та подальший розвиток.

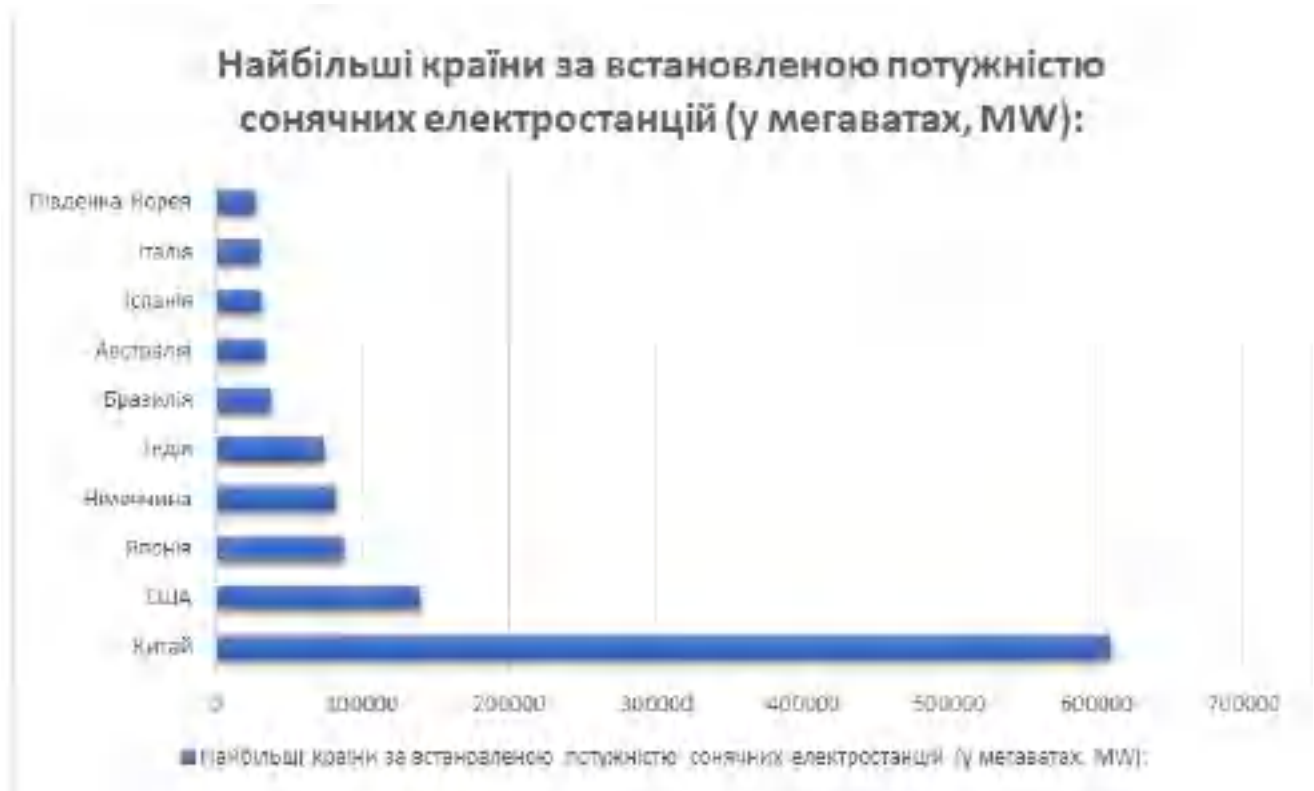


Рис. 1. Глобальне поширення сонячної енергетики.

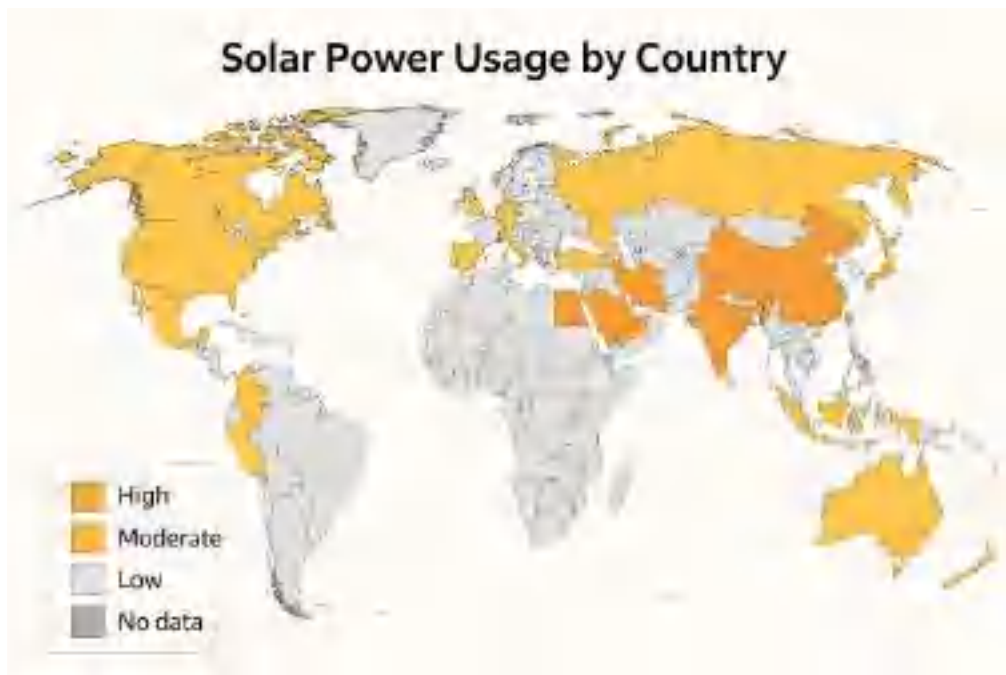


Рис. 2. Карта світу з використання сонячної енергії.

Виклад основного матеріалу. Принцип роботи фотоелектричних модулів. Фотоелектричний ефект, відкритий А. Беккерелем у 1839 році, є основою роботи ФЕМ. Він полягає у виникненні електричного струму в напівпровідниковому матеріалі під впливом сонячного світла. Основні компоненти фотоелектричного модуля включають:

- о Сонячні елементи (основний напівпровідниковий шар, зазвичай кремній);
- о Контактні електроди;
- о Антирефлексне покриття;
- о Захисне скло та раму.

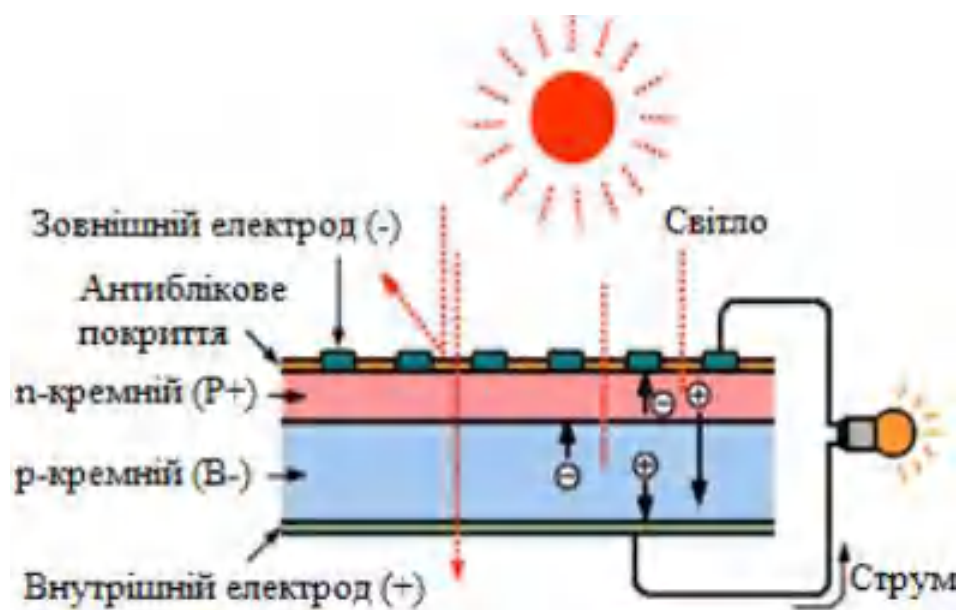


Рис. 3. Схематичне зображення принципу роботи фотоелектричного модуля із поясненням руху електронів.

При опроміненні сонячного елемента фотони світла передають свою енергію електронам у напівпровідниковому шарі, що спричиняє рух електронів і створення електричного струму. Цей струм збирається та передається до інвертора, який перетворює постійний струм у змінний для подальшого використання. Важливим аспектом ефективності ФЕМ є кут нахилу та рівень інсоляції, оскільки не всі регіони мають однаковий рівень сонячного випромінювання.

2. Типи фотоелектричних модулів. На сьогоднішній день існує кілька основних типів ФЕМ:

- o Монокристалічні (високий ККД, довговічність, висока вартість);
- o Полікристалічні (дешевші у виробництві, але мають нижчу ефективність);
- o Тонкоплівкові (гнучкі, легкі, але менш ефективні);
- o Перспективні технології (органічні, перовскітні сонячні елементи).

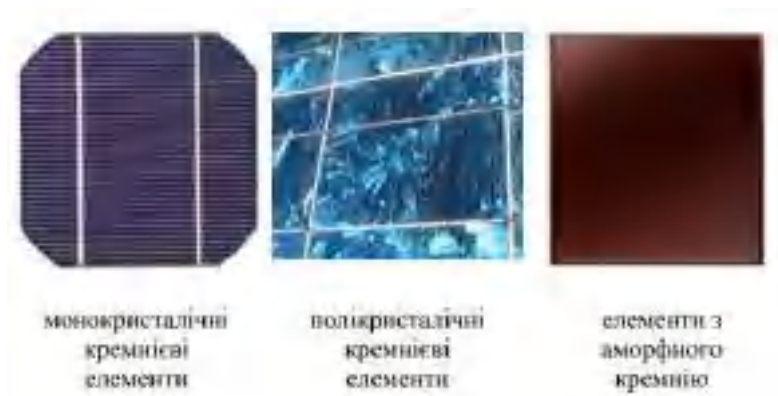


Рис. 4. Основні типи ФЕМ.

Таблиця 1. Порівняння ефективності різних типів фотоелектричних модулів.

Характеристика	Кристалічний кремній (монокристалічний)	Кристалічний кремній (полікристалічний)	Аморфний кремній
Ефективність	18-22%	15-18%	7-10%
Тривалість служби	25-30 років	20-25 років	10-15 років
Коефіцієнт температури	-0.3% / °C	-0.3% / °C	-0.2% / °C
Вартість	Вища	Середня	Найнижча
Температурні коливання	Краще працюють при високих температурах	Помірно стійкі до температурних змін	Погано реагують на високу температуру
Використовувані матеріали	Висока чистота кремнію, монокристалічні структури	Кристали кремнію середньої чистоти	Тонкі шари аморфного кремнію
Розмір та форма	Зазвичай квадратні або прямокутні	Зазвичай квадратні або прямокутні	Гнучкі панелі, різні форми
Вартість установки	Вища через високу ефективність	Середня вартість	Найнижча вартість

3. Перспективи розвитку фотоелектричних модулів. З кожним роком технології ФЕМ удосконалюються. Дослідження спрямовані на підвищення ККД, зниження собівартості виробництва та розширення сфер застосування:

- о Інтеграція в будівельні матеріали (BIPV – Building Integrated Photovoltaics);
- о Використання в транспорті (електромобілі, автономні системи);
- о Застосування у космічній галузі;
- о Дослідження нових матеріалів (перспективні напівпровідники, наноматеріали).



Рис. 5. Приклад інтеграції сонячних панелей у дах будинку.

Одним із перспективних напрямів є розробка фотоелектричних покриттів для будівель, що дозволяє максимально ефективно використовувати сонячну енергію без зайвого простору. Сонячні батареї для транспорту також набувають популярності, зокрема у вигляді дахових панелей для електромобілів. Космічні технології потребують вискоефективних і легких ФЕМ, тому дослідження у цій галузі активно ведуться. Крім того, нанотехнології можуть суттєво покращити продуктивність сонячних елементів, зменшивши їхню вагу і вартість. Важливим напрямком є розробка ефективних систем накопичення енергії, що дозволить забезпечити стабільне постачання електроенергії навіть у нічний час або в періоди низької сонячної активності.

Висновки. Фотоелектричні модулі є перспективною технологією, що може значно вплинути на розвиток світової енергетики. Вони забезпечують сталий розвиток, зменшують залежність від традиційних енергоносіїв та сприяють екологічному покращенню.

Подальші дослідження та інновації у цій сфері відкривають нові можливості для їх широкомасштабного впровадження. Зокрема, розвиток нових матеріалів, таких як перовскітні сонячні елементи та органічні фотоелектричні модулі, дозволяє значно покращити ефективність та знизити вартість виробництва. Крім того, інтеграція фотоелектричних модулів у міську інфраструктуру (BIPV – Building Integrated Photovoltaics) та транспортну галузь (електромобілі, автономні енергосистеми) відкриває нові перспективи для їх застосування.

Важливими аспектами подальшого розвитку є:

- Зниження вартості виробництва завдяки вдосконаленню технологій;
- Розвиток ефективних систем накопичення енергії;
- Оптимізація інтеграції фотоелектричних модулів у міське середовище;

Отже, фотоелектричні модулі мають потенціал стати основним джерелом енергії майбутнього, забезпечуючи екологічно чисту, стійку та ефективну альтернативу традиційним енергоносіям.

Список використаної літератури

1. Види сонячних фотопанелей: веб-сайт. URL: <https://www.atmosfera.ua/media/tipisonyachnih-elektrostantsij> (дата звернення 14.03.2025).
2. Монокристалічні сонячні панелі: веб-сайт. URL: https://hexagonenergy.com.ua/ua/monokristallicheskie_paneli (дата звернення 14.03.2025)
3. Кравченко С. Ю. Основи фотовольтаїки: теорія та практика: навчальний посібник. Харків: ХНУ, 2021. 275 с.
4. Кондратенко В. О. Фотоелектричні системи: навчальний посібник. Київ: Либідь, 2018. 320 с
5. International Energy Agency. Trends in Photovoltaic Applications 2022: training manual . Paris: IEA. 2022. 150 p.

Роман ГРОМЛЮК¹⁸,
студент 1-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

РЕКУПЕРАЦІЯ ЕНЕРГІЇ В МІСЬКОМУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТІ

***Анотація.** Стаття розглядає технологію рекуперації енергії в міському електротранспорті як ефективний засіб зниження енергоспоживання та експлуатаційних витрат. Аналізуються принципи роботи, технічні особливості*

¹⁸Науковий керівник – Швець Л.В., кандидата технічних наук, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

та перспективи впровадження систем рекуперації для підвищення екологічності та ефективності транспорту.

Ключові слова: рекуперація енергії, міський електротранспорт, енергоефективність, трамвай, тролейбус, електробус.

Annotation. The article examines the technology of energy recovery in urban electric transport as an effective means of reducing energy consumption and operating costs. The principles of operation, technical features and prospects for the implementation of recovery systems to improve the environmental friendliness and efficiency of transport are analyzed.

Key words: energy recovery, urban electric transport, energy efficiency, tram, trolleybus, electric bus.

Вступ. Сучасні міста дедалі більше зіштовхуються з проблемами енергетичної ефективності, екологічної безпеки та економічної доцільності роботи громадського транспорту. В умовах зростаючого попиту на електрифіковані транспортні засоби та необхідності зменшення негативного впливу на довкілля питання підвищення ефективності використання енергії стає особливо актуальним. Одним із перспективних рішень у цій сфері є технологія рекуперації енергії, що дозволяє зменшити витрати на електроенергію та підвищити ефективність роботи міського електротранспорту.

Рекуперація енергії – це процес повернення частини енергії, яка зазвичай втрачається під час гальмування, для подальшого використання. У міському електротранспорті, такому як трамваї, тролейбуси та електробуси, ця технологія відіграє ключову роль у зниженні експлуатаційних витрат і зменшенні навантаження на електричні мережі. Використання рекуперації сприяє підвищенню екологічної стійкості транспортної системи, оскільки дозволяє скоротити споживання енергії з традиційних джерел і зменшити викиди парникових газів.

Попри значні переваги, впровадження рекупераційних систем у міський електротранспорт супроводжується певними технічними та економічними викликами. До них належать необхідність модернізації інфраструктури, особливості акумулювання та розподілу зворотної енергії, а також економічна доцільність реалізації подібних рішень у різних містах.

У цій статті розглядаються основні принципи роботи систем рекуперації енергії, їх переваги, технічні особливості та перспективи впровадження в сучасний міський електротранспорт. Аналізуються практичні аспекти застосування цієї технології та її вплив на підвищення енергоефективності й стійкості міських транспортних мереж.

Виклад основного матеріалу. Технологія повернення енергії під час руху використовується в електричних транспортних засобах вже тривалий період, і наразі широко застосовується також в електричних мотоциклах та електросамокатах.

Електрокари – це не просто більш екологічний транспорт; вони пропонують більш ефективний метод керування енергією, завдяки особливій функції – рекуперації. Цей процес надає змогу електромобілям раціонально відновлювати енергію, що за звичай втрачається як тепло під час гальмування. Та чи багато енергії вдається рекуперувати та який вплив ця технологія чинить на загальну ефективність? Німецький ADAC вирішив, що настав час отримати відповіді на ці питання – раз і назавжди.

Як бачимо, електромобілі не єдині, хто використовує цю технологію, проте саме в них вона втілена з найбільшою ефективністю, хоча чимало людей до кінця не розуміють особливості її функціонування.

Елементарні знання фізики дозволяють нам зрозуміти, що будь-який транспортний засіб, перебуваючи в русі, містить "величезний запас" кінетичної енергії, котру при гальмуванні потрібно кудись дівати.

У випадку з авто на ДВЗ цією енергією зазвичай нехтували, не даючи їй жодного корисного застосування, витрачаючи її на зусилля гальмівних колодок. До речі, саме зусилля, необхідне для зниження кінетичного заряду, є однією з причин швидкого зношування гальмівних колодок в автомобілях з двигуном внутрішнього згоряння. Іншими словами, енергія витрачалася безглуздо і завдавала матеріальних збитків під час експлуатації транспортного засобу [4].

З появою ери електричного транспорту до кінетичної енергії почали ставитися з повагою. З'явилося розуміння її важливості для збереження заряду батареї, тому почали використовувати її для збільшення запасу ходу електромобілів.

Як наслідок, у всіх електромобілях під час зменшення швидкості електродвигун перемикається в режим генератора та перетворює кінетичну енергію в електричний заряд. Простіше кажучи, рекуперативне гальмування - це не що інше, як можливість підзарядити електрокар шляхом гальмування.

Згодом, основна частина енергії, отриманої в результаті рекуперації, застосовується для наступного прискорення електрокара. Автомобіль не витрачає на це енергію, отриману під час підключення до настінного або переносного зарядного пристрою [7].

Кількість енергії, яку електричне авто здатне відновити через рекуперацію, визначається кількома важливими чинниками. Транспортні засоби з більшою масою використовують більше енергії для прискорення, однак їх інерція дозволяє виробляти більше електрики при гальмуванні. Також, потужніші електродвигуни краще перетворюють енергію гальмування назад у електрику. До того ж, оптимальним сценарієм для максимального відновлення є їзда містом. Часті зупинки та стартування надають системі багато шансів для повернення енергії. Рекуперація менш ефективна на трасах з постійною швидкістю та обмеженим гальмуванням [3].

Для ілюстрації впливу цих факторів німецький автомобільний клуб ADAC здійснив цікавий експеримент. Вони протестували три електромобілі – компактний Dacia Spring, розкішний BMW i7 і популярний Tesla Model Y Long Range – на маршруті з підйомом та спуском. Не дивно, що великий BMW i7 став

лідером у рекуперації енергії під час спуску. Але найбільш ефективним загалом під час гірської подорожі виявився легший Dacia Spring. Це підкреслює складність взаємозв'язку між споживанням енергії та рекуперацією – хоча важчі електрокари здатні відновити більше енергії, їм також потрібно більше енергії для руху [5].

Таблиця 1. Показники затрат енергії та відновлення під час підйому та спуску з гори відповідно.

№	Dacia Spring	Tesla Model Y	BMW i7
Енергія витрачається на гору	26,35 кВт/100 км	48,74 кВт/100 км	59,34 кВт/100 км
Енергія, використана вниз по пагорбу	-7,05 кВт/100 км	-17 кВт/100 км	-26,27 кВт/100 км
Енергія відновлена	приблизно 35%	приблизно 40%	приблизно 50%
Споживання енергії WLTP	14,5 кВт/год/100 км	16,9 кВт/год/100 км	18,5 кВт/год/100 км

Окрім підкорення гірських стежок, як почуваються електричні авто під час повсякденних поїздок? Згідно з дослідженнями Green NCAP, в середньому електрокар повертає приблизно 22% енергії, витраченої на їзду, завдяки рекуперації. Серед лідерів – Nio ET7 та Hyundai Ioniq 6, які демонструють вражаючі показники в 31% та 29% відповідно.

Хоча рекуперація частково компенсує підвищені енерговитрати важчих електромобілів, вона підкреслює важливість полегшеної конструкції. Інноваційні матеріали та підходи до дизайну є ключовими для максимальної ефективності електрокарів. Зменшення ваги автомобіля подібне до постійного збільшення запасу енергії вашого електромобіля – як при розгоні, так і під час роботи системи рекуперації [5].

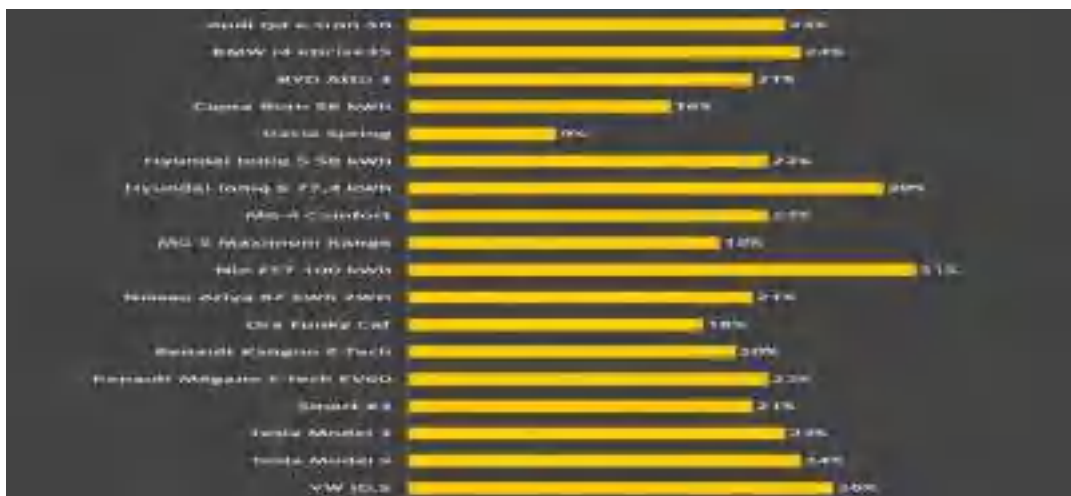


Рис. 1. Показники рекуперації на різних автомобілях.

Вартість акумулятора формує відчутну частину витрат на придбання електрокара, інколи доходючи до 40% від кінцевої ціни, і саме вона є головною рушійною силою цінової відмінності між звичайним авто та електричним. Додайте до цього можливу майбутню вартість заміни, і тоді ціна батарей стає вагомою складовою загальних витрат на експлуатацію транспортного засобу. Зважаючи на збільшення застосування електробусів у транспортній системі та зростаючий попит на акумулятори, оптимізація ємності батарей у міських автобусах може претендувати на роль першочергової задачі для муніципального транспорту.

Заряд акумуляторів для електробусів можливий у двох основних форматах: "нагода" (OPP - Opportunity charging system) та "нічна" (ONC - Overnight charging system), що відрізняються дистанцією пробігу та тривалістю заряджання [1]. Електробус OPP, заряджений, має меншу батарею, що забезпечує обмежений пробіг (10–20 км), а повна зарядка (80–100 %) може тривати 5–15 хв. Натомість електробус ONC оснащений суттєво більшим акумулятором, що дозволяє проїхати до 250 км, проте час зарядки значно більший (2–4 години). Незважаючи на широке використання обох систем, вони мають ряд недоліків, зокрема, високу вартість батарей (ONC) та обмежену гнучкість (OPP). Батареї, застосовувані в системах OPP, здебільшого мають ємність 80–200 кВт/год, але через специфічні вимоги, як-от висока потужність заряджання, їх ємність в деяких системах може сягати 400 кВт/год [2]. Для систем ONC, у зв'язку з більшою відстанню, потрібна ще більша потужність, навіть до 800 кВт/год.

Система KERS реалізована як компонент силової установки міського автобуса. Це дозволяє працювати в режимі «оверлей», тобто класична трансмісія може працювати без KERS. Міський автобус Solaris Urbino 18 був використаний в якості еталонного транспортного засобу.

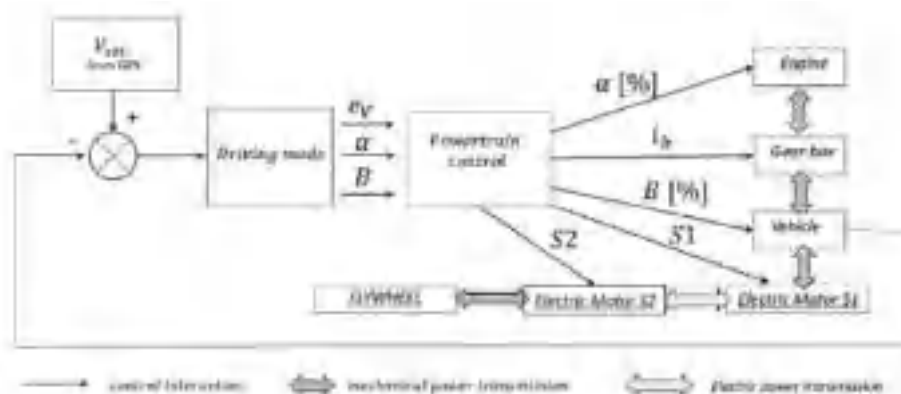


Рис. 2. Основна концепція динаміки міського автобуса за допомогою моделі KERS.

Основний процес можна узагальнити наступним чином:

- Завантаження даних вимірювань, зібраних за допомогою GPS, у вигляді V_{set} як функції часу моделювання;
- порівняння з фактичною швидкістю транспортного засобу, оцінка похибки керування; в

- вибір режиму рух на основі заданого прискорення, розрахованого як похідна від заданої швидкості. Режим руху обирається між прискорення та гальмування. Блок «Режим руху» також передає похибку керування, яка визначається як різниця між фактичною та заданою швидкістю автомобіля $e_v = V_{set} - V_{actual}$;

- блок керування силовим агрегатом - це механізм зворотного зв'язку з контуром керування. Він складається з трьох незалежних контурів зворотного зв'язку, призначених для управління ступенем навантаження на двигун і гальмування. Блоки управління трансмісією також виконують логічні перемикання на основі ліній перемикання, які перемикають необхідне передавальне число;

- блок управління двигуном оцінює крутний момент двигуна як функцію навантаження на двигун і кутової швидкості, включаючи інерцію двигуна. Показано два механізми передачі енергії: механічний (пунктирна стрілка) та електричний (прозора стрілка), а також передача сигналу (суцільна лінія);

- блок «Коробка передач і транспортний засіб» оцінює вплив автоматично обраного передаточного числа і опорів руху (кочення, інерції мас при лінійному і кутовому русі, аеродинаміки) [2].

Переваги та недоліки рекуперації енергії в міському електротранспорті.

Переваги:

1. Зменшення енергоспоживання. Рекуперація дозволяє повторно використовувати енергію, що утворюється під час гальмування, для живлення транспорту або передачі в електромережу. Це значно знижує загальне споживання електроенергії, що є особливо важливим для міст із високими транспортними навантаженнями.

2. Скорочення експлуатаційних витрат. Використання рекуперованої енергії зменшує потребу в додатковому електроживленні від мережі, що, в свою чергу, знижує витрати на електроенергію для транспортних компаній. Це дозволяє спрямовувати фінансові ресурси на покращення інфраструктури та обслуговування транспортних засобів.

3. Зниження зношування гальмівної системи. В електротранспорті з рекуперацією енергії основне гальмування здійснюється електродвигуном, а не механічними гальмами. Це зменшує зношення колодок і дисків, подовжуючи їхній термін служби та знижуючи витрати на їхнє технічне обслуговування.

4. Екологічна безпека. Використання рекуперації сприяє зниженню викидів парникових газів, оскільки зменшується потреба в додатковій генерації електроенергії, особливо якщо вона виробляється на теплових електростанціях. Це робить міський транспорт більш екологічним та сприяє покращенню якості повітря.

5. Можливість використання в гібридних системах. Сучасні розробки дозволяють накопичувати рекуперовану енергію в батареях або суперконденсаторах, що може використовуватися для живлення транспорту в моменти пікових навантажень або при русі на ділянках без контактної мережі.

Недоліки:

1. Висока вартість впровадження. Модернізація існуючої інфраструктури та встановлення рекупераційних систем вимагає значних фінансових вкладень. Це включає оновлення рухомого складу, встановлення систем накопичення енергії та модернізацію електромереж.

2. Втрати енергії під час передачі та акумулювання. Не вся енергія, що генерується під час рекуперації, може бути використана ефективно. Частина її втрачається під час перетворення, передачі або акумулювання, особливо якщо мережа не може одразу спожити рекуперовану електроенергію.

3. Складність інтеграції в існуючу транспортну систему. Далеко не всі транспортні системи можуть легко інтегрувати рекупераційні технології без значної реконструкції інфраструктури. Це особливо актуально для старих трамвайних і тролейбусних систем, які не передбачали використання зворотної енергії.

4. Обмежені можливості зберігання енергії. Батареї та суперконденсатори, які можуть зберігати рекуперовану енергію, мають обмежену ємність і досить високу вартість. Крім того, їхній термін служби обмежений, і вони потребують регулярної заміни, що збільшує експлуатаційні витрати.

5. Залежність від транспортного потоку. Ефективність рекуперації безпосередньо залежить від інтенсивності руху. Якщо на маршруті мало зупинок або низький рівень трафіку, можливості для рекуперації енергії зменшуються, що знижує загальну ефективність системи.

Висновок. Рекуперація енергії є ефективним рішенням для підвищення енергоефективності міського електротранспорту. Використання цієї технології дозволяє зменшити споживання електроенергії, знизити експлуатаційні витрати та зменшити негативний вплив транспорту на довкілля. Завдяки поверненню та повторному використанню електроенергії, яка генерується під час гальмування, суттєво підвищується ефективність роботи трамваїв, тролейбусів та електробусів.

Попри численні переваги, впровадження рекупераційних систем супроводжується технічними та економічними викликами. До них належать необхідність оновлення інфраструктури, розробка ефективних методів накопичення та розподілу енергії, а також фінансові витрати, пов'язані з модернізацією рухомого складу та електромереж. Проте досвід багатьох міст демонструє, що інвестиції в ці технології є виправданими в довгостроковій перспективі.

Подальші дослідження та впровадження інновацій у сфері рекуперації можуть сприяти ще більшому підвищенню ефективності електротранспорту, особливо у поєднанні з відновлюваними джерелами енергії. Таким чином, розвиток і вдосконалення рекупераційних систем є важливим напрямком для підвищення стійкості та екологічної безпеки транспортних мереж сучасних міст.

Список використаної літератури

1. Bartłomiejczyk M., Caliendo B. Electrifying the bus network with trolleybus: Analyzing the in motion charging technology. *Applied Energy: scientific journal*. 2025. Vol. 377, Part C. 16 P.

2. Pałczyński T., Łagodziński J. Model of Kinetic Energy Recuperation System for City Buses December. *Dynamical Systems in Applications*: manual. 2018. P. 303-310.

3. Гамачек Ш., Бартломейчик М., Хрбац Р., Мисак С. Ефективність рекуперації енергії в тролейбусному транспорті. *Дослідження систем електроенергії*: науковий журнал. 2014. №112. С. 1–11.

4. Дорожні випробування показують, скільки енергії справді можуть рекуперувати електромобілі: веб-сайт. URL: https://www.arenaev.com/road_test_reveals_how_much_energy_can_evs_really_recuperate-news-3326.php (дата звернення 15.03.2025).

5. Anh A.T.T., Phuong V.H. Braking energy recuperation for electric traction drive in urban rail transit network based on control supercapacitor energy storage system. *Journal of Electrical Systems*: scientific journal. 2018. [Vol. 14, №3](#). P. 100-105.

6. Рекуперативне гальмування в електромобілях - що це і як працює: веб-сайт. URL: [Детальніше: https://oncharger.com.ua/ua/a465829-rekuperativnoe-tormozhenie-elektromobilyah.html?srsId=AfmBOopArHFbYJbGSEj3RqWTGa9cQutnmQLp-d-GFGRwOVYVSj1uMzYA](https://oncharger.com.ua/ua/a465829-rekuperativnoe-tormozhenie-elektromobilyah.html?srsId=AfmBOopArHFbYJbGSEj3RqWTGa9cQutnmQLp-d-GFGRwOVYVSj1uMzYA) (дата звернення 20.03.2025).

Павло МУДРИЦЬКИЙ¹⁹,

студент 2 курсу,

інженерно-технологічний факультет,

Вінницький національний аграрний університет,

Вінниця, Україна.

ОГЛЯД МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

Анотація. У статті проведено огляд сучасних методів діагностування електричних машин. Розглянуто основні підходи до оцінки їхнього технічного стану, виявлення дефектів та прогнозування відмов. Аналізуються переваги та обмеження різних методик, перспективи їхнього розвитку.

Ключові слова: діагностика; електричні машини; візуальний огляд; термографія; вібрації; ультразвук; шум; параметри; дефекти; надійність.

Annotation. The article reviews modern methods of diagnosing electric machines. The main approaches to assessing their technical condition, detecting defects and predicting failures are considered. The advantages and limitations of various methods and prospects for their development are analyzed.

Key words: diagnostics; electrical machines; visual inspection; thermography;

¹⁹Науковий керівник - Граняк В.Ф., к.т.н., доцент, завідувач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

vibrations; ultrasound; noise; parameters; defects; reliability.

Вступ. Діагностика електричних машин є важливою складовою частиною їх експлуатації та технічного обслуговування. Вона сприяє виявленню несправностей на ранніх етапах, що дозволяє знижувати ризик серйозних поломок і продовжувати термін служби обладнання. Електричні машини, зокрема асинхронні, синхронні та інші типи, широко використовуються в різних галузях промисловості, транспорту та енергетики. Зважаючи на їхню високу важливість у виробничих процесах, будь-яка несправність може призвести до значних економічних збитків, зупинки виробництва або навіть до аварійних ситуацій. Для забезпечення надійної роботи електричних машин застосовуються різні методи діагностики, серед яких можна виділити аналіз вібрацій, тепловий контроль, спектральний аналіз струмів і напруг, а також методи неруйнівного контролю. Наприклад, тепловізійний аналіз дозволяє виявити перегрів певних вузлів, що може свідчити про несправності ізоляції або підвищений опір контактів. Вібраційний моніторинг дає змогу оцінити стан підшипників та ротора, що є критичним для безперебійної роботи обладнання.

Виклад основного матеріалу. Діагностика електричних машин є важливою частиною їх експлуатації та технічного обслуговування. Вона дозволяє виявити несправності на ранніх етапах, що запобігає серйозним поломкам і знижує експлуатаційні витрати. Основні методи діагностики поділяються на електричні, механічні та теплові, кожен з яких спрямований на оцінку різних параметрів роботи машини. До найпоширеніших підходів належать аналіз вібрацій, тепловізійний контроль, спектральний аналіз струмів і напруг, а також методи неруйнівного контролю. Використання сучасних цифрових технологій, таких як штучний інтелект і машинне навчання, дозволяє підвищити точність діагностики та сприяти превентивному обслуговуванню, що є ключовим для безперебійної роботи електричних машин.

Візуальний огляд є найбільш простим і доступним методом діагностики. Він включає в себе перевірку зовнішнього вигляду машини на наявність механічних пошкоджень, дефектів ізоляції, слідів перегріву або інших видимих аномалій. Це дозволяє виявити очевидні проблеми, як-от тріщини в корпусі, корозію або обгорання елементів. Перевага методу полягає в його простоті та низьких витратах. Однак цей метод має обмеження: він не дозволяє виявити внутрішні несправності або дефекти, які важко побачити неозброєним оком [1].

Вимірювання електричних параметрів – це ключова частина діагностики, що включає контроль напруги, струму, опору ізоляції, частоти та інших характеристик. Зміни цих параметрів можуть вказувати на наявність несправностей, таких як коротке замикання, зношування ізоляції або порушення роботи обмоток. Перевагою цього методу є висока точність і можливість виявлення внутрішніх дефектів. Однак метод потребує спеціального обладнання та кваліфікації для правильного аналізу результатів.

Термографія – це метод вимірювання температури за допомогою інфрачервоних камер для виявлення перегріву в електричних машинах. Цей

метод дозволяє ідентифікувати перегрів елементів, таких як з'єднання проводів або підшипники, що може бути ознакою несправностей. Термографія є безконтактним і швидким способом діагностики, який не вимагає зупинки обладнання. Перевагою є висока чутливість до змін температури, проте вона не здатна точно визначити причину перегріву без додаткових аналізів.

Таблиця 1. Основні методи діагностики електричних машин [2].

Метод	Опис	Основне застосування
Аналіз вібрацій	Вимірювання вібрацій для виявлення механічних несправностей	Оцінка стану підшипників, ротора, дисбалансу
Тепловізійний контроль	Виявлення перегріву за допомогою інфрачервоних камер	Виявлення проблем ізоляції, контактів, навантаження
Спектральний аналіз струмів і напруг	Аналіз електромагнітних параметрів	Діагностика обмоток, коротких замикань, асиметрії
Методи неруйнівного контролю	Використання ультразвуку, рентгену, електромагнітних хвиль	Виявлення тріщин, пошкоджень корпусу та деталей
Струмовий та імпульсний аналіз	Оцінка змін характеристик електричного струму	Виявлення проблем з ізоляцією, замикань між витками

Метод вібраційного моніторингу дозволяє виявити механічні несправності в електричних машинах, такі як нерівномірний розподіл навантаження, зношування підшипників або вібрацію валів. Вібрації можуть бути виміряні за допомогою спеціальних датчиків, і їх аналіз дозволяє точно визначити місце і характер дефекту. Цей метод особливо корисний для діагностики машин, що працюють на високих обертах. Однак він потребує спеціалізованого обладнання та досвідчених фахівців для інтерпретації результатів.

Аналіз шуму є ще одним методом для виявлення аномалій в роботі електричних машин. Всі механічні несправності, як-от порушення геометрії ротора чи нерівномірний знос компонентів, можуть викликати зміну акустичних характеристик роботи машини. Використання мікрофонів та аналізаторів шуму дозволяє виявити ці зміни. Метод є простим для впровадження, але часто не дає точного визначення джерела несправності без додаткових досліджень [3].

Ультразвукові методи використовуються для виявлення внутрішніх дефектів, таких як тріщини, розшарування або порушення цілісності матеріалів. Цей метод дозволяє здійснювати детектування дефектів в обмотках, підшипниках або інших компонентах машини, які можуть бути недоступними для інших методів діагностики. Перевагою є висока точність та здатність виявляти дефекти, які не видно при візуальному огляді або інших методах. Однак застосування ультразвукових методів вимагає спеціалізованого обладнання і досвідчених операторів.

Кожен із зазначених методів має свої сильні сторони та обмеження. Для

досягнення найкращих результатів у діагностиці електричних машин часто використовуються комбінації кількох підходів, що дозволяє отримати повнішу картину стану обладнання та своєчасно виявити дефекти.

З розвитком цифрових технологій значно змінився підхід до діагностики електричних машин. Автоматизовані системи моніторингу, що включають інтегровані датчики та пристрої збору даних, дозволяють здійснювати безперервний контроль стану обладнання в реальному часі. Ці системи можуть фіксувати різноманітні параметри, такі як температура, вібрації, струм, напруга та інші важливі величини. Завдяки аналізу великих обсягів даних, зібраних в режимі реального часу, система здатна виявляти аномалії, які можуть свідчити про майбутні поломки. Прогнозна діагностика є одним із найбільш перспективних напрямків у сфері технічного обслуговування електричних машин. Замість традиційного підходу, коли діагностика проводиться лише після виникнення несправностей, прогнозні методи дозволяють на основі аналізу даних передбачити можливі поломки ще до їхнього настання. Використання алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту дозволяє обробляти великі обсяги інформації про роботу машини та прогнозувати її майбутній стан. Це дає змогу проводити профілактичні заходи та ремонти в найбільш оптимальні моменти, що знижує витрати на обслуговування та підвищує надійність обладнання. Прогнозна діагностика активно використовує великі дані (Big Data) та методи аналізу, що дозволяє враховувати величезну кількість змінних та факторів, які можуть впливати на роботу машини [4].

Інноваційні методи діагностики, зокрема цифрові технології та прогнозна діагностика, відкривають нові можливості для підвищення ефективності управління технічним обслуговуванням електричних машин. Вони дозволяють не лише збільшити надійність та термін служби обладнання, але й знизити експлуатаційні витрати, зменшити кількість аварійних ситуацій та покращити безпеку виробничих процесів. Діагностика електричних машин є важливою складовою частиною технічного обслуговування та управління виробничими процесами в промисловості. Сучасні методи діагностики дозволяють своєчасно виявляти несправності в роботі електричних машин, що дає змогу запобігти серйозним поломкам, скоротити витрати на ремонти та підвищити ефективність роботи обладнання. Приклади застосування методів діагностики в реальних умовах з використанням цих методів для визначення і усунення несправностей є наступними:

1. Візуальний огляд. Приклад з промисловості:

На одному з заводів, що виготовляє металеві конструкції, виявлено постійне зниження ефективності роботи електродвигунів в одному з цехів. Після проведення візуального огляду було виявлено зношення ізоляції на кількох проводах, а також сліди перегріву на контактних з'єднаннях. Заміна зношених проводів і з'єднань дозволила відновити нормальну роботу двигунів і знизити рівень відмов у роботі. Візуальний огляд став першим етапом діагностики, після якого були проведені додаткові заходи для оцінки стану ізоляції та електричних компонентів. Цей метод дає змогу швидко і без великих витрат виявити очевидні

дефекти, які можуть бути причиною зниження ефективності роботи машини. Візуальний огляд не дозволяє виявити внутрішні дефекти або несправності, що знаходяться всередині електричних компонентів.

2. Вимірювання електричних параметрів. Приклад з промисловості: на одному з заводів з виробництва насосного обладнання електродвигуни працювали із значними коливаннями по струму. За допомогою вимірювання електричних параметрів було виявлено підвищений опір ізоляції обмоток двигунів. Це свідчило про зношення ізоляційного матеріалу, що призводило до виникнення коротких замикань і перегріву. Після проведення заміни зношених компонентів і налаштування системи захисту двигунів, ефективність роботи була значно покращена, а кількість поломок скоротилася. Вимірювання параметрів дозволяє отримати точну інформацію про електричний стан машини, визначити можливі дефекти ізоляції, короткі замикання, а також стан контактних з'єднань.

3. Термографія. Приклад з промисловості: у великій електростанції був виявлений перегрів однієї з ліній обмоток генератора, що працює на високих обертах. За допомогою термографії було точно визначено місце перегріву та виявлено дефект в ізоляції, який призводив до місцевого підвищення температури. Вчасне виявлення перегріву дозволило уникнути серйозних поломок і знизити ризик аварії. Після ремонту ізоляції проблема була вирішена, і обладнання працює в штатному режимі. Термографія дозволяє безконтактно виявляти перегрів у різних точках електричних машин, що є важливим для запобігання пошкодженням від перегріву. Термографія не дає змоги точно визначити, що саме викликає перегрів, тому вона повинна використовуватися разом з іншими методами.

4. Вібраційний моніторинг. Приклад з промисловості: у великому цеху металургійного заводу були зафіксовані несправності у роботі одного з великогабаритних двигунів. За допомогою вібраційного моніторингу вдалося визначити, що підвищені рівні вібрацій виникали через зношування підшипників на валу електродвигуна. У результаті було проведено заміну підшипників, що значно знизило рівень вібрацій і дозволило продовжити ефективну роботу обладнання. Вібраційний моніторинг дозволяє точно виявляти механічні дефекти, які можуть призвести до серйозних поломок, особливо в частинах, що містять рухомі елементи. Метод потребує наявності спеціалізованих датчиків і може бути менш ефективним для визначення дефектів, що не викликають виражених вібрацій [5].

5. Ультразвукові методи. Приклад з промисловості: на одній з гірничодобувних шахт унаслідок регулярного використання важкої техніки стали виявлятися часті відмови електричних машин. Ультразвукова діагностика виявила приховані тріщини в матеріалі обмоток електродвигунів, які не можна було виявити за допомогою інших методів. Після ремонту і заміни частини матеріалу обмоток машина продовжила працювати без поломок. Ультразвукові методи дозволяють виявляти приховані внутрішні дефекти, такі як тріщини і пори в матеріалах, що можуть призвести до серйозних поломок. Метод вимагає спеціалізованого обладнання і досвідчених операторів для правильної

інтерпретації результатів.

Для підвищення ефективності діагностики електричних машин часто комбінують різні методи. Наприклад, вібраційний моніторинг у поєднанні з термографією дозволяє одночасно виявляти механічні дефекти та теплові аномалії. Ультразвуковий контроль допомагає локалізувати внутрішні пошкодження після первинного аналізу вібрацій.

Сучасна діагностика спрямована на автоматизацію та підвищення точності моніторингу. Розвиток сенсорних технологій, мікросенсорів і нанотехнологій дає змогу створювати більш чутливі датчики, що дозволяють контролювати температуру, вібрацію та електричні параметри з високою точністю. Впровадження таких інновацій значно знижує ризик аварійних відмов та витрати на ремонт [6].

Інтеграція великих даних і технологій штучного інтелекту (ШІ) у процеси діагностики дає можливість обробляти величезні обсяги даних, зібраних з різних сенсорів і моніторингових систем. Алгоритми машинного навчання дозволяють створювати моделі, які здатні не тільки виявляти поточні дефекти, але й прогнозувати їх появу в майбутньому. Підвищення ефективності діагностики електричних машин забезпечується шляхом створення інтегрованих систем моніторингу, які здатні одночасно відстежувати різні параметри роботи машини: електричні, механічні та термічні. Останні досягнення в області IoT (Інтернет речей) дозволяють інтегрувати датчики в єдину мережу, що забезпечує безперервний збір даних та їх аналіз у реальному часі.

Прогнозна діагностика, яка використовує аналіз даних для передбачення поломок, стає все більш ефективною завдяки розвитку новітніх алгоритмів машинного навчання та обробки великих даних. Використання таких підходів дозволяє заздалегідь планувати профілактичні заходи, що суттєво знижує ризик аварій і зупинок. Застосування цих методів дозволяє зменшити кількість непередбачених поломок і тим самим підвищити ефективність виробництва.

Впровадження новітніх технологій у діагностику передбачає автоматизацію збору даних з усіх елементів електричних машин. Використання автономних датчиків, підключених до централізованих систем моніторингу, дозволяє безперервно отримувати актуальні показники. Це не тільки покращує якість діагностики, але й звільняє людський ресурс від виконання рутинних і часозатратних завдань. Водночас автоматизація знижує ймовірність помилок, пов'язаних із людським фактором. Інтелектуальні системи, засновані на алгоритмах ШІ, дозволяють здійснювати автоматичну діагностику і прийняття рішень у реальному часі. Наприклад, система може самостійно оцінювати стан електричної машини, виявляти дефекти та навіть пропонувати варіанти їх усунення [7].

Розвиток діагностичних технологій для електричних машин відкриває нові горизонти для промисловості. Впровадження новітніх інновацій, таких як сенсорні технології, штучний інтелект, інтелектуальні системи моніторингу та автоматизація процесів діагностики, дозволяє досягти значних результатів у зниженні витрат на технічне обслуговування, зменшенні часу на реагування на

несправності та підвищенні ефективності роботи обладнання. У майбутньому ці технології дозволять створити більш надійні та безпечні виробничі процеси, знижуючи вплив людського фактору та підвищуючи автоматизацію та точність діагностики.

Висновок. Отже, огляд методів діагностики електричних машин показує, що сучасні технології дозволяють ефективно виявляти несправності на ранніх етапах, що значно знижує ймовірність серйозних поломок і знижує витрати на ремонт. Використання таких методів, як візуальний огляд, вимірювання електричних параметрів, термографія, вібраційний моніторинг, ультразвукові та інші інноваційні технології дозволяє комплексно оцінити стан обладнання та своєчасно вжити необхідних заходів для запобігання аваріям. Кожен метод має свої переваги та обмеження, і для досягнення найкращих результатів зазвичай рекомендується комбінувати кілька підходів, що забезпечує високу точність діагностики. Впровадження ефективних діагностичних технологій є критично важливим для забезпечення надійної та безпечної роботи електричних машин, що особливо актуально в умовах високих навантажень і складних експлуатаційних умов. Розвиток і вдосконалення цих методів є необхідним для підвищення рівня безпеки, зниження витрат і підвищення ефективності використання електричних машин у промисловості та інших сферах.

Список використаної літератури

1. Кухарук В.В., Ведміцький Ю.Г., Граняк В.Ф. Вимірювання параметрів обертального руху електромеханічних перетворювачів енергії в перехідних режимах роботи: монографія. Вінниця: ВНТУ. 2019. 152 с.
2. Мигаль В.Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія. Харків: Майдан. 2018. 262 с.
3. Чорний О.П. та ін. Моніторинг і діагностика електромеханічних об'єктів: навчальний посібник. Кременчуг. 2019. 122 с.
4. Чумак В.В., Цивінський С.С. Основи автоматизованого проектування електричних машин. Частина 1. Практичні заняття: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2022. 50 с.
5. Мигаль В.Д., Корогодський В.А., Воронков О.І., Нікітченко І.М. Практичні основи діагностування автомобільних двигунів: навч. Посібник. Харків: ХНАДУ. 2021. 412 с.
6. Сумцов А.В., Чигирик Н.Д., Павлюченков М.В., Калініченко В.В. Вибір методів діагностики допоміжних електричних машин електровозів постійного струму: збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2018. Вип. 180. С. 19-25.
7. Чорний О.П., Зачепа Ю.В., Титюк В.К., Чорна О.А. Моніторинг і діагностика електромеханічних об'єктів: навчальний посібник. Кременчуг. 2019. 122 с.

Павло НАВАЖАНЮК²⁰,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ АГРОТЕХНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ УНІВЕРСАЛЬНОЇ ПОСІВНО-ТУКОВОЇ СТЕРНЬОВОЇ СІВАЛКИ СЗС- 4У

***Анотація.** Сівалки є одними з найскладніших сільськогосподарських машин, оскільки виконують низку послідовних або паралельних операцій. Сучасне вирощування культур передбачає прийоми, що підвищують родючість ґрунту. Метою роботи є визначення основних агротехнічних параметрів універсальної сівалки СЗС-4У.*

***Ключові слова:** сівалка СЗС-4У, внесення добрив, стерньова сівалка, глибина загортання насіння.*

***Annotation.** Seeders are among the most complex agricultural machines because they perform a number of sequential or parallel operations. Modern crop cultivation involves techniques that increase soil fertility. The aim of the study is to determine the main agrotechnical parameters of the universal seeder SZS-4U.*

***Key words:** SZS-4U seeder, fertilizer application, stubble seeder, seeding depth.*

Вступ. Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур повинні включати практики, які покращують родючість ґрунту шляхом внесення органічних і мінеральних добрив. Стале рослинництво здійснюється за допомогою екологічно безпечних та економічно конкурентоспроможних методів ведення сільського господарства. Таких результатів можна досягти за рахунок як економічно доцільної, так і екологічно відповідальної технології землеробства, що забезпечує збереження ґрунтів [1]. Тому при проектуванні сівалки необхідно враховувати внесення добрив та мульчування ґрунту пожнивними рештками для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур. [2].

Виклад основного матеріалу. Як відомо, сівалки є найскладнішими сільськогосподарськими машинами з точки зору виконуваного технологічного процесу, оскільки включають в себе ряд послідовно або одночасно виконуваних операцій. Як правило, це такі операції: відбір насіння з бункера висівним апаратом, формування потоку насіння, що виходить з висівного апарату, транспортування насіння по трубі сівалки до сошника, формування посівної борозни і посівного ложа, укладання і розподіл насіння по борозні, закриття насіння спеціальними кришками, сошниками (дискового або долотоподібного типу), а також вирівнювання і мульчування поверхні поля.

²⁰Науковий керівник – Колісник М.А. асистент кафедри Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Кожна з операцій, в свою чергу, впливає на якість всього технологічного процесу. Врожайність досягається за рахунок оптимального поєднання кількості рослин на одиниці площі та продуктивності однієї рослини, тобто все зводиться до оптимізації розміру та конфігурації площі живлення. Таким чином, рівномірність висіву є одним з основних показників якості роботи сівалки. Підвищення врожайності обумовлено здатністю кореневої системи культури найкращим чином використовувати поживні речовини з різних горизонтів ґрунту [3].

Одним з основних методів досягнення високих врожаїв зернових культур є спосіб сівби та технологія його виконання. Сучасна світова практика створення високоефективних та адаптованих до певних кліматичних умов сівалок спрямована на підвищення ступеня суміщення технологічних операцій (багатофункціональності) сівалок [4]. Основним недоліком сучасних сівалок є недостатньо висока якість висіву, а саме, невиконання вимог щодо нерівномірності висіву між сошниками сівалки та зменшення глибини загортання насіння. Крім того, сучасні методи ведення сільського господарства вимагають постійних поглиблених досліджень сільськогосподарського машинобудування для забезпечення якісного виконання технологічних операцій, зокрема дослідження енергетичних показників сівалки [5].

Матеріали і методи Універсальна зерно-тукова стерньова сівалка СЗС-4У (рис. 1 і 2) призначена для сівби насіння зернових і зернобобових культур по мінімально підготовленому ґрунту з одночасним внесенням добрив і прикочуванням насіння в засіяних рядках. Сівалка також може використовуватися для посіву по підготовленому ґрунту, коли передні хвилеподібні диски (сошники) зафіксовані в транспортному положенні [6-7]. Сівалка СЗС-4У є гідравлічною машиною причіпного типу і може агрегатуватися з тракторами 1,4-2 тягових категорій в однонасінній комплектації та з тракторами 3-5 тягових категорій в багато насіннєвій комплектації за допомогою гідравлічних навісних пристроїв.



Рис. 1. Універсальна посівно-тукова стерньова сівалка СЗС-4У в роботі.

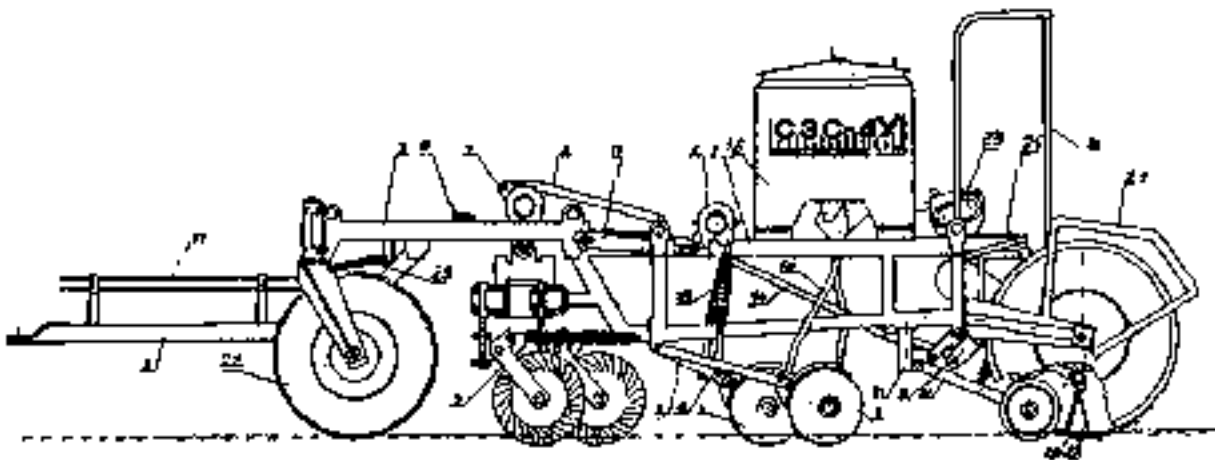


Рис. 2. Конструкція універсальної стерньової сівалки СЗС-4У:

1 - рама сівалки; 2 - рама навіски; 3 - рама сошників; 4 - сошники; 5 - сошники; 6 - головний приводний вал; 7 - вал сошників; 8 - тяга сошників; 9 - фіксатор пальця; 10 - труба висівного апарату; 11 - довгий кронштейн; 12 - короткий кронштейн; 13 - штанга сошників; 14 - підйомна тяга; 15 - задній вал; 16 - ящик для зерна і добрив; 17 - гідравлічний привід; 20 - поручень; 21 - заднє опорно-привідне колесо; 22 - переднє опорно-привідне колесо; 23 - редуктор; 24 - пристрій для регулювання поверхні; 25 - платформа; 26 - ведуче колесо; 27 - притискне колесо; 28 - кришка; 29 - пружина.

Головною особливістю сівалки є хвилеподібні диски - сошники, які дають змогу працювати на непідготовленому ґрунті (технологія нульового обробітку ґрунту) або на мінімально підготовленому ґрунті з великою кількістю пожнивних решток [8].

Методика досліджень передбачала визначення основних агротехнічних показників роботи сівалки, а саме нерівномірність загортання насіння та неточність висіву, розтріскування насіння, середню глибину загортання насіння при максимальній глибині сошників, середню глибину загортання насіння при мінімальній глибині сошників, середню глибину загортання насіння при оптимальній глибині сошників, глибину загортання добрив, кількісну частку насіння, висадженого на задану глибину, висоту зрізів борозни після проходження сівалки, кількість сходів та відносну польову схожість, а також збереження стерні та зміну вмісту ерозійно-загрозливих часточок [9-10].

Технологічний процес роботи сівалки полягає в наступному: насіння, засипане в зернові секції зерно-тукових контейнерів, і добрива, засипані в тукові контейнери, під дією сили тяжіння надходять до ящиків зерно-тукових висівних апаратів. Коли сівалка рухається з опущеними сошниками і сошниками в робочому положенні, котки зернових і тукових висівних апаратів приводяться в рух приводним колесом через редуктор. При обертанні вони захоплюють насіння і добрива, скидають їх в насінневі воронки. Насіння і добрива потрапляють в сошники через насінневі трубки, скочуються по трубці і падають на дно борозни, утворених дисками сошників в ґрунті після проходження дисків сошника. Закриття насіння і добрив відбувається за рахунок природного осипання ґрунту зі стінок

борозни. Прикочуючі котки, що йдуть за сошниками, ущільнюють ґрунт над насінням і добривами, а наступні за ними прикочуючі котки розпушують і вирівнюють верхній шар ґрунту.

Дослідження з визначення агротехнічних показників універсальної посівно-тукової стерньової сівалки СЗС-4У проводились на посівах озимої пшениці, ярого ячменю та ярої пшениці з одночасним внесенням добрив.

Умови проведення досліджень характеризувалися наступними показниками: рельєф вирівняний, мікрорельєф (поперечник) слабо виражений 1,6-2,17 см. Вологість ґрунту на глибині загортання насіння ярої пшениці становила 28,68%, ярого ячменю - 19,44%, озимої пшениці - 16,76%. Отже, вміст вологи був у межах норми (15-25%, 18-30%) і відповідає агротехнічним вимогам. Твердість ґрунту на глибині загортання насіння становила 0,280,78 МПа, що вище норми (в горизонті 0-5 см вона повинна бути в межах 0,05-0,15 МПа, а в горизонті 5-10 см - 0,15-0,45 МПа). Глибина розпушеного шару ґрунту на підготовленому ґрунті становила 12,45 см для посіву ярої пшениці, 7,56 см для посіву ярого ячменю та 8,01 см для посіву озимої пшениці [11].

Якість кришення розпушеного шару ґрунту добра, фракції розміром від 0 до 10 мм становлять до 70,38-71,07%. Бур'яни на полях були відсутні. На непідготовленому ґрунті довжина стерні озимої пшениці та соняшнику становила 22,75 см та 23,83 см відповідно, тобто відповідала агротехнічним вимогам. Таким чином, дослідження проводилися на екстремальних за твердістю ґрунтах. Решта умов відповідала агротехнічним вимогам. Основні агротехнічні показники наведені в таблиці 1.

Дослідження з визначення агротехнічних показників універсальної посівно-тукової стерньової сівалки СЗС-4У проводилися на двох швидкісних режимах. При посіві ярої пшениці сівалка працювала без сошників, при посіві ярого ячменю - без сошників, а при посіві озимої пшениці сівалка була повністю укомплектована. При налаштуванні сівалки на господарську норму висіву насіння пшениці передавальне число становило 0,616, а довжина робочого органу висівного котка - 26 мм; для насіння ячменю довжина робочого органу висівного котка становила 30 мм (максимальний отвір) при тому ж передавальному числі. Якість висіву насіння озимої пшениці, ярої пшениці, ярого ячменю та добрив при господарській нормі висіву відповідає агротехнічним вимогам [12].

Так, нерівномірність висіву насіння озимої та ярої пшениці на двох швидкісних режимах становила 2,98% і 3,04%, ярого ячменю - 2,70% і 3,00%, мінеральних добрив - 7,57% і 7,69%. Згідно з агротехнічними вимогами, нерівномірність не повинна перевищувати $\pm 5\%$ для насіння і $\pm 10\%$ для добрив. Щодо неточності загального висіву озимої та ярої пшениці 0,48% та 0,51%, ярого ячменю 0,40% та 0,48% і мінеральних добрив 1,05% та 1,21%, сівалка відповідає агротехнічним вимогам, які не повинні перевищувати $\pm 3\%$ для насіння та $\pm 10\%$ для добрив. За показником розтріскування насіння озимої та ярої пшениці 0,28%, ярого ячменю 0,16%, сівалка СЗС-4У відповідає агротехнічним вимогам, які не повинні перевищувати 0,3% показника розтріскування.

Таблиця 1. Основні агротехнічні параметри універсальної посівно-тукової стерньової сівалки СЗС-4У.

Індикатор	Значення індикатора					
Культура	Пшениця яра		Ячмінь ярий		Озима Пшениця	
Тип добрива	Аміачна селітра					
Швидкість м/с (км/год)	2,74 (9,86)	3,33 (12,0)	2,83 (10,20)	3,33 (12,0)	2,69 (9,70)	3,23 (11,6 2)
Передаточне число	0,616		0,616		0,616	
Нерівномірність висіву між агрегатами, %:						
- для зернових культур	2,98	3,04	2,70	3,00	2,98	3,04
- мінеральні добрива	7,57	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69
Похибка загального висіву, % для зернових культур	0,48	0,51	0,40	0,48	0,48	0,51
- з мінеральних добрив	1,05	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21
Розтріскування насіння, %.	-	0,28	-	0,16	-	0,28
середня глибина загортання насіння при максимальній глибині роботи сошників, мм	80,5	80,5	80,3	80,3	80,1	80,1
середня глибина загортання насіння при мінімальній глибині роботи сошників, мм	37,4	37,4	39,3	39,3	39,5	39,5
середня глибина загортання насіння при оптимальній глибині роботи сошників:						
- задана глибина, мм	40...60	40...60	40...60	40...60	40...60	40...6
- середня глибина, мм	56,5	48,9	48,0	44,3	44,5	0
- середньоквадратичне відхилення, мм	13,1	18,7	14,6	11,4	11,2	43,9
- коефіцієнт варіації, %.	23,32	38,32	30,46	25,80	27,68	12,8
глибина внесення добрив, мм	На глибину загортання насіння					
Кількісна частка насіння, заглибленого на задану глибину, ± 1 см, %.	78,4	73,3	79,3	76,5	79,0	75,2
Кількість насінин, не закритих у ґрунті, шт/кв.м. У тому числі на колії колеса сівалки	0					
Кількість саджанців, шт/кв.м.	610,0	593,0	413,3	409,75	447,7	404,0
Відносна польова схожість, %.	91,1	88,3	81,53	80,5	79,4	71,8
Висота зрізів борозни після проходження сівалки, см	2,01	2,36	3,04	2,37	3,50	2,80
Збереження стерні, %	-	-	68,12	71,39	72,38	70,48
Зміни вмісту ерозійно небезпечних часток, %.	+1,62	+1,7	+2,27	+2,36	+3,09	+2,9 4

За результатами досліджень, середня глибина загортання насіння за

максимальної та мінімальної глибини заглиблення сошників на ґрунті становила 80,5; 80,3; 80,1 та 37,4 мм; 39,3; 39,5 мм відповідно. При оптимальній глибині заглиблення сошників фактична глибина загортання насіння ярої пшениці становила 56,5 і 48,9 мм, озимої пшениці - 44,5 і 43,9 мм, ярого ячменю - 48,0 і 44,3 мм, ці дані відповідають заданій глибині посіву. Середньоквадратичне відхилення від середньої глибини висіву на різних швидкісних режимах і ґрунтах становило від 11,2 до 18,7 мм. Кількісна частка насіння, розміщеного на заданій глибині ± 1 см (компактність), змінюється залежно від швидкості від 78,4 до 73,3% для посіву ярої пшениці, від 79,3 до 76,5% для посіву ярого ячменю та від 79,0 до 75,2% для посіву озимої пшениці [13-14].

Висота зрізів борозни на швидкісних режимах при посіві ярої пшениці становила 2,01 і 2,36 см, при посіві озимої пшениці - 3,50 і 2,80 см, при посіві ярого ячменю - 3,04 і 2,37 см. Після проходження СЗС-4У на непідготовлених або мінімально підготовлених ґрунтах збереглося 68,12-72,38 відсотка (%) стерні, що відповідає агротехнічним вимогам, які передбачають не менше $65 \pm 10\%$. При цьому дещо зростає вміст ерозійно небезпечних часток - з 1,62 до 3,09%. Кількість сходів ярої пшениці за різних швидкісних режимів становила 610,0 і 593,0 шт/кв.м, ярого ячменю - 413,3 і 409,75 шт/кв.м, озимої пшениці - 447,7 і 404,0 шт/кв.м. Відносна польова схожість на ґрунті становила 91,1% і 88,3%; 81,53% і 80,5%; 79,4% і 71,8% відповідно.

Висновки. Під час експериментальних досліджень з сівби насіння пшениці озимої, пшениці ярої та ячменю ярого з одночасним внесенням добрив універсальна зерно-тукова сівалка СЗС-4У забезпечила показники якості технологічного процесу, встановлені для висівних апаратів, зокрема за показниками неточності висіву та нерівномірності висіву. За результатами досліджень середня глибина загортання насіння при оптимальній глибині заглиблення сошників для ярої пшениці становила 56,5 і 48,9 мм, озимої пшениці - 44,5 і 43,9 мм, ярого ячменю - 48,0 і 44,3 мм, ці дані відповідають заданій глибині висіву. Середньоквадратичне відхилення від середньої глибини висіву на різних швидкісних режимах і ґрунтах становило від 11,2 до 18,7 мм. Висота зрізів борозни на швидкісних режимах для посіву ярої пшениці становила 2,01 і 2,36 см, для посіву озимої пшениці - 3,50 і 2,80 см, для посіву ярого ячменю - 3,04 і 2,37 см. Після проходження СЗС-4У на непідготовлених або мінімально підготовлених ґрунтах збереглося від 68,12 до 72,38 відсотків стерні, що відповідає агротехнічним вимогам. Таким чином, можна зробити висновок, що універсальна посівно-тукова стерньова сівалка СЗС-4У відповідає всім агротехнічним вимогам та заявленим показникам при посіві озимої пшениці, ярого ячменю та ярої пшениці з одночасним внесенням добрив.

Список використаної літератури.

1. Yang, X.; Chen, X.; Yang, X. Canadian Journal of Soil Science: scientific journal. 2019. №99 (1). P. 92-99.
2. Пархоменко Г., Пархоменко С. Зберігання і переробка зерна: посібник. 2017. №1(209). С. 55-60.

3. Пришляк В.М. Механізація в сільському господарстві: навчальний посібник. 2017. №2. С. 82–86.
4. Мельник І., Склір П. Механізація в сільському господарстві і переробка ресурсів: міжнародний науковий журнал. 2019. №3. С. 85–87.
5. Burton G., Shend D., Cambell C. Geotechnique Letters: journal. 2014. №4(2). С. 88–93.
6. Пархоменко Г., Пархоменко С. Інновації в сільському господарстві: журнал. 2016. №3(18). С. 40–47.
7. Медведєв В., Словінська-Юркевич А., Брік М. Грунтознавство: посібник. 2012. №13(1-2). С. 5–22.
8. Пархоменко Г., Пархоменко С. Праці ГОСНИТИ: посібник. 2016. №122. С. 87–91.
9. Konrad J., Lebeau M. Canadian Geotechnical Journal: scientific journal. 2015. №52(12). P. 2067-2076.
10. Gao Y., Sun D., Zhu Z., Xu Y. Acta Geotechnica: manual. 2018. P. 1–12.
11. Демчу Е., Сабієв Ю., Мяло В., Чупін П., Коваль В. Трактори і сільськогосподарські машини: посібник. 2019. №3. С. 12–18.
12. Parkhomenko G., Kambulov S., Ольшевська А., Babadzhanyan A., Gucheva N., Механцева І. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: scientific journal. 2019. P. 403.
13. Semenikhina Ju., Kambulov S., Parkhomenko G., Boyko A., Пономарева С., Шведова С., Koltso A., Tsybenko E. E3S Web of Conferences: manual. 2020. P. 175.

Daria PAVLYUK²¹,
4th year students,
Faculty of Engineering and Technology,
Vinnytsia National Agrarian University,
Vinnytsia, Ukraine.

FARM OF THE FUTURE: SOLAR ENERGY AS THE KEY TO ENERGY- INDEPENDENT AGRICULTURE

Annotation. *Modern agriculture increasingly requires sustainable and energy-efficient solutions, and solar energy is becoming a key tool for achieving energy independence for farms. The article discusses the advantages of using solar panels in agriculture, the principle of their operation and the prospects for implementation in Ukraine.*

Key words: *solar energy, renewable agriculture, solar panels, agrophotovoltaics, green energy.*

²¹Scientific advisor – Burlaka S.A., Ph.D., Associate Professor, Department of Engineering Mechanics and Technological Processes in the Agricultural Complex.

Анотація. Сучасне сільське господарство все більше вимагає стійких та енергоефективних рішень, а сонячна енергія стає ключовим інструментом для досягнення енергетичної незалежності ферм. У статті розглянуто переваги використання сонячних панелей у сільському господарстві, принцип їх дії та перспективи впровадження в Україні.

Ключові слова: сонячна енергетика, енергонезалежне сільське господарство, сонячні панелі, агрофотовольтаїка, зелена енергетика.

Introduction. Every year, the need for energy-efficient and environmentally friendly technologies in agriculture becomes more and more urgent. Traditional energy sources, such as diesel fuel and electricity from central networks, are becoming more expensive and less accessible, especially for farms in remote regions. At the same time, the development of solar energy opens up new opportunities for farmers, allowing not only to reduce electricity costs, but also to make farms more autonomous and environmentally friendly. [1]

This article presents how solar panels help farmers achieve energy independence, what are their main advantages, the principle of operation and development prospects in Ukraine. Particular attention is paid to the latest technologies, such as agrophotovoltaics, which allows combining electricity production and crop cultivation.

Presentation of the main material. In recent decades, the world has been experiencing a trend of abandoning traditional energy sources and switching to alternative ones. Responsible business, understanding the importance of preserving the environment, is trying to minimize the negative impact of its activities on the environment.

Already today, thousands of companies in the world are taking decisive steps towards greening their production. One of the dominant trends is the transition to the production and use of alternative energy. Our state also joins the global process of transformation of the electricity sector, annually increasing the capacity of renewable energy sources. In particular, solar energy has been extremely popular in Ukraine in recent years. Our state has significant opportunities for the further development of renewable energy sources.



Fig. 1. Use of renewable energy sources: solar panels, wind turbines and power grids in modern agriculture.

Development and current state of solar energy in Ukraine.

Solar energy is a relatively new industry in Ukraine. At the same time, its

development rates are extremely high, compared to other sectors of the domestic economy. Thus, according to the results of 2021, solar energy in Ukraine accounted for more than 5% of total electricity production.

The entire territory of our state is suitable for the location of solar power plants. At the same time, the most favorable for this are the southern regions of Ukraine (Odessa, Mykolaiv, Kherson, Zaporizhia and part of Donetsk regions, the Autonomous Republic of Crimea), where today more than 60% of industrial solar power plants are concentrated. As of the end of 2021, the total capacity of solar power plants was 6320 MW (excluding those located in temporarily occupied territories).[4]

In recent years, our country has had one of the highest rates of solar energy development in Europe. However, the invasion of the aggressor has caused significant damage to the industry. Two-thirds of solar power plants in Ukraine are located in the south, where active hostilities are currently taking place. According to various estimates, more than 30% of solar power plants in the occupied territories, which is approximately 1120-1500 MW of installed capacity, have been destroyed. In addition, more than 25% of non-industrial (private) solar power plants have been destroyed.

Prospects for the development of the solar energy industry in Ukraine.

The development of solar energy in Ukraine in the coming years has been made impossible by the invasion of the aggressor. Therefore, it is extremely important to develop a strategy for the restoration of the industry at the state level. In general, to return solar energy to the pre-war level, it is necessary to make several effective decisions:

- direct funds from various funds to restore infrastructure;
- encourage investments in the construction of new solar power plants;
- provide preferential conditions for access to markets for industry companies

.[3]

for the sale of electricity already functions in Ukraine . Thanks to electronic auctions held in the trading system of the Ukrainian Energy Exchange, producers and suppliers can sell electricity on clear terms and market prices, which are formed on the basis of real demand and supply.



Fig. 2. Map of the most powerful solar power plants in Ukraine (according to Ukrinform).

Solar Energy in Agriculture. Agricultural solar energy, also known as agricultural solar energy, refers to the use of solar energy technology in agricultural operations to generate electricity and meet the energy needs of farms and agricultural facilities. This sustainable energy solution involves installing solar panels on farmland or agricultural buildings to harness sunlight and convert it into electricity using photovoltaic cells.

A solar power plant for an agricultural enterprise is an opportunity to generate additional income by attracting land that is unsuitable for agricultural use. Previously empty, unused areas are excellent for installing solar power plant equipment.[6].

However, installing a solar power plant does not mean that the land becomes completely unsuitable for agricultural work. There are several options for combining:



Fig. 3. Example of agrophotovoltaics: solar panels on a farm and use of the territory for grazing livestock.

- The space between the mounts can be planted with actively flowering plants and an apiary can be installed on the territory of the solar power plant - the operation of the photovoltaic plant is absolutely safe and harmless to bees[2].

- Solar panel mounts can be mounted at a height that leaves room for grazing poultry (ducks, geese) and small livestock. Experience with farm solar power plants in the USA and Switzerland shows that sheep can be used for grazing - they do not damage the equipment (unlike much more aggressive goats), and by eating the grass, they solve the problem of shading the solar panels.

- Agrovoltaics – the possibility of combining the cultivation of agricultural products and the generation of solar electricity – is being actively studied. Already, the work of European and American scientists shows that the installation of solar panels on the land used for planting crops has a positive effect on their yield. Thanks to the shade created, the evaporation of moisture from the soil is reduced, so the plants develop better.

Other advantages of solar power plants for farmers include:

- The ability to position oneself as a producer of organic products with a minimal carbon footprint is especially important for exporters of products to the European market.

- The solar power plant has no negative impact on the environment, so all products retain their environmental friendliness. It has been established that the installation of solar panels on the ground does not affect the microclimate of the soil, its composition remains the same, there are no conditions that would promote the development of fungi, mold, etc.

- Ease of operation – the entire electricity generation process is fully automated, so there is no need to hire additional workers.

- Long period between maintenance of the solar power plant.

- Variability of solar power plant installation – it is possible to install solar panels on the ground or on the roof of livestock complexes, warehouses and other buildings.

- After the solar power plant is no longer in operation or is relocated to another location, the soil remains suitable for further use for its intended purpose.

-



Fig. 4. solar panels, power grids in modern agriculture.

How does a solar power plant work? The main component of a solar power plant is a solar panel. Solar panels consist of many photocells, in which energy is generated. Sunlight falls on the element, causing a complex physical and chemical reaction (the so-called photoelectric effect). As a result, the panel generates a direct electric current, which then enters the inverter, which converts the current into alternating current. Further distribution of energy depends on the type of solar station. There are 3 main schemes of station construction:

1. Network;
2. Autonomous;
3. Hybrid.

Let's consider the principle of operation of various types of solar power plants.

How does a grid-connected solar power plant work?

In this case, the principle of operation of the solar power plant is as follows:

- Solar panels convert solar energy into direct current and transmit it to an inverter; [7].

- The grid inverter inverts the direct current into alternating current and feeds it into the company's general grid. Surplus energy generated that has not been used is transferred to the external grid and sold at a "green" tariff.

The principle of operation of hybrid solar power plants. The principle of operation of hybrid solar power plants is based on a combination of network and autonomous station equipment. The equipment of such a solar power plant allows you to generate electricity, store it in batteries, and after full charging, redirect it to the general network and sell it at a "green" tariff. This option is the most universal and allows the owner to forget about network outages forever and gain independence from electricity tariffs. At the same time, this is the most expensive type of solar station when installed.[5].

Solar energy in the agricultural sector.

- Agrovoltatics is a combination of agriculture and solar energy. The panels are installed so that crops can grow underneath them, and farmers receive both the harvest and electricity.

- Shading for plants – solar panels can reduce soil overheating and reduce moisture evaporation, which is beneficial for growing some crops, especially in arid regions.

- Charging equipment – farmers use solar energy to power irrigation pumps, electric shepherds, greenhouse monitoring systems, and even electric tractors.

- Solar panels and livestock – in hot regions, farmers install solar panels in their fields to create shade for their livestock, which increases their comfort and productivity.

- Cost reduction – using solar energy helps farmers reduce electricity and fuel costs, making farms more profitable.

- Honey farms and solar power plants – solar power plants are often combined with the cultivation of honey plants, creating favorable conditions for bees and other pollinating insects.

- crop dryers – Farmers use solar energy to dry fruits, vegetables, grains, and herbs without the need for gas or electricity.

- Mobile solar stations - small portable solar installations allow you to charge equipment in the field without connecting to the power grid.

- Income generation – farmers can sell excess energy to the general grid, receiving additional income.

- Durability – solar panels can last 25-30 years with minimal maintenance, making them a worthwhile investment for farmers.

Solar energy is the future of sustainable agriculture, allowing for resource conservation, increased yields, and reduced environmental impact.[8]



Fig. 5. Example of solar panel placement.

Conclusions. Solar energy is already transforming from a promising idea into a real tool for increasing the efficiency and energy independence of Ukrainian agriculture. In the face of rising prices for traditional energy sources and constant instability in energy markets, farms are increasingly turning to alternative energy sources, in particular solar panels. This allows you to significantly reduce costs, stabilize production processes, protect yourself from energy crises and at the same time take care of the environment.

Installing solar power plants on agricultural enterprises not only contributes to savings, but also paves the way for sustainable development and an innovative approach to farming. Agrophotovoltaics is especially promising - a combination of electricity production and crop cultivation on the same area. This allows for the most efficient use of land and energy resources at the same time.

So, solar energy is not just a modern trend, but an important component of the farm of the future. It gives Ukrainian farmers the opportunity to be independent, competitive, environmentally responsible and ready for the challenges of tomorrow. The transition to solar technologies is not only about energy, it is about a development strategy and a confident investment in a stable and successful future of Ukrainian villages.

References

1. Solar energy industry in Ukraine: electronic resource. Access mode: <https://www.ueex.com.ua/presscenter/news/galuz-sonyachnoi-energetiki-v-ukraini/> (call date 13.02.2025).
2. Solar power plants for the agricultural sector: practical application: electronic resource. Access mode: <https://avenston.com/services/commercial-pv/applications/agro/> (call date 15.02.2025).
3. The most powerful solar power plants in Ukraine: infographics: electronic resource. Access mode: https://www.ukrinform.ua/rubric-other_news/2887951-najpotuznisi-sonacni-elektrostantsii-ukraini-infografika.html (call date 19.02.2025).
4. Agricultural energy sources: electronic resource. Access mode: <https://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8367-silskohospodarski-dzherela-enerhii.html> (call date 23.02.2025).
5. The principle of operation of a solar power plant: electronic resource. Access mode: <https://delaenergy.systems/articles/princzip-roboti-sonyachno%D1%97-elektrostantsii%D1%97/> (call date 26.02.2025).
6. Solar energy – a farmer’s assistant: myth or reality?: electronic resource. Access mode: <https://solarsystem.com.ua/sonyachna-energiya-pomichnyk-fermera-mif-chy-realnist/> (call date 28.02.2025).
7. Solar power plants for farms: electronic resource. Access mode: <https://www.solargarden.com.ua/sonyachni-elektrostantsiyi-dlya-fermerskyh-gospodarstv/> (call date 05.03.2025).
8. Solar energy: medium-term prospects 2022–2026: electronic resource. Access mode: <https://aw-therm.com.ua/sonyachna-energetika-serednostrokovyi-perspektivi-2022-2026/> (call date 10.03.2025).

9. Construction of private solar power plants: electronic resource. Access mode: <https://www.pa.ua/produkti-ta-poslugi/budivnictvo-privatnih-ses/> (call date 13.03.2025).

Богдан ПЕРХАЙЛО²²,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ВИКОРИСТАННЯ РОЗУМНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СУЧАСНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

***Анотація.** У статті розглядається використання розумних технологій у сучасному землеробстві, зокрема систем точного землеробства, дронів, сенсорних мереж, штучного інтелекту та великих даних. Визначено їх вплив на підвищення врожайності, оптимізацію використання ресурсів і зменшення екологічного навантаження.*

***Ключові слова:** розумні технології, сільське господарство, точне землеробство, автоматизація, агродрони, моніторинг ґрунту.*

***Annotation.** The article discusses the use of smart technologies in modern agriculture, including precision farming systems, drones, sensor networks, artificial intelligence and big data. Their impact on increasing yields, optimizing resource use, and reducing environmental impact is determined.*

***Key words:** smart technologies, agriculture, precision farming, automation, agrodrone, soil monitoring.*

Вступ. Сучасне сільське господарство перебуває на етапі цифрової трансформації, що зумовлено необхідністю підвищення ефективності виробництва, зниження витрат і зменшенню саме негативного впливу на середовище. Традиційні методи ведення землеробства вже не здатні повною мірою задовольнити зростаючі потреби населення у продовольстві, особливо в умовах змін клімату, виснаження природних ресурсів та глобальних економічних викликів. У зв'язку з цим усе більшу популярність набувають розумні технології, які забезпечують інноваційні підходи до вирощування сільськогосподарських культур.

Розумні технології в сільському господарстві охоплюють значний спектр новацій, зокрема, Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI), роботизовані системи, автоматизовані засоби моніторингу й контролю, а також цифрові платформи, спеціально розроблені для аграрного сектору. Вони дозволяють у

²²Науковий керівник – Труханська О.О., кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

режимі реального часу контролювати стан ґрунту, рівень вологості, кількість поживних речовин і прогнозувати можливі ризики для врожаю. Завдяки цьому фермери можуть своєчасно ухвалювати рішення щодо догляду за посівами, внесення добрив, поливу та боротьби зі шкідниками, що сприяє раціональному використанню ресурсів і підвищенню продуктивності.

Одним із ключових напрямів застосування розумних технологій є точне землеробство, яке базується на використанні супутникових знімків, дронів та сенсорних систем. Це дає можливість отримувати детальну інформацію про стан посівів, прогнозувати врожайність і знижувати витрати на агротехнічні заходи. Крім того, автоматизовані системи управління сільськогосподарською технікою, включаючи безпілотні трактори й комбайни, дозволяють скоротити витрати на паливо та трудові ресурси.

Таким чином, впровадження розумних технологій у землеробство є важливим кроком до підвищення продуктивності агросектору, екологічної сталості та енергозбереження. У цій статті розглянуто основні інновації, їхні переваги та перспективи розвитку в сучасному сільському господарстві.

Виклад основного матеріалу. В умовах швидкого прогресу сучасного аграрного сектору, перед нами відкривається дивовижна трансформація, зумовлена передовими технологіями. На передньому краю цієї революції перебувають безпілотні літальні апарати (БПЛА) та новаторські платформи, на зразок Farmout, котрі кардинально змінюють наше ставлення до точного землеробства. Занурюючись у цю захоплюючу сферу, ми дослідимо, як ці досягнення не тільки перетворюють сільське господарство, а й відкривають двері до більш стійкого та продуктивного майбутнього [1].

Рослинництво належить до галузей, де рішення ухвалюються за умов невизначеності й неточності вхідних даних. Агрономічні рішення щодо оптимізації живлення та удобрення культур є серед найскладніших. Для швидкого аналізу великих обсягів інформації інженери використовують математичне моделювання та інтелектуальні системи. Цей підхід може бути застосовано і в сільському господарстві. Отже, для ухвалення необхідних рішень при створенні технологічних карт (і навіть безпосередньо в полі) інноваційним напрямком є впровадження технологій ШІ [2].

Попри те, що Україна наразі лідирує у світі за темпами впровадження новітніх технологій в аграрному секторі, цифрова агрономія (ЦА) не демонструє такого ж швидкого поширення. Великі агропідприємства та фермери середньої руки мають у розпорядженні передову закордонну техніку від визнаних світових брендів. Варто підкреслити, що в цілому з забезпеченням сільського господарства сучасною технікою на сьогодні немає значних перепон. Усі технологічні процеси, як правило, здійснюються згідно з встановленими строками. Основні зусилля аграріїв сконцентровані на зменшенні собівартості робіт, оскільки досягнення поставленої мети в цій сфері напряму впливає на успіх у виробничій конкуренції за рахунок передових прогресивних технологій.

Точне землеробство, підхід до сільськогосподарського управління, що базується на спостереженні, вимірюванні та реагуванні на варіації рослинності

як між полями, так і в їх межах, орієнтується на технології БПЛА. Це партнерство радикально змінює підхід до моніторингу врожайності, аналізу ґрунту та управління ресурсами [4].

Впродовж останніх років інтеграція інформаційних технологій у сільське господарство призвела до кардинальної зміни методів обробки сільськогосподарських культур та управління полями. Ці технології суттєво трансформували підходи до ведення сільськогосподарської діяльності, зробивши її більш прибутковою, ефективною, безпечною та зручною. Серед передових інновацій у сільському господарстві, які вже здобули визнання серед фермерів є наступні:

- Геоінформаційні системи (ГІС) у сільськогосподарському секторі та GPS-сільське господарство;
- Супутникові зображення;
- Безпілотні літальні апарати (БПЛА) та аерозйомка;
- Впровадження ІТ-технологій для сільськогосподарських підприємств та онлайн-інформація;
- З'єднання масивів даних.

В результаті, сучасні фермерські господарства зазнають відчутної користі від стрімкого розвитку інформаційних технологій. До цих переваг належать: скорочення споживання води, поживних речовин та добрив; зведення до мінімуму негативного впливу на навколишнє середовище; зменшення хімічного стоку у місцеві ґрунтові води та річки; підвищення продуктивності, зменшення витрат та багато іншого. Таким чином, бізнес стає фінансово привабливим, інтелектуальним і екологічно стійким.

Проте, рівень використання найсучаснішого обладнання все ще лишається на низькому (а часом навіть на критично низькому) показнику, коливається між 65–80%. Сучасна техніка наповнена передовими системами діагностики, контролю та автоматичного управління. Але трапляється, що не багато фермерів знають, якими важливими функціями вже володіють їхні машини. Через необізнаність щодо їх використання, вони марно переплачують кошти певним дилерам, котрі не мають кваліфікованого персоналу, здатного навчити аграріїв та продемонструвати на практиці широкий спектр можливостей придбаної техніки [6].

За останні роки концепція «розумного фермерства» здобула значну популярність. Алгоритм його реалізації такий: збір даних – аналіз інформації – ефективне рішення – контроль, із застосуванням цифрових технологій та спеціалізованого програмного забезпечення на кожному етапі. Інновації проникають у всі аспекти сільськогосподарської діяльності: безпосередньо обробіток землі, логістика, управління.

У сільському господарстві вже зараз активно реалізуються різноманітні ініціативи, націлені на раціональне використання ресурсів та пристосування до змін клімату. Більше двох третин опитаних вже розширили свій сівозмінний план, і ще приблизно п'ята частина планує впровадити зміни. Понад половина вже використовує способи економії дизельного палива, а ще 40% мають на меті

їх застосування. Внесення добрив з врахуванням особливостей конкретної земельної ділянки вже практикують у 38% фермерських господарств, тоді як 40% планують перехід на таку практику. Управління водними ресурсами вже стало нагальною задачею для третини респондентів, а 40% відчуватимуть потребу у відповідних діях в майбутньому.

Точне землеробство (precision agriculture) – це перший, ключовий крок до впровадження розумного фермерства. Суть точного землеробства полягає в таких принципах. Земельний масив поділяють на окремі однорідні ділянки, зважаючи на їхні ґрунтові характеристики. Обробіток – зрошення, внесення органічних та мінеральних добрив – виконується відповідно до потреб кожної ділянки за допомогою модернізованої сільськогосподарської техніки, щоб уникнути подвійних проходів чи пропусків на землі. У результаті досягається оптимальне удобрення ґрунту, стабільна врожайність незабруднених хімічними речовинами культур, економія ресурсів, завдяки зменшенню витрат добрив, води, палива, посівного матеріалу, засобів захисту рослин [7].

Оскільки земельні ділянки визначаються географічним розташуванням, ГІС карти надзвичайно вигідно застосовувати в контексті точного землеробства. Застосовуючи геоінформаційні системи в сільському господарстві, землевласники можуть скласти візуалізацію поточних та передбачуваних змін у розподілі опадів, показниках температури, рівні врожайності, стані рослин та інших параметрах. Це також відкриває можливості для використання GPS-додатків, що сумісні з "розумними" технологіями, з метою оптимізації внесення добрив і засобів захисту рослин. Фермери можуть уникнути необхідності обробляти усю площу, зосереджуючись на певних ділянках, що призводить до економії фінансів, зусиль та робочого часу.

Іншим суттєвим плюсом ГІС технологій в аграрному секторі є застосування супутників та дронів для збору корисної інформації про рослинний покрив, властивості ґрунту, метеорологічні умови та топографію з висоти пташиного польоту. Отримані дані значно підвищують обґрунтованість рішень, що приймаються у процесі сільськогосподарського виробництва [4].

У світі агротехнологій Farmonaut постає піонером, надаючи передові супутникові рішення для управління сільськогосподарськими угіддями. Поєднуючи передові технології з інформацією, яка базується на даних, Farmonaut робить точне землеробство більш доступним та практичним для фермерів по всьому світі.

Звернімо увагу на деякі ключові технології та послуги, які пропонує Farmonaut [1]:

- Супутниковий моніторинг стану рослин: застосовуючи мультиспектральні супутникові зображення, Farmonaut забезпечує фермерів важливою інформацією про стан рослинності (NDVI), рівень вологості ґрунту та інші критичні показники.

- Консультаційна система Jeevn AI: цей інструмент, керований штучним інтелектом, надає індивідуальні поради фермерам, аналітику в режимі реального

часу та експертні стратегії управління врожаєм, сприяючи підвищенню продуктивності та ефективності ферми [5].

- Відстеження продукції на основі блокчейну: інтеграція блокчейну Farmonaut забезпечує прозорість та безпеку в усьому ланцюжку постачання сільськогосподарської продукції, від лану до споживача.

- Управління автопарком та ресурсами: інструменти оптимізації використання сільськогосподарської техніки та логістики, допомагаючи агробізнесам знизити операційні витрати.

- Вуглецевий слід: відстеження викидів в реальному часі дає змогу підприємствам контролювати та зменшувати свій вплив на навколишнє середовище, підтримуючи стаке сільське господарство.

DroneDeploy – це програмне забезпечення, яке використовується для створення аерофотознімків. Воно надає можливість автоматичного планування польотів дронів, повністю без втручання оператора. Це критично важливо для точного та правильного позиціонування дрона та його камери, що необхідне для фіксації зображень досліджуваних об'єктів.

DroneDeploy широко використовується в сільському господарстві, зокрема для автоматичного обльоту полів з використанням дронів DJI. Щоб створити цілісну карту поля (ортофотоплан) для подальшого аналізу, необхідно правильно позиціонувати дрон під час кожного фотографування. Це включає в себе висоту польоту, перекриття фотографій – як поздовжнє, так і поперечне. Також важливим є якість отриманих зображень, зокрема роздільна здатність фотографій, яка визначається кількістю сантиметрів на піксель. Для кожної окремої місії обльоту потрібно налаштовувати відповідні параметри [6].

Приклади сценаріїв застосування:

- аналіз вегетаційних індексів;
- оцінка врожайності;
- виявлення ознак стресу у рослин;
- ідентифікація бур'янів тощо.

Щоб спростити моніторинг сільськогосподарських ділянок, в EOS створили EOSDA Crop Monitoring – цифрову платформу, що базується на супутниковому спостереженні. Це пришвидшує процес ухвалення рішень аграрієм, запобігаючи пропуску ключових моментів обробки полів. Ось основні функції, доступні на платформі:

- Моніторинг врожайності дозволяє застосовувати Нормалізований різницевий вегетаційний індекс (NDVI) для стеження за станом сільськогосподарських культур. Цей індекс використовується для відстеження рівня хлорофілу у рослинах, що надає інформацію про їхнє здоров'я. Більші значення NDVI вказують на більш здорову рослинність, адже чим вищий вміст хлорофілу в рослині, тим здоровішою вона є.

- Ще одним ключовим елементом передової інноваційної технології в аграрному секторі, яка реалізована в EOSDA Crop Monitoring, є програма Scouting. Цей застосунок доступний як для мобільних пристроїв, так і для настільних комп'ютерів, і використовує цифрові мапи полів. Завдяки цьому

програмному рішенню, фермер може призначити скаутам декілька завдань всього кількома кліками. Додавання поля, розташування позначки, формування задачі – все дуже просто. Після призначення завдання, скаут вирушає прямо до визначеного місця і здійснює огляд проблемних зон, контролює наявність шкідників, проводить заходи з боротьби з бур'янами та миттєво фіксує дані в застосунку. Це дозволяє зосереджуватися на проблемних ділянках тільки тоді, коли це дійсно необхідно, що економить час для прийняття оперативних профілактичних рішень.

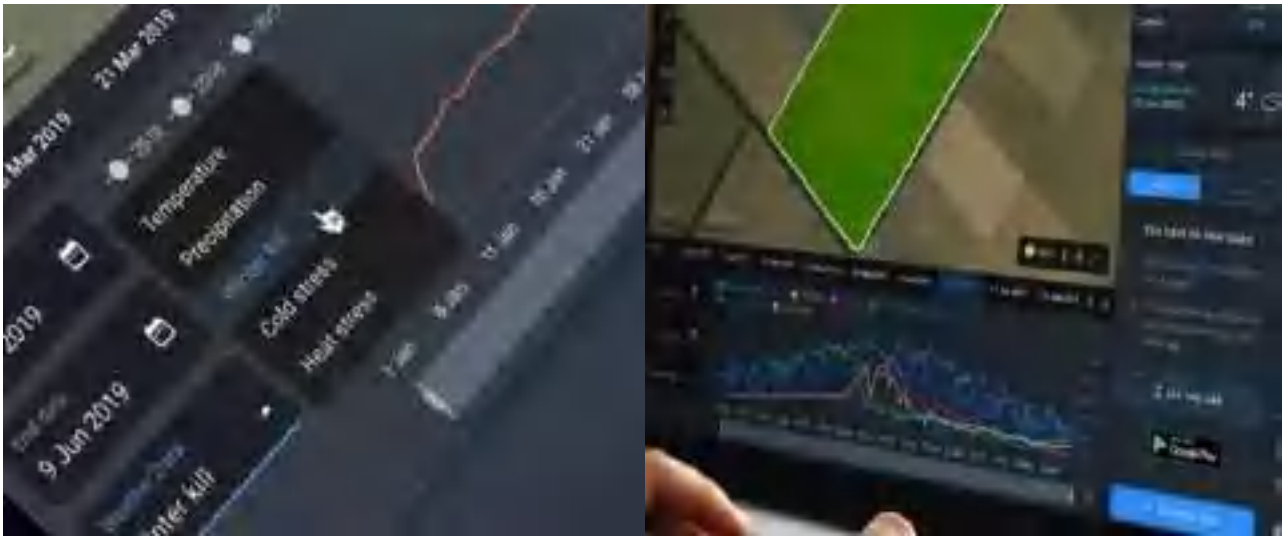


Рис. 1. Інтерфейс програми EOSDA Crop Monitoring для полегшення моніторингу полів.

- Аналіз погоди як передова технологія в сільському господарстві. Зіставляючи метеорологічні показники з даними про стан посівів, отриманими із супутників, аграрії здатні з точністю визначати потребу в зрошенні, а також мінімізувати ризики, пов'язані з екстремальними температурами – морозами або спекою. Приміром, один з найефективніших способів боротьби з посухою – це крапельний полив із застосуванням автоматичного чи ручного контролю за клапанами, завдяки чому фермер може подавати необхідну кількість води на ті ділянки, що цього найбільше потребують.

- Найбільшим плюсом EOSDA Crop Monitoring є використання супутникових зображень. Це дозволяє аналізувати стан сільськогосподарських угідь або конкретних ділянок, швидко отримуючи важливу інформацію. Таким чином, вдається прискорити процес реагування та приймати обґрунтовані рішення стосовно: які культури висівати, коли проводити збір врожаю, як ефективно планувати роботи на майбутній сезон, скільки поживних речовин та добрив використовувати, і багато інших аспектів.

На даний момент існує дуже багато різного програмного забезпечення, яке дозволяє контролювати абсолютно всі операції та агротехнічні заходи, які проводяться у полі. Також актуальності набувають системи, які контролюють розташування техніки, віддалений контроль процесу роботи в полі і тому подібне [3].

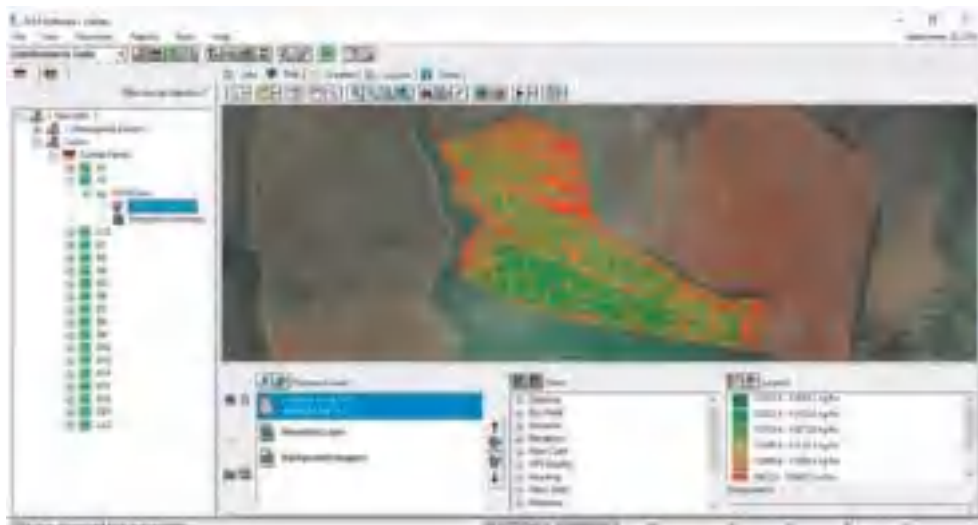


Рис. 2. Фрагмент інтерфейсу цифрової платформи Trimble Desktop Software.

Зазираючи у прийдешнє сільське господарство, очевидно, що взаємодія безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та новаторських платформ, як-от Farmonaut, матиме вирішальне значення у трансформації методів точного землеробства. Переваги такого співробітництва [8]:

- Підвищення продуктивності: забезпечуючи більш точну та своєчасну інформацію, аграрії можуть приймати рішення, що базуються на фактах, раціоналізуючи використання ресурсів та збільшуючи загальну ефективність господарства.
- Екологічно збалансовані підходи: точне землеробство, що підтримується БПЛА, може сприяти сталішим сільськогосподарським практикам, зменшуючи негативний вплив аграрної діяльності на природу.
- Збільшення врожайності: завдяки покращеним можливостям контролю та управління фермери можуть розраховувати на збільшення врожаю та покращення якості виробленої продукції.
- Зниження затрат: попри можливі первинні витрати на технології, довгострокові вигоди точного землеробства здатні призвести до значної економії на вхідних ресурсах.
- Ухвалення рішень на основі даних: велика кількість інформації, що генерується БПЛА та платформами, дозволяє аграріям приймати обґрунтовані рішення, опираючись на реальні дані.

Висновок. Впровадження розумних технологій у сучасне землеробство є важливим напрямом розвитку аграрної промисловості, що сприяє підвищенню ефективності такого виробництва, зниженню витрат ресурсів і мінімізації негативного впливу на довкілля. Використання Інтернету речей (IoT), штучного інтелекту, дронів, автоматизованих систем моніторингу та управління дозволяє аграріям отримувати точні дані про стан посівів, ґрунту та кліматичних умов у режимі реального часу. Це надає шанс оперативно приймати вмотивовані рішення, удосконалювати використання води, добрив та засобів захисту рослин, що сприятливо позначається на врожайності та економічній результативності сільськогосподарського виробництва.

Технології точного землеробства дають змогу не лише знизити втрати врожаю та покращити якість продукції, а й зробити аграрну діяльність більш екологічно сталою. Використання безпілотної техніки та автоматизованих систем управління сприяє скороченню витрат на паливо та трудові ресурси, що є важливим фактором для розвитку сільськогосподарських підприємств.

Отже, розумні технології відкривають нові сучасні можливості для підвищення продуктивності агросектору, зменшення залежності від природних ресурсів і покращення екологічної ситуації. Подальший розвиток цифрових технологій у землеробстві дозволить створити більш адаптивні, ефективні та сталий аграрні системи, що відповідатимуть викликам сучасного світу.

Список використаної літератури

1. Революція сільського господарства: як технології БПЛА та Farmonaut формують майбутнє точного землеробства: веб-сайт. URL: <https://farmonaut.com/precision-farming/revolutionizing-agriculture-how-uav-technology-and-farmonaut-are-shaping-the-future-of-precision-farming/> (дата звернення 11.02.2025).
2. Цифрові технології у землеробстві: проблеми та перспективи: веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com/ua/cyfrovi-tehnologiyi-u-zemlerobstvi-problemy-ta-perspektyvy> (дата звернення 16.02.2025).
3. Сучасні Технології В Сільському Господарстві: веб-сайт. URL: <https://eos.com/uk/blog/suchasni-tekhnohii-v-silskomu-hospodarstvi/> (дата звернення 23.02.2025).
4. Калашнікова Т.В., Калашніков А.О., Мартіянова М.П. “Цифрове землеробство” як інструмент сталого розвитку. *Економіка та суспільство*: електронний журнал. 2022. Вип. №37. 7 с.
5. Гера О.В. Упровадження системи розумного фермерства в Україні. *Science and Education a New Dimension. Природничі та технічні науки*: науковий журнал. 2018. Вип. 172, №6(20). С. 10-12.
6. Холодюк О. В. Глобальні навігаційні супутникові системи та їх роль у технологіях точного землеробства. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. Вінниця. 2020. № 2 (109). С. 71-87.
7. Перхайло Б.П. Використання навігаційних систем у сільському господарстві. *Сільськогосподарські науки: збірник студентських наукових праць*. 2024. № 2(14). С. 302-308.
8. Розумне землеробство, зелені технології та зміна принципів роботи. Про що говорять на Agritechnica 2023: веб-сайт. URL: <https://agroportal.ua/news/mir/rozumne-zemlerobstvo-zeleni-tehnologiji-ta-zmina-principiv-roboti-pro-shcho-govoryat-na-agritechnica-2023> (дата звернення 23.03.2025).

Ігор ПОСВАЛЮК²³,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ НАЗВ ТА АБРЕВІАТУР АВТОМОБІЛІВ І ЇХ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН

Анотація: У статті досліджено історію виникнення назв і аббревіатур автомобілів та їх складових частин. Проаналізовано походження найвідоміших автомобільних брендів, що відображають імена засновників, географічні назви, технічні характеристики або маркетингові стратегії. Розглянуто особливості формування скорочень

Ключові слова: аббревіатури, історія назв, автомобілебудування, технічні скорочення, еволюція термінології.

Annotation: The article explores the history of the names and abbreviations of cars and their components. The origin of the most famous automotive brands is analyzed, reflecting the names of founders, geographical names, technical characteristics or marketing strategies. The peculiarities of the formation of abbreviations widely used in the automotive industry.

Key words: abbreviations, history of names, automotive industry, technical abbreviations, evolution of terminology.

Вступ. Автомобільний світ існує більше сотні років, і за цей час сформував власний мовний ландшафт, багатий на назви брендів, моделей та технічних складників. Ці імена та скорочення виконують не лише рекламну функцію, але й слугують дзеркалом для історичних подій, технічного прогресу, культурних відмінностей різних країн, а також особистих цілей тих, хто заснував компанії. Вивчення їхнього коріння дає змогу краще розуміти тренди автомобільного ринку, логіку присвоєння назв та їх вплив на те, як їх сприймає споживач.

Назви автомобільних марок можуть виникати з різних джерел: вони можуть бути пов'язані з іменами засновників (Ford, Honda), географічними об'єктами (Chevrolet Tahoe, Hyundai Tucson), відображати основні технічні характеристики (Audi Quattro, Volkswagen TDI) або бути результатом ретельної маркетингової стратегії (Lexus, Acura). Також широко застосовуються аббревіатури, які спрощують складні технічні терміни та роблять їх більш зрозумілими для споживачів. Наприклад, скорочення ABS (Anti-lock Braking System) означає систему антиблокування гальм, а DOHC (Dual Overhead Camshaft) вказує на конструктивну особливість двигуна.

Важливу роль у формуванні назв та аббревіатур відіграють національні

²³Науковий керівник – Рябошапка В.Б., кандидат технічних наук, старший викладач кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

звичаї та мовні особливості. Наприклад, у німецьких автомобілях часто використовуються логічні та чіткі позначення (BMW 750iL, Mercedes-Benz C300), тоді як японські компанії нерідко надають назвам символічних значень (Mazda – від імені давньоперсидського бога мудрості Ахура-Мазди). Американські та європейські бренди теж часто звертаються до образів природи або динаміки, щоб асоціювати їх із потужністю, швидкістю або комфортом (Ford Mustang, Nissan Skyline).

Отже, дослідження назв та аббревіатур в автомобільній сфері є цікавим та важливим аспектом, що дозволяє глибше зрозуміти особливості розвитку галузі та маркетингові стратегії автовиробників. Вивчення цього питання сприяє не тільки підвищенню технічної обізнаності, а й кращому розумінню культурних, історичних та економічних тенденцій, які впливають на світовий автомобільний ринок.

Виклад основного матеріалу. Історія автомобіля бере свій початок у XVIII столітті, коли світ вперше побачив парові машини, створені спочатку для військових цілей. Прагнення до машин сприяло розвитку інновацій, що набрали обертів від початку XIX ст., й тривало протягом усього XX століття. В цей період з'явилися двигуни внутрішнього згоряння, системи повного приводу, технології впорскування пального, механічні гальмівні системи, коробки передач, а також електромобілі. Спочатку не затребувані, вони майже пішли в забуття, допоки на зорі XXI століття знову не виринула необхідність у екологічно дружньому транспорті. Автомобілі зайняли чільне місце у перевезенні людей та здобули світове визнання, значною мірою завдяки потугам автовиробників з так званої "Великої трійки" (Ford, GM, Chrysler). [1].

Перша фабрика з виготовлення авто була відкрита 1888 року у Німеччині Карлом Бенцом, а також у Франції - за ліцензією Бенца, Емілем Роже. Не бракувало й інших виробників, зокрема творці трициклів Рудольф Егг, Едвард Батлер та Леон Болле. До 1900 року почалось масове виробництво автомобілів у Франції та США.

Першою компанією, котра зосередилась винятково на автомобілебудуванні, стала французька «Panhard & Levassor» у 1889 році. Вона ж вперше використала чотирициліндровий двигун. За два роки з'явився «Peugeot». Напередодні XX століття в Західній Європі спостерігався активний розвиток автомобільної галузі, зокрема, у Франції. 1903 року там було вироблено 30 204 автомобілі, що становило 48,8 % від загальносвітового обсягу. Перший автомобіль Центральної Європи, Nesselndorf Präsident, зійшов з конвеєра чеської компанії «Nesselndorfer Wagenbau» (перейменованої пізніше на Tatra) в 1897 році.

У Сполучених Штатах Америки, у 1893 році, брати Дюреа – Чарльз та Френк – заснували фірму "Duryea Motor Wagon Company", котра стала першою американською компанією, що спеціалізувалась на автомобілях. Але справжнім піонером автомобільної індустрії вважався Ренсом Елі Олдс з його компанією "Olds Motor Vehicle Company", широко відомою як "Oldsmobile". У 1902 році його підприємство відкрило широкомасштабну поточкову лінію, яка суттєво

прискорила виробництво. Другою значущою компанією, що активно займалася серійним виробництвом, була "Thomas B. Jeffery Company". Вони випустили та продали 1 500 автомобілів марки Rambler, що становило близько шостої частини загального обсягу виготовлених легкових машин у Штатах.

Того ж таки 1902 року компанії, як от Cadillac ("Henry Ford Company"), Winton ("Winton Motor Carriage Company") та Ford ("Ford Motor Company"), теж виготовляли машини тисячами. А от фірма The Autocar Company, заснована ще у 1897 році, подарувала світу цілий ряд інновацій, що використовуються й сьогодні. До речі, ця компанія й досі залишається найстарішим виробником автомобілів на американському континенті. [2].

Протягом кількох років сотні підприємств із західних країн почали випускати авто, оснащені дивовижною кількістю різноманітних технологічних рішень. Парові, електричні й бензинові машини змагалися між собою десятиліттями, аж доки в 1910-х роках двигуни внутрішнього згоряння на бензині не здобули визначальне становище.

У 1898 році Луї Рено інтегрував на шасі De Dion-Bouton приводний вал та диференціал із конічними шестернями, що дозволило створити «перший в історії хот-род». Цей винахід надав можливість Луї та його братам закріпитися у автомобільній індустрії. З огляду на відсутність усталених стандартів щодо архітектури транспортних засобів, типу кузовів, застосовуваних матеріалів та керування, інновації з'являлися з неймовірною швидкістю та без будь-якої системи. Значна частина тогочасних авто мали румпель замість звичного керма, до того ж більшість з них їздили з однією-єдиною швидкістю. Ланцюговий привід був значно поширенішим за карданний вал, а закриті кузови були майже унікальними. Починаючи з 1902 року Renault став обладнувати свої авто барабанними гальмами. А вже наступного року голландський виробник «Spyker» розробив перший у світі повнопривідний спортивний автомобіль [1].

Протягом всього історичного шляху, автомобіль зазнав кількох "еволюційних" перетворень. Наприклад, парові та електромобілі справедливо вважаються свідченням раннього періоду розвитку транспортних засобів. За ранньою епохою настав етап "Ветеранів". Саме у цей період почали з'являтися такі легендарні марки, як Mercedes, а також Panhard et Levassor (1889 рік), слідом за якими, через два роки, світ побачив Peugeot.

Відомо, що напередодні XX століття автомобілебудівна галузь Європи переживала справжній розквіт, особливо яскраво це проявилось у Франції. Хоча і Сполучені Штати не відставали. Проте, в епоху "Ветеранів" автомобіль сприймався радше як атрибут розкоші, а не як утилітарний засіб пересування. Виробництво автомобілів ще не було поставлене на достатній рівень, що часто призводило до поломок, а якісні дороги, придатні для експлуатації машин, фактично були відсутні. Незважаючи на зростаючий попит на автотранспорт, паливо було доволі складно дістати. Машина, яка прослужила більше шести місяців, вже майже не мала цінності, адже конвеєрне виробництво набирало обертів. І все ж, сталася подія, яка наочно продемонструвала практичну цінність автомобіля. Йдеться про дружину видатного Карла Бенца, яка на авто пододала

відстань у 106 кілометрів, практично не зазнавши труднощів [4].



Рис. 1 Приклади перших автомобілів на початку створення і в процесі еволюції.

Щодо назв автомобілів, деякі торгові марки вплітають в свої найменування імена чи прізвища людей, що стоять біля витоків. Інші вдаються до каламбурів чи різноманітних аббревіатур. Скажімо, скорочення слів, котрі мають безпосереднє відношення до сфери діяльності підприємства. Разом з тим, окремі компанії можуть похвалитися назвами з багатим історичним підґрунтям, що пояснюють, звідки пішла відома сьогодні назва. Також існують ті, що отримали свої назви на честь старовинних міфів або ж конкретного різновиду товарів [3].

Італійський бренд Ferrari зародився у 1939 році, завдяки Енцо Феррарі, проте перший справжній автомобіль під цією назвою – модель 125 S – з'явився у 1947 році. Енцо зосереджувався на розробці спортивних машин, що з часом набули статусу легендарних.

Японська Toyota спочатку не мала відношення до авто, стартувавши як підприємство з виготовлення ткацьких верстатів. Лише у 1937 році постала компанія Toyota Motor Corporation, яка невдовзі перетворилася на одну з найбільш відомих автомобільних компаній світу.

Бренд Ford бере початок у 1903 році, коли його заснував Генрі Форд. Марка прославилася впровадженням потокового виробництва, що суттєво знизило ціни на машини, зробивши їх доступними для широких верств населення.

Баварський BMW починався як виробник двигунів для авіації, працюючи у часи Першої світової війни. Коли закінчилася Друга світова війна, компанія почала випускати автомобілі, поступово ставши одним із лідерів на ринку елітних авто.

Компанія Mercedes-Benz бере свій початок у кінці XIX століття, коли Карл Бенц та Готліб Даймлер працювали над розробкою перших автомобілів. Об'єднання підприємств Бенца та Даймлера у 1926 році стало початком народження бренду Mercedes-Benz [6].

Найвідоміші автомобільні бренди здобули славу не лише завдяки своєму минулому, а й інноваційним стратегіям та інтеграції передових технологій у виробництво. Проаналізуємо, які саме новації та технологічні рішення пропонують ці виробники у світі авто [4]:

Заснована Ілоном Маском у 2003 році, Tesla виступила першопрохідцем у сфері електромобілів та безпілотного транспорту. Tesla працює над вдосконаленням системи автопілоту та іншими технологіями, що мають на меті знизити обсяги шкідливих викидів.

Марка Audi добре відома своїми розробками системи повного приводу quattro, що гарантує відмінне зчеплення з дорожнім покриттям при будь-яких погодних умовах. Окрім того, Audi активно зосереджена на інтеграції систем штучного інтелекту та технологій автономного водіння.

Японський виробник Toyota став відомим завдяки впровадженню гібридних технологій, зокрема з моделлю Prius, яка стала легендою. Toyota також інвестує в розробку водневих технологій та систем безпілотного керування.

Баварський бренд BMW працює над створенням саме високоефективних ДВЗ, систем безпілотного водіння та інтелектуальних технологій управління. Також BMW інвестує у розвиток інновацій у лінійці електрокарів.

Марка Porsche також відома своїм витонченим дизайном та інженерними досягненнями. Компанія активно розвиває електричні та гібридні технології, а також вдосконалює системи безпеки та управління транспортними засобами.

Ці автомобільні бренди продовжують дивувати світ своїми інноваціями та передовими технологіями, які стимулюють розвиток автомобілебудування та підвищують рівень безпеки та ефективності автомобілів.

Автовиробники послуговуються різними кодами для ідентифікації типів машин, прикладом чого є LCV, SUV та MPV. Ці скорочення передають ключові властивості й мету кожного окремого класу автомобілів. Розподіл ґрунтується на європейських та американських нормах, враховуючи параметри, на кшталт колісної бази, місткості салону та типу кузова[4].

Типи легкових автомобілів:

MC (Mini Cars) - це малогабаритні транспортні засоби, створені переважно для пересування у межах міста, де внутрішній простір не перевищує 2,4 кубічних метри. Типовим представником цього класу є автомобіль марки Smart. Відповідно до європейської класифікації, вони належать до категорії А.

SC (Small Cars) - Невеликі легкові авто з об'ємом салону від 2,4 до 2,83 кубічних метрів. Ці автомобілі класифікуються як клас В за європейською класифікацією. Наприклад: Volkswagen Polo, Hyundai Accent.

CC (Compact Cars) - Компактні автівки з об'ємом салону у межах від 2,84 до 3,11 кубічних метрів, що відносяться до європейського класу "С". Серед найвідоміших моделей: Volkswagen Golf та Ford Focus.

LC (Larger Cars) - Середньорозмірні автомобілі з об'ємом салону 3,12-3,25 куб. м. В Європі відповідають класу D. Приклади: Volkswagen Passat, BMW 3-ї серії.

EC (Executive Cars) - Автомобілі бізнес-класу, які мають місткість салону від 3,26 до 3,4 кубічних метрів, традиційно визначаються як європейський клас "Е". Серед представників цього сегменту – Toyota Camry, Mercedes-Benz Е-класу.

FSC (Luxury Cars) - Розкішні або повнорозмірні автомобілі з салоном

понад 3,5 куб. м. Це лімузини і їх подовжені версії: Mercedes-Benz S-класу, Audi A8.

Позашляховики, фургони та комерційний транспорт:

SUV (Sport Utility Vehicles) - Позашляховики, розроблені для їзди по бездоріжжю та подолання складних перешкод. Ці автомобілі, відомі як SUV, класифікуються за розмірами на наступні типи:

- Compact SUV – кросовери компактного класу (Nissan Qashqai, BMW X1).

- Mid-size SUV – середньорозмірні позашляховики (Volkswagen Tiguan, Audi Q5).

- Full-size SUV – великі позашляховики (Chevrolet Tahoe, Toyota Land Cruiser).

- MPV (Multi Purpose Vehicles) - Багатофункціональні транспортні засоби, зокрема мінівени та пасажирські фургони. Вони характеризуються просторим кузовом, що ідеально підходить як для транспортування пасажирів, так і для перевезення вантажів. Приклад: Volkswagen Transporter.

- LCV (Light Commercial Vehicle) - Легкі комерційні автівки — це машини, що сконструйовані для доставки різноманітних вантажів. Характерним є наявність вантажної платформи або кузова, який розташований поза кабіною водія. До таких авто належать пікапи, невеликі фургони та вантажівки, що мають масу до 3,5 тонн.

Сучасні автомобілі оснащені великою кількістю технологічних рішень, які сприяють покращенню безпеки, комфорту та продуктивності. Для позначення цих систем використовуються спеціальні аббревіатури, що дають змогу компактно та зрозуміло передавати інформацію про їхню функціональність [5]:

1. Системи активної безпеки.

- ABS (Anti-lock Braking System) – антиблокувальна система гальм, вона запобігає блокуванню коліс під час екстреного гальмування, що дозволяє водію зберігати керуваність автомобіля.

- ESP (Electronic Stability Program) – електронна система стабілізації, яка допомагає запобігти заносам, коригуючи гальмівні зусилля окремих коліс.

- EBD (Electronic Brakeforce Distribution) – система електронного розподілу гальмівних зусиль, яка підлаштовує гальмування для ефективнішого розподілу навантаження.

- TCS (Traction Control System) – система контролю тяги, яка зменшує пробуксовку коліс під час розгону.

2. Двигун та трансмісія.

- DOHC (Dual Overhead Camshaft) – двигун з двома верхніми розподільними валами, що забезпечує кращу продуктивність та ефективність.

- TDI (Turbocharged Direct Injection) – дизельний двигун з турбонаддувом та безпосереднім впорскуванням пального.

- CVT (Continuously Variable Transmission) – безступенева трансмісія, яка забезпечує плавний розгін без перемикань передач.

– AWD (All-Wheel Drive) – система повного приводу, яка розподіляє потужність між всіма колесами для покращеного зчеплення з дорогою.

3. Системи комфорту та допомоги водію.

– ACC (Adaptive Cruise Control) – адаптивний круїз-контроль, який автоматично підтримує безпечну дистанцію до автомобіля попереду.

– PDC (Park Distance Control) – система контролю паркування, яка допомагає водієві уникати перешкод за допомогою датчиків.

– HUD (Head-Up Display) – проекційний дисплей, який виводить інформацію на лобове скло для зручності водія.

– LKA (Lane Keeping Assist) – система утримання автомобіля в смугі руху, яка коригує кермове управління, якщо водій ненавмисно відхиляється від смуги.

4. Освітлення та оглядовість.

– LED (Light Emitting Diode) – світлодіодне освітлення, яке забезпечує яскравіший і довговічніший світловий потік.

– DRL (Daytime Running Lights) – денні ходові вогні, які покращують видимість автомобіля вдень.

– AFS (Adaptive Front-lighting System) – адаптивна система переднього освітлення, яка змінює напрямок світлового потоку залежно від повороту керма.

Це не весь перелік таких систем, оскільки таких систем є дуже багато і з кожним роком вони покращуються. Також відбувається впровадження новітніх технологій для покращення безпеки водія, систем керування та керованості тощо.

Висновок. Назви автомобільних брендів, моделей та їхніх складових частин мають глибоке історичне та лінгвістичне коріння. Вони можуть відображати імена засновників, географічні назви, технічні характеристики або маркетингові стратегії компаній. Аналіз цих назв і аббревіатур дозволяє не лише простежити еволюцію автомобільної промисловості, а й зрозуміти тенденції в найменуванні транспортних засобів.

Абревіатури, які широко використовуються в автомобільній індустрії, відіграють важливу роль у спрощенні та стандартизації термінології, що сприяє зручності сприйняття інформації. Такі позначення, як ABS, TDI, DOHC та інші, не тільки відображають технічні особливості автомобілів, а й допомагають споживачам робити усвідомлений вибір.

Таким чином, вивчення назв і скорочень у автомобілебудуванні є важливим аспектом, який дозволяє краще розуміти історію галузі, її розвиток і вплив на світову культуру. Це не лише частина технічної грамотності, а й ключ до глибшого усвідомлення того, як автомобільні компанії позиціонують себе на ринку та взаємодіють зі своїми споживачами.

Список використаної літератури

1. Історія

автомобіля.

Веб-сайт.

URL:

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8F (дата звернення 20.02.2025).

2. Як виробники вигадують імена своїм авто — цікаві факти. Веб-сайт. URL: <https://omega.ua/bez-rubriki-uk/iak-vyrobnyky-vyhaduiut-imena-svoim-avto-tsikavi-fakty> (дата звернення 28.02.2025).

3. Історія створення і розвитку автомобіля. Веб-сайт. URL: <https://avtobusorenda.com.ua/istoriya-stvorenniya-rozvytku-avtomobilya/>

4. Класифікація автомобілів за категоріями та аббревіатурами. Веб-сайт. URL: <https://centr-avto.com.ua/news/klasyfikatsiya-avtomobiliv-za-kategoriayamy-ta-abreviaturamy/> (дата звернення 05.03.2025).

5. ABS, ESP, TDI, DSG та інші - що означають автомобільні аббревіатури. Веб-сайт. URL: <https://uk.avtotachki.com/abs-esp-tdi-dsg-i-drugie-chto-oznachayut-avtomobil-nye-abbreviatury/> (дата звернення 13.03.2025).

6. Цікаві факти про знамениті автомобільні марки. Веб-сайт. URL: <https://mindscope.biz.ua/czikavi-fakty-pro-znameniti-avtomobilni-marky/> (дата звернення 20.03.2025).

Maryna SHYNKARUK²⁴

4th year student,
Faculty of Engineering and Technology,
Vinnytsia National Agrarian University,
Vinnytsia, Ukraine.

INTEGRATION PROCESSES IN THE AGRICULTURAL SECTOR

Annotation: *Integration processes in the agricultural sector play a key role in improving production efficiency, competitiveness and sustainability of agricultural enterprises. The article analyzes the main forms of integration, their impact on economic development and prospects for cooperation within the agro-industrial complex.*

Key words: *agroindustrial integration, agricultural holdings, modernisation, agricultural production, inclusive development.*

Анотація. *Інтеграційні процеси в аграрному секторі відіграють ключову роль у підвищенні ефективності виробництва, конкурентоспроможності та стійкості аграрних підприємств. Стаття аналізує основні форми інтеграції, їх вплив на економічний розвиток та перспективи співпраці в межах агропромислового комплексу.*

Ключові слова: *агропромислова інтеграція, агрохолдинги, модернізація, сільськогосподарське виробництво, інклюзивний розвиток.*

Introduction: The agricultural reform facilitated the transition from a system of state-planned regulation to new principles of self-regulation in a market environment.

²⁴Науковий керівник – Ніщак І.В., асистент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

However, this transition proved to be unsuccessful, as the measures taken led to a decline in key production and technological indicators in the agricultural sector, including a reduction in sown areas, livestock numbers, and the production of milk and meat [1, 2].

The negative consequences of the reform resulted in serious socio-economic disruptions, such as the mass bankruptcy of agricultural enterprises and a decline in the standard and quality of life in rural areas [3, 4]. Many former agricultural complexes and industrial enterprises that acted as integrators but were not directly related to agriculture ceased to exist, as their owners abandoned assets in the agricultural sector, considering them unprofitable [4].

The crisis in agricultural enterprises was exacerbated by an unfavorable macroeconomic situation and factors related to the inefficiency of agricultural economic management. The disintegration of organizational and economic relations between agribusiness partners, structural imbalances within the sector, and other negative trends weakened the financial stability of both agricultural and processing enterprises [5].

The reduction of state support further aggravated the problem of technological and economic fragmentation among agricultural, processing, service, and trade enterprises. As a result, the agro-industrial complex fell into a deep economic crisis, making it difficult for its key components to function properly. There is now an urgent need to develop effective measures to counteract these negative trends and restore the sustainable operation of agricultural production and processing sectors [5].

One of the key directions for transitioning to sustainable development in the agricultural sector is utilizing the potential of agro-industrial integration, which is based on a combination of organizational, technological, economic, and informational mechanisms. In modern conditions, integration plays a crucial role in structuring the economy and ensuring interaction between business entities. However, its potential in the agricultural sector remains underutilized, as it lacks a fundamental component—intersectoral production cooperation.

Presentation of main material. The emergence and development of agro-industrial enterprises and associations is the most important objective element in the process of establishing the agro-industrial complex in the country's economy. The basis of this process is the deepening of social division of labor, which requires the development of intersectoral production cooperation.

The industrial-territorial agro-industrial complex represents the organic unity of technically, technologically and economically interconnected agricultural enterprises processing agricultural raw materials, providing technical and transport services, producing production equipment, etc. It is an active process of deepening specialization, increasing concentration and intensification, cooperating and combining production of agricultural raw materials and industrial products.

The complexes themselves are not single units. The agrarian-industrial complexes formed at the previous stages were not industrial. Agricultural production was not transferred to the base of large-scale machine production. Farms were not

specialized. There was no direct relationship between the participants. As a result, many agro-industrial complexes were unstable, not effective.

Only with the achievement of a certain level of development of economic sectors, the combination of agriculture and industry can create an objective opportunity and need for the consistent implementation of tasks of integrating industries and enterprises. Thus, only at a certain stage of development of agro-industrial complexes does it become possible to create inter-branch enterprises and associations.

At the end of the 1990s, the trend towards agricultural enlargement through the formation of agricultural holdings intensified. Vertically integrated structures (agricultural holdings) increased the volume of agricultural production, make it possible to restructure financial, industrial and technological foundations of enterprises in various industries.

The unstable financial situation, the worn-out material and technical base, the irrational organization of production, the low level of management and the labor economy did not allow the enterprises to perform their own production and financial activities and forced them to look for ways out of the crisis by creating integrated agro-industrial formations.

The impasse was exacerbated by the lack of opportunities to obtain investment funds from the regional and state budgets, as well as from credit institutions. Due to the low level of production, volumes and quality of products, sale problems arose. The integrator, possessing financial resources, invests in the creation of an agricultural holding and creates the technical and technological foundations for the development of agricultural production on a new platform. At the final stage, agricultural holdings contribute to the regular investment in villages, modern equipment, technologies.

Ukraine's agri-food sector is developing rapidly, and its importance for the country's economy is growing. In 2019, the share of agri-food in total exports from the country was already 44.6%. A record \$22.4 billion worth of products were shipped outside the country. [6]. According to the Institute of Agrarian Economics, in 2019, the largest exports of grain (56.7 million tons) and sunflower oil (6.1 million tons), as well as a number of other products, were recorded in the country's history. The leading role in the quantitative and qualitative development of the agro-industrial complex is played by agro-industrial holdings, which occupy a consistently high share in the production of major products and cultivate 26.7% of the country's land (Table 1).

In 2007, there were 18 agro-industrial holdings in Ukraine, in 2017 - 93, and in 2018 their number decreased to 85 companies [7]. According to V.G. Andriychuk and I.S. Sas, “an agro-industrial holding is a processing corporate enterprise that owns, uses, and disposes of holding corporate blocks of shares, units, or stocks of two or more agricultural enterprises; such a holding may also include subsidiary processing enterprises and subsidiaries of other profiles (sales, trading, etc.)” [8]. Agricultural holdings demonstrate high efficiency of economic activity, higher yields due to the use of innovative technologies and organizational solutions, and high labor productivity. However, the reasons for the dominance of agro-industrial holdings in Ukraine and their potential for building an inclusive development system require more detailed research. The formation and development of agro-industrial holdings has been quite

dynamic in recent decades, driven by mergers and acquisitions, land bank over-concentration, and the formation of a unified financial system to attract credit resources on more favorable terms. The formation of agro-industrial holdings accelerated in 2005-2008, when, on the basis of capital inflows, including credit resources, more powerful holdings acquired agricultural firms and increased their land bank.

Table 1. Performance indicators of agro-industrial holdings of Ukraine.

Indicators	2011 year	2017 year	2018 year
Land bank of agro-industrial holdings, thousand hectares	5,1	5,95	5,61
Share of land in the use of agro-industrial holdings	23,1%	28,3%	26,7%
Wheat production by agro-industrial holdings, million tons.	5,1	6,1	5,2
The share of agro-industrial holdings in wheat production	22,0%	23,3%	21,2%
Corn production by agro-industrial holdings, million tons	8,6	9,3	13,2
The share of agro-industrial holdings in corn production	56,5%	37,6%	36,9%
Barley production by agro-industrial holdings, million tons.	0,9	0,8	0,7
The share of agro-industrial holdings in barley production	9,5%	9,5%	9,5%
Sunflower production by agro-industrial holdings, million tons	1,4	2,8	3,2
The share of agro-industrial holdings in sunflower production	16,1%	22,5%	22,6%

Agricultural holdings were formed on the basis of extractive institutions, when one part of the market had access to cheap credit resources (including European banks), while the other part was in less favorable conditions and could not take advantage of favorable market conditions. The main reasons for the dominance of agro-industrial holdings in Ukraine are minimization of transaction costs due to the scale of production, efficient product distribution within the corporation when processing raw materials of own production. Thus, higher added value is generated, and surplus agricultural products are sold in Table 1. This is exemplified by the activities of MHP, which is one of the largest exporters of sunflower oil without specializing in its production. For MHP, sunflower oil is a by-product of sunflower processing into poultry feed. There is another reason for the dominance of agro-industrial holdings: they use the latest management technologies and, thanks to their greater financial resources, are able to attract the most qualified employees in the market who better understand the interests, have a strategy and actively develop their corporations. Agribusiness holdings are cohesive and have a political lobby that defends their interests. At the same time, small and medium-sized agricultural producers are less united and have a poorer understanding of their economic interests, and are unable to attract highly professional staff. Experiencing a staff shortage and implementing less efficient management decisions, they are in a less favorable position. This whole

process only widens the technological gap between large and small and medium-sized agricultural producers. In the study of agro-industrial holdings, some authors focus on the advantages, while others describe in detail the disadvantages and negative impact on the agro-industrial complex. In our opinion, the formation and development of agro-industrial holdings is positive in the context of ensuring food security, access to international markets and export growth. The negative impact of agro-industrial holdings on the agricultural sector begins where monopoly positions are formed and abused to the detriment of small market participants, such as farmers and family farms. While agreeing with the positive impact of agro-industrial holdings on the development of the agricultural sector, ensuring Ukraine's food security, and attracting foreign exchange earnings, it should be emphasized that the experience of other countries, such as Argentina, shows that concentration on large-scale commodity production has certain disadvantages. First of all, it should be realized that small farms, including family-type farms, are an important link in the formation of a comprehensive balanced system of agricultural development. Powerful agro-industrial holdings are also interested in such development, as family farms can fill niches that are less attractive for large-scale producers for various reasons. The economies of scale in the agricultural sector have certain limitations. In our opinion, the use of this effect has reached its maximum level, and therefore, further improvement of the efficiency of agro-industrial holdings requires the implementation of new models of growth and development. Inclusive development of the agro-industrial sector means ensuring equal business opportunities for enterprises of different sizes, types and scales. Decentralization has become an important step towards inclusiveness, with local communities determining how to use their finances and manage their own assets. However, it is necessary to strengthen these processes and involve agro-industrial holdings in them. In our opinion, the formation of a system of inclusive development of the agricultural sector will have a number of positive economic effects. In particular, the level of investment in human capital will increase based on building effective cooperation between local authorities of communities and agricultural enterprises of various levels. We can also expect local communities to become self-sufficient, which will reduce the social burden on agro-industrial holdings. The strategic goal is not to increase budget subsidies for vulnerable groups of the population, but to create conditions where they can earn their own living through active economic activity. This will have a positive impact on local community budgets and increase funding for socially important projects. State support for the formation of a system of inclusive development of the agro-industrial sector should include stimulating partnerships between agroholdings and smaller enterprises, creating new food markets, and providing access to credit resources and information. Conclusions from this study.

Conclusion: As we can see, agro-industrial holdings have a positive impact on the Ukrainian economy in the context of ensuring food security, access to international markets, and export growth. However, the emergence and successful development of agro-industrial holdings in Ukraine was largely due to the use of extractive institutions, access to credit and material resources, cohesion, and political lobbying. In our opinion, given the limited possibilities for further extensive growth and the exhaustion of the

resource base of rural areas, the continued active participation of agro-industrial holdings in building an inclusive development system is objectively justified. The prospect of further research on this topic is to formulate a methodology for the formation of a system of inclusive development of the agro-industrial sector.

References

1. Zhang, H.; Wu, D. The Impact of Rural Industrial Integration on Agricultural Green Productivity Based on the Contract Choice Perspective of Farmers. *Agriculture* 2023, 13, 1851.
2. DeBoe, G. "Impacts of agricultural policies on productivity and sustainability performance in agriculture: A literature review", *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, 2020 No. 141, OECD Publishing, Paris. URL: <https://doi.org/10.1787/6bc916e7-en> (date of access: 14.03.2025).
3. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). *Agro-Industrial Parks*. URL: ipp.unido.org (date of access: 14.03.2025).
4. Zieliński, M., & Krzyżanowska, K. *The Impact of Transformational Changes on the Socio-Economic Development of Rural Areas in Poland*. *Agriculture*, 2021. 11(5), 403. URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture11050403> (date of access: 15.03.2025).
5. Food and Agriculture Organization (FAO). *Socio-economic Context and Role of Agriculture: Haiti*. . URL: openknowledge.fao.org (date of access: 15.03.2025).
6. Ukraine exported nearly \$22.5 billion worth of agricultural products in 2019. URL: <https://mind.ua/news/20207895-ukrayina-eksportuvalaproduktiv-apk-na-rekordni-majzhe-225-mlrd-v-2019-roci> (date of access: 15.03.2025).
7. 8 agricultural holdings closed in Ukraine. *Delo*. URL: <https://delo.ua/business/v-ukraine-zakrylis-8-agroholdingov-355218/> (date of access: 16.03.2025).
8. Andriychuk V. G., Sas I. S. Concentration in the agrarian sector of the economy: problematic aspects: *monograph*. Kyiv: KNEU, 2017. 303 P.

Дмитро ЗУБАТЕНКО²⁵,

4th year student,
Faculty of Engineering and Technology,
Vinnytsia National Agrarian University,
Vinnytsia, Ukraine.

MODERNIZATION OF THE ELECTRONIC COMPRESSED AIR HEATER FOR THE COATING DEVICE

Annotation. *In the study and selection of autonomous power generating equipment for a farm, an autonomous power supply system using renewable energy*

²⁵Науковий керівник – Гайдамак О.Л., к.т.н., доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

sources is considered. In the course of designing the power supply system for the farm under consideration, a climatic analysis of the region where the farm is located was made.

Key words: Wind turbine, inverter, battery, diesel generator.

Анотація. У роботі дослідження та вибір автономного електрогенеруючого обладнання для фермерського господарства розглянута система автономного електропостачання за допомогою відновлювальних джерел енергії. В ході виконання робіт з проектування системи електропостачання розглянутого господарства, було зроблено кліматичний аналіз регіону розташування фермерське господарство.

Ключові слова: вітрогенератор, інвертор, акумулятор, дизельний генератор.

Introduction. Currently, global investment in unconventional energy has increased. The market for renewable energy sources is developing rapidly.

There are farms that are significantly remote from settlements and rural power grids. This forces them to use autonomous power plants for their power supply. The current situation in the electricity supply of farms increases the prospects for the use of renewable energy sources.

For farms remote from power lines, the most acceptable option is autonomous power supply. Autonomous electricity consumers are also found in large sheep and cattle breeding sites, foresters' houses, etc.

When considering Vinnytsia region, it was shown that wind is one of the promising energy sources. However, the uneven supply of energy from wind sources and its low density create significant difficulties in the use of renewable energy sources.

Thus, the development of methods for forming autonomous power supply systems based on renewable energy sources, taking into account isolation from other energy sources, is one of the important areas [1. 2].

The purpose of the presented work is to develop an autonomous power supply system for a farm with backup power from diesel generator devices.

Presenting main material. When choosing a wind turbine, it is important to choose the right location. When choosing a place to install a mast for a wind power plant, the following conditions must be taken into account: high average annual wind speed in a given area; absence of high obstacles on the leeward side at a distance determined by the height of the obstacle.

Recommendations for choosing an installation location [3]:

- the axis of the wind turbine must be located 10 m above any obstacles within a radius of 100 m;
- open spaces;
- in hilly terrain - on the windward side;
- in mountainous areas - on mountain passes, on gentle, treeless slopes; - places with concave relief should be avoided, as well as places near forests, residential buildings and industrial facilities that may prevent the unhindered approach of air

masses to the wind power plant.

The power of a wind farm is proportional to the cube of the wind speed. The location for installing a wind farm is selected taking into account the highest wind speed.

Factors to consider when choosing a mast location [4]:

a) Braking near the ground: the wind decreases near the ground and this effect is amplified if the surface is uneven.

b) Turbulence: occurs behind buildings, trees, ridges, etc.

c) Acceleration of the flow on the tops of hills, ridges, etc.

All wind turbines are based on the same principle – they are used to convert wind energy into mechanical energy and then into electrical energy. Figures 1 a, b, c show wind turbines by type.

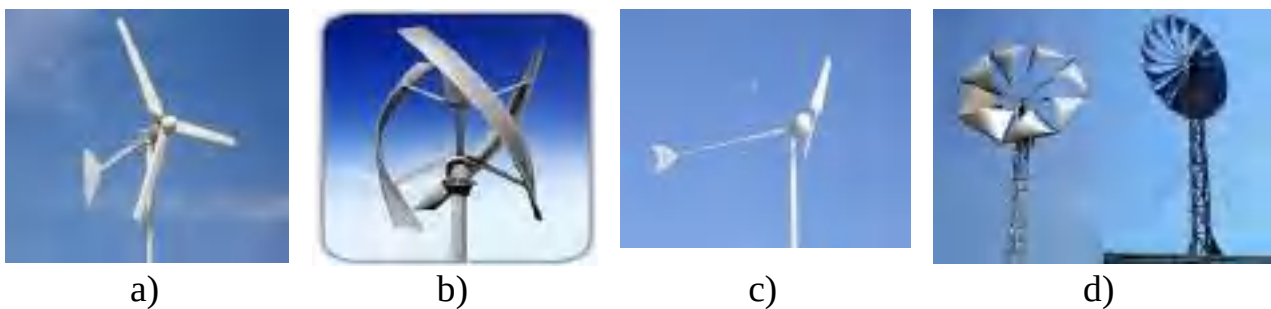


Fig. 1. a) - horizontal wind turbine, b) - vertical wind turbines, c - low-sweep horizontal wind turbines, d - multi-blade.

A vertical-axis rotary turbine with two modules rotating in opposite directions - Bolotov's wind generator, is shown in Figure 2. Since the wind at different horizons has different directions and speeds, the lower and upper rotors can rotate in different directions at different speeds. This design can provide current even at low wind speeds, at which propeller stations do not work. This power plant has a very high installed capacity factor - up to 43. In addition, the wind generator kit includes solar panels and helium batteries. If there is no sun or wind, the object will be powered by the energy stored in the batteries.



Fig. 2. Bolotov wind turbine.

For this project, we will adopt a vertical-axis type of turbine with a Darier rotor.

The choice was made taking into account the low wind speeds in the region. The selected wind turbine is the VRTB-5000-24(48). The mechanical characteristics are shown in Figure 3.

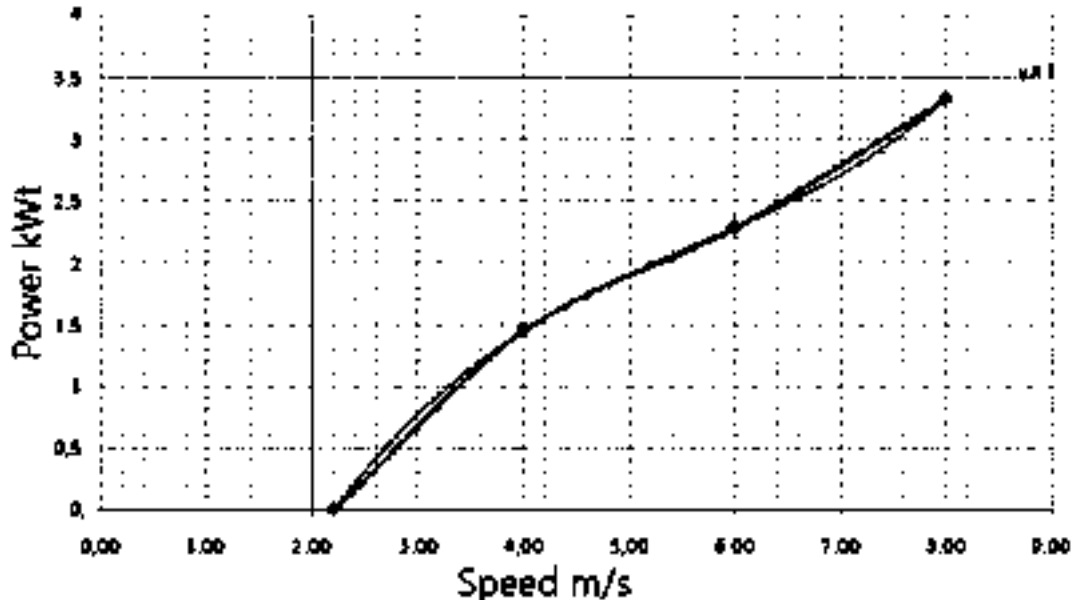


Fig. 3. Mechanical characteristics of the wind turbine.

The calculation of the amount of energy that a wind turbine can generate is made based on the mechanical characteristics of the wind turbine. The height of the mast is 20 meters, accordingly the wind speed of the wind turbine installation is calculated using formula (5).

$$V_h = V_{\text{флюгера}} \left(\frac{h}{h_{\text{флюгера}}} \right)^a. \quad (1)$$

The amount of energy that the wind turbine will produce per calendar month W_{month} , taking into account the operating time t_{month} and the utilization factor $t\%$, is calculated from formulas (2)-(3).

$$W_{\text{month}} = P_{\text{Wind turbines}} \cdot t\% \cdot t_{\text{month}}. \quad (2)$$

$$W_{\text{wind turbine}}^{\text{year}} = \sum P_{\text{WEU}}(V_i) \cdot t\%(V_i) \cdot \text{Trich}. \quad (3)$$

We assume two wind power plants of the VRTB-50 type, taking into account the coverage of the missing amount of energy through diesel power plants and batteries.

The optimal operating mode of the VRTB is ensured by automatic control systems of a special valve electric generator connected directly to the turbine rotor, which works together with the battery and the energy consumer load.

Currently, more and more attention is paid to the development of wind power plants with a vertical arrangement of wind-receiving elements and low placement of generators. This is due to a significant simplification of the design scheme, ease of installation and maintenance. One of the main advantages of such wind power plants is the possibility of simultaneous reception of wind flows of different directions and in general the absence of the need to take into account the wind direction during installation and operation.

To calculate the electricity generation in the summer, we will take the month of June. We will calculate the power generated by the wind module [6]:

$$P_{VRTB} = \rho \cdot V^3 \cdot t \cdot F \cdot \eta / 2 , \quad (4)$$

where ρ is the air density, 1.223 kg/m^3 ;

V is wind speed;

t is the time during which the wind blew at speed V ;

F is the surface area to be swept;

η - efficiency of the CES VRTB.

The schematic diagram of the VRTB is shown in Figure 4.

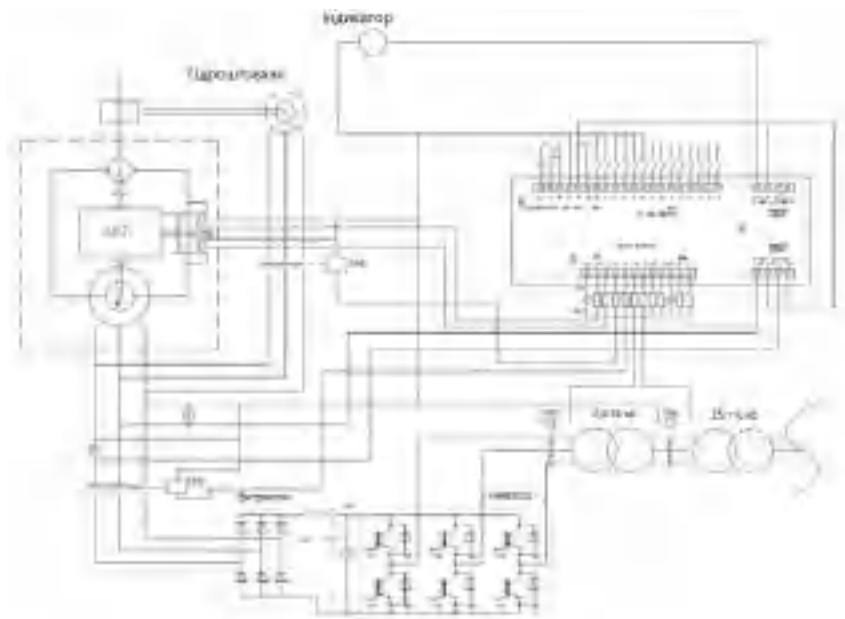


Fig. 4. Schematic diagram of the VRTB.

To store electricity, we will choose batteries as a backup source of electricity, where the backup power time is 24 hours. Our daily load is 43 kWh.

Therefore, for this load we will calculate the number of batteries. We take into account the return coefficient, the discharge will be daily and this is necessary to extend the service life of the batteries. Taking into account that the depth of discharge is 50%, the total energy will be:

$$W_{Full} = 43515 / 0.5 = 80030 \text{ W}. \quad (5)$$

Required battery capacity:

$$Snowfall = W_{Full} / U = 80030 / 12 = 3626 \text{ Agod} , \quad (6)$$

where W – the amount of energy received from the batteries;

U is the voltage of each battery.

Number of batteries required:

$$Snow = 3626 / 357 = 10.2 = 11. \quad (7)$$

We choose ROLLS BATTERIES – recommended batteries in the USA and Canada for use in autonomous power systems, as well as in solar inverter stations.

The main component of the power backup system is the inverter. Its task is to

convert the DC voltage of the batteries into AC voltage of 220 V/50 Hz. The determining parameters when choosing an inverter are:

- output power (nominal and maximum);
- output voltage shape (meander, modified sine, pure sine).

Hybrid inverters allow you to not only charge the battery, but also send "excess" electricity generated by solar modules or other alternative power sources to the general grid.

The backup power source is a diesel power plant (DPP), the choice of which will be made on a conditional basis.

$$P_u \leq R e_{snom}, \quad (8)$$

$$P_r \leq R_{esbase}, \quad (9)$$

$$45 \leq 48 \text{ kW}. \quad (10)$$

The high-quality Energo ED 60/230HIM S diesel generator is an extremely reliable power generating unit not only for operation as a backup power source, but also for use as the main power source, which can operate 24 hours a day, 7 days a week.

Management system requirements.

1) Unification of design for different energy sources (with the same control module): -solar; wind system; diesel system; solar grid system; wind grid system; solar-wind grid system; etc.

2) Modularity (scalability). To increase capacity, only the number of corresponding modules changes, but not the entire system.

3) The system operation algorithm should be aimed at minimizing the operating time of the batteries to increase their service life.

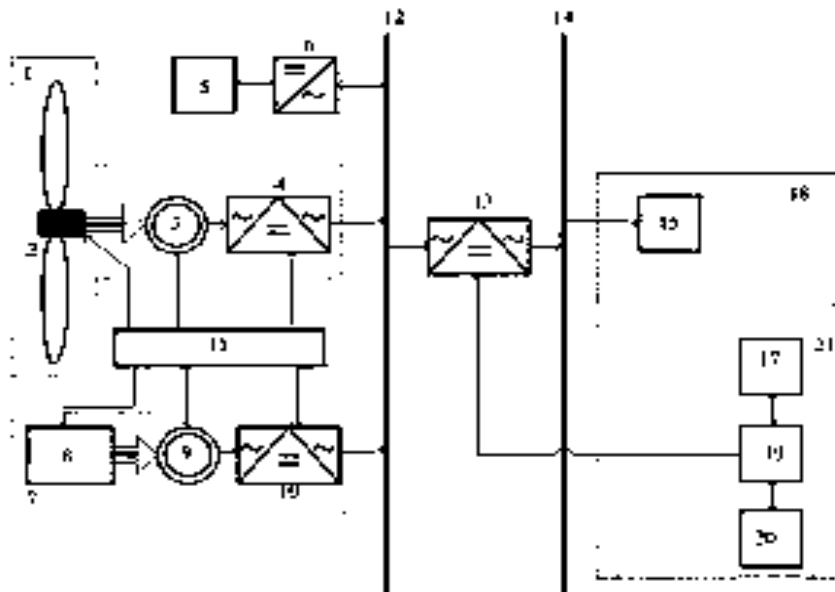


Fig. 5. 1 – wind turbine; 2 – wind turbine; 3, 9 – electric generator; 4, 10 – low-frequency AC to high-frequency converters; 5, 20 – batteries; 6 – Inverter; 7 – DG; 8 – diesel engine; 11 – control system; 12 – high-frequency voltage bus; 13 – inverter; 14 – 240 V (380 V) distribution network; 15 – AC electricity consumers; 17 – FEP; 18 – power supply facility; 19 – charge controller.

A hybrid power supply system includes at least three independent sources of electricity: a wind turbine (WPP), photovoltaic panels (PV) and a diesel generator

(DG). The DG is switched on when the stored power in the battery is not enough to supply the load. Also, in order for it to work with maximum efficiency, during the forced operation of the generator, it is possible to charge the batteries [7].

Consider the scheme in Figure 5, where a high-frequency bus is used and this makes it possible to reduce the weight and dimensions of the conversion equipment while maintaining the system structure [7].

Conclusions. The issue of providing electricity to the farm from renewable energy sources - a wind generator equipped with photovoltaic panels and a backup diesel generator - was considered.

The electricity consumption of the entire household was calculated, based on which electrical equipment was selected: switches, cables, distribution cabinets. For this, short-circuit currents are calculated for a voltage of 220V.

Two VRTB-50 wind turbines were selected. Their wind characteristics were calculated and load charts were constructed based on these calculations.

The issues of a hybrid power supply system, which includes at least three independent sources of electricity: a wind power plant (WPP), photovoltaic panels (PV), and a diesel generator (DG), are considered.

References

1. Haidamak O.L. Fundamentals of power supply: a study guide for the organization and implementation of calculation and graphic tasks by students of the Faculty of Engineering and Technology, specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", field of study 14 "Electrical engineering". Vinnytsia: RVV VNAU. 2019. 115 p.
2. Problems of modern energy: website. URL: <http://ido.tsu.ua/schools/physmat/data/res/SPF/uchpos/text/> (date of access 15.03.2025)
3. Renewable Energy Sources in Ukraine - Present and Future - Interview of the Committee's Chairman for the "Industry and Trade" magazine №10, 2012: website. URL: [p.http://www .windenergy.ua/interview.html](http://www.windenergy.ua/interview.html)
4. Leshchynska T.B., Naumov I.V. Power supply of agriculture: a manual. Kolos. 2008. 655 p. Barybin Yu.H. ta in. Handbook on power supply design: a study guide. K.: Energoatomizdat. 2006. 576 p.
5. Hessen, Ikhteiman F.M., Symonovskyi S.F., Katovych H.N. Course and diploma design of power supply of agriculture: a textbook for universities. K: Kolos. 2004. 208 p.
6. Neklepaiev B.M., Kriuchkov I.P. Electrical part of power plants and substations: reference materials for courses and diplomas. K, Energoatomizdat. 2005. 605 p.

Роман ХАРЧЕНКО²⁶,
студент 5-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АНАЛІЗ МЕТОДУ ХААРА ДЛЯ ФІЛЬТРАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ

***Анотація.** Метод Хаара є класичним підходом для обробки зображень, який широко використовується в сільському господарстві, зокрема в точному землеробстві. Він здобув популярність завдяки своїй простоті та ефективності в комбінації з алгоритмами машинного навчання, такими як методи на основі AdaBoost.*

***Ключові слова:** зображення, обробка, метод, матриця.*

***Annotation.** The Haar-like features method is a classic image processing approach that is widely used in agriculture, particularly precision agriculture. It has gained popularity due to its simplicity and efficiency in combination with machine learning algorithms, such as AdaBoost-based methods.*

***Key words:** image, processing, method, matrix.*

Вступ. Метод Хаара базується на використанні спеціальних ознак, які можна обчислити для різних прямокутних ділянок зображення. Ці ознаки є сумою пікселів в певних областях зображення, де кожна область або частина ділянки може бути або позитивною, або негативною в залежності від відносних інтенсивностей пікселів у різних частинах зображення. Це дозволяє визначати контрасти між різними елементами зображення, наприклад, між рослинністю та ґрунтом, що є корисним для аналізу стану посівів на полях. покращенні зображення, виділяючи саме ті деталі, які можуть бути важливими для подальшого аналізу.

Виклад основного матеріалу. Одним з використовуваних при обробці зображень методом, що пов'язаний із кратномасштабною теорією, є перетворення Хаара. Його базисні функції утворюють найпростішу з відомих систем ортонормованих вейвлетів.

Перетворення Хаара є роздільним і може бути записане в матричному вигляді в такий спосіб

$$T = H F H^T, \quad (1)$$

де F — матриця зображення;

H — матриця перетворення;

T — результат перетворення (всі матриці розмірами $N \times N$), а T означає операцію транспонування матриці.

Матриця перетворення Хаара складається з базисних функцій Хаара $h_k(z)$.

²⁶ Науковий керівник – Возняк О.М. доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Ці функції визначені на безперервному замкнутому інтервалі $z \in [0,1]$ при $k = 0, 1, 2, \dots, N - 1$, де $N = 2n$. Для будь-якого індексу k із зазначеної безлічі визначимо індекси p і q , $0 \leq p \leq n - 1$, $q = 0, 1$ при $p = 0$ і $1 \leq q \leq n - 1$, $q = 0, 1$ при $p \neq 0$ так, щоб виконувалася рівність $k = 2p + q - 1$. Тоді базисні функції Хаара мають вигляд:

$$h_0(z) = h_{00}(z) = \frac{1}{\sqrt{N}}, z \in [0,1], \quad (2)$$

та

$$h_0(z) = h_{00}(z) = \frac{2^{p/2}}{\sqrt{N}} \begin{cases} 1 \text{ при } (q - 1)/2^p \leq z < (q - 0,5)/2^p; \\ -1 \text{ при } (q - 0,5)/2^p \leq z < q/2^p; \\ 0 \text{ у інших випадках, } z \in [0,1]. \end{cases} \quad (3)$$

Рядок з номером i матриці перетворення Хаара H складається зі значень функції $h_i(z)$, узятих у точках $z = 0/N, 1/N, 2/N, \dots, m, (N-1)/N$. При $N = 4$, наприклад, індекси k, q , і p приймають значення зображені в таблиці 1

Таблиця 1. Значення індексів k, q , і p .

Значення k	Значення p	Значення q
0	0	0
1	0	1
2	1	1
3	1	2

І 4×4 матриця перетворення H_4 має вигляд

$$H_4 = \frac{1}{\sqrt{4}} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ \sqrt{2} & -\sqrt{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{2} & -\sqrt{2} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Аналогічно, 2×2 матриця перетворення H_2 має вигляд

$$H_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Її базисні функції визначають блок КІХ-фільтров, що мають лише пари відмінних від нуля коефіцієнтів (коефіцієнти відповідних фільтрів аналізу $h_0(n)$ і $h_1(n)$ є елементами першого й другого рядка матриці H_2 , відповідно). При цьому низькочастотний фільтр аналізу задовольняє умові на СКФ фільтр-прототип у першому рядку другого стовпця.

На рисунку 2 представлено кратномасштабне розкладання зображення з використанням базисних функцій Хаара (2) і (3). Це представлення, яке називають дискретним вейвлет-перетворенням, складається з того ж числа пікселів, що й вихідне зображення. Крім того, дане представлення має певні властивості. Його локальні статистики мало змінюються й можуть бути легко промодельовані.

Метод Хаара є важливим інструментом для сільського господарства, особливо в контексті автоматизації процесів, що потребують обробки великих обсягів даних. Використання цього методу для аналізу зображень, наприклад, може допомогти в автоматичному виявленні проблем з рослинами, таких як

хвороби чи шкідники, або ж оцінці стану врожаю. Це дозволяє оперативно реагувати на зміну умов і знижувати ризики, пов'язані з втратами продукції.

До того ж, алгоритми обробки зображень на основі методу Хаара можуть бути ефективними для контролю якості в агропромисловому виробництві, наприклад, для автоматичної перевірки плодів на відповідність стандартам. В цілому, технології, які базуються на такому підході, мають великий потенціал для підвищення продуктивності та оптимізації витрат у цій галузі.

Метод Хаара, незважаючи на свою ефективність у багатьох сферах, має певні недоліки, які можуть обмежувати його застосування в деяких випадках, зокрема при використанні класичних каскадів для детекції об'єктів (як, наприклад, в розпізнаванні обличчя), може бути не дуже ефективним при обробці дуже великих зображень або при використанні складних сцен з багатьма елементами. Це може призвести до того, що алгоритм не зможе швидко або точно обробляти великі обсяги даних.

Для деяких складних завдань розпізнавання, таких як класифікація різних типів об'єктів або розпізнавання в умовах низької якості зображень, метод Хаара може не бути настільки точним, як більш сучасні методи, зокрема глибоке навчання (нейронні мережі). Це обмежує його застосування в складніших сценаріях. Також він ефективно працює з простими геометричними ознаками (лінії, краї), але він може бути менш ефективним для складних текстур чи складних фонових умов, що можуть викликати помилки в обробці.

Значення великої кількості елементів перетворення близькі до нуля, що робить його відмінним кандидатом для застосування процедури стиску.

Перетворення дає можливість відновлювати як грубі, так і детальні наближення вихідного зображення; зображення на рисунку 2 (б)-(г) відновлені із частин зображення рисунку 2(а).

При роботі з базами даних ці властивості полегшують користувачеві в процесі пошуку доступ до зменшених копій зображень низької якості, і дають можливість одержати відсутні дані, необхідні для повного відновлення зображення, на більш пізній стадії.

При роботі з базами даних ці властивості полегшують користувачеві в процесі пошуку доступ до зменшених копій зображень низької якості, і дають можливість одержати відсутні дані, необхідні для повного відновлення зображення, на більш пізній стадії.

Для деяких складних завдань розпізнавання, таких як класифікація різних типів об'єктів або розпізнавання в умовах низької якості зображень, метод Хаара може не бути настільки точним, як більш сучасні методи, зокрема глибоке навчання (нейронні мережі). Це обмежує його застосування в складніших сценаріях. Також він ефективно працює з простими геометричними ознаками (лінії, краї), але він може бути менш ефективним для складних текстур чи складних фонових умов, що можуть викликати помилки в обробці.

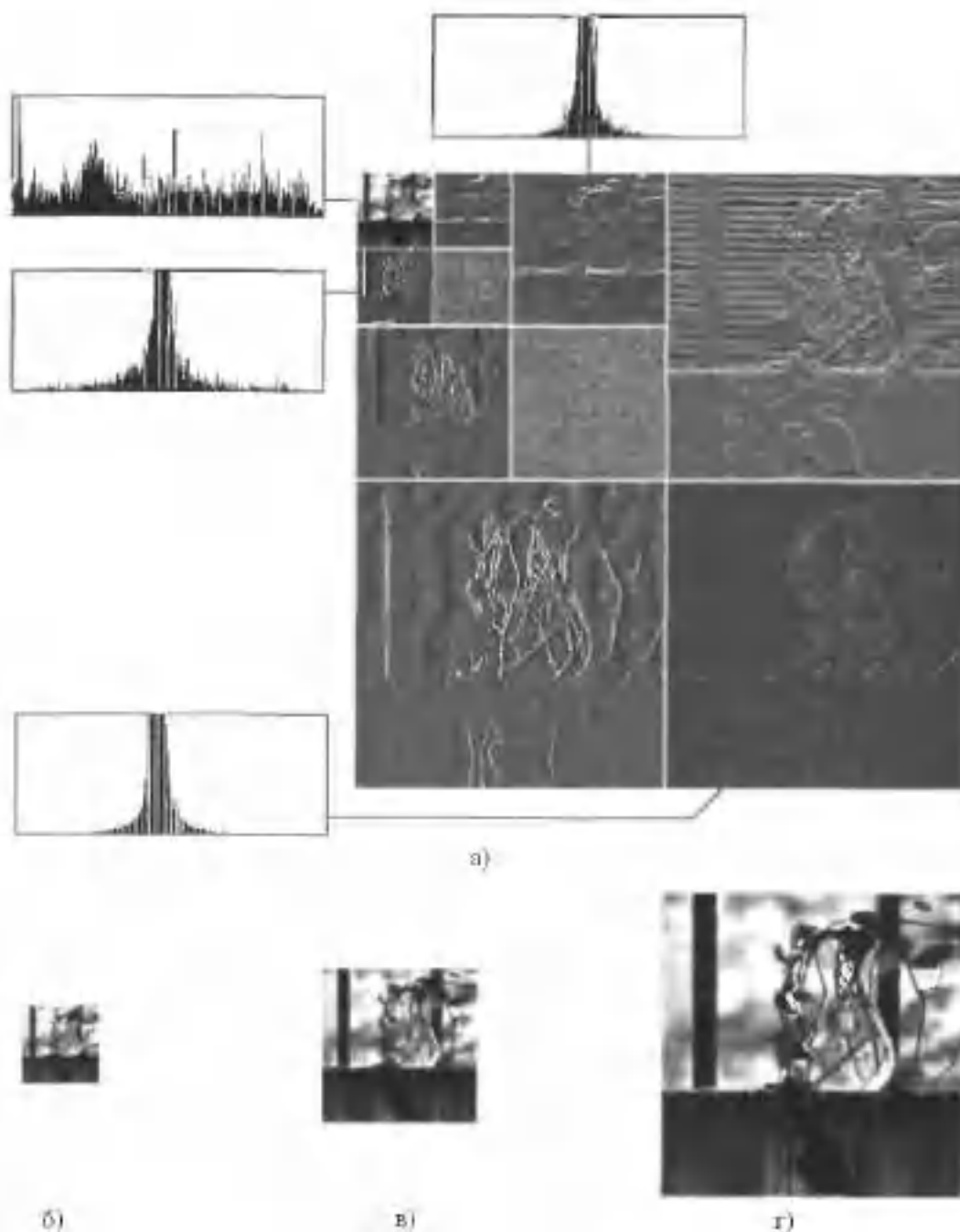


Рис. 2. Кратномасштабне розкладання зображення з використанням базисних функцій Хаара: а) дискретне вейлет-перетворення з використанням базисних функцій Хаара; б)-г) декілька різних наближень (розмірами 64×64 , 128×128 та 256×256 , що можуть бути отримані на основі зображення а).

Висновок. Отже, дискретне вейлет-перетворення з використанням базисних функцій Хаара дозволяє розкласти зображення або сигнал на різні масштаби (рівні) та виділити характеристики, які не завжди помітні на звичайному рівні

Завдяки базисним функціям Хаара, перетворення дозволяє подивитися на зображення або сигнал з різних рівнів деталізації. На високих рівнях можна виявити великі структури, а на низьких — тонші, дрібніші деталі. Це корисно для виявлення різних аспектів в зображеннях, таких як контури, текстури або зміни

в інтенсивності.

Список використаної літератури

1. Малярець Л.М., Рєзнік Є.В., Сінкевич Б.В. Сучасні оптимізаційні методи в середовищі MATLAB: навч. посіб.. Ч. 1. Харків: ХНЕУ. 2011. 359 с.
2. Кірилов О.О., Філоненко А.А. Комп'ютерна обробка зображень: навчальний посібник. К.: Інформаційно-видавничий центр НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". 2014. 368 с.
3. Шаталін І.М., Бородін І.В. Візійні системи контролю сільськогосподарських машин. *Техніка та технології агропромислового виробництва*: науковий журнал. 2019. №4(135). С. 105-114.
4. Кравченко В. Впровадження візійних технологій в сучасні сільськогосподарські машини. *Зернові Технології*: науковий журнал. 2016. С.12-15.
5. Кірилов О.О., Філоненко А.А. Математична модель зображення. *Інформатика та обчислювальна техніка*: науковий журнал. 2015. № 1. С. 23-28.

Владислав ХРИЩЕНЮК²⁷,

студент 5 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЖАТКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ

Анотація. У статті розглянуто вплив основних параметрів та режимів роботи жатки зернозбирального комбайна на ефективність збирання врожаю. Проаналізовано взаємозв'язок між висотою зрізу, швидкістю мотовила, кутом нахилу пальцевого бруса та рівнем втрат зерна.

Ключові слова: зернозбиральний комбайн, жатка, обмолочування, втрати зерна, продуктивність, пропускна здатність, висота зрізування.

Annotation. The article examines the impact of the main parameters and operating modes of the grain harvester header on harvest efficiency. The relationship between cutting height, reel speed, the tilt angle of the finger bar, and grain loss levels is analyzed.

Key words: combine harvester, header, threshing, grain losses, productivity, throughput, cutting height.

Вступ. Зернозбиральні комбайни є ключовою технікою у сучасному

²⁷Науковий керівник - Холодюк О.В., к.т.н., доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

аграрному виробництві. Збирання зернових культур є завершальним етапом усього циклу їх вирощування та належить до найбільш енерго- і трудозатратних операцій у сучасних агротехнологіях. На цю стадію припадає приблизно 31–50% загального енергоспоживання та 45–60 % трудових витрат у структурі виробництва. Щоб забезпечити ефективне й своєчасне збирання врожаю із мінімальними втратами, необхідно впроваджувати сучасні методи збирання та мати відповідну техніку для їх реалізації.

Від правильного налаштування жатки залежить продуктивність процесу збирання врожаю, мінімізація втрат та забезпечення якісного збору зерна. Основними регульованими параметрами жатки є висота зрізу, швидкість мотовила, кут нахилу пальцевого бруса та швидкість руху комбайна. Оптимізація цих параметрів дозволяє зменшити втрати зерна та підвищити ефективність збирання.

Метою досліджень є вплив налаштувань жатки зернозбирального комбайна на продуктивність збирання та рівень втрат зерна для зернових культур: озимої пшениці, ярого ячменю та ріпаку. Визначити оптимальні параметри роботи жатки для забезпечення максимальної ефективності збору врожаю.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до агротехнічних норм, при роздільному способі збирання зернових за допомогою валкової жатки допустимі втрати зерна не повинні перевищувати 0,5 % для прямостоячих культур і 1,5% - для полеглих. Під час підбирання валків втрати мають бути не більші за 1 %, а зерно, що надходить у бункер, повинно мати чистоту щонайменше 96 % [1, 2].

У випадку прямого комбайнування допустима чистота зерна в бункері становить не менше 95%. За жаткою допускається до 1 % втрат для прямостоячих рослин і до 1,5% для полеглих. Сумарні втрати зерна внаслідок недомолоту та виходу із соломомою не повинні перевищувати 1,5 % при збиранні зернових культур і 2 % - під час збирання рису. Ступінь подрібнення обмежується: до 1 % для насіннєвого зерна, до 2 % - для продовольчого, та до 3 % - для зернобобових і круп'яних культур [3, 4].

Основні параметри жатки та їх вплив на процес збирання. Висота зрізу залежить від культури, яку збирають, її стану та погодних умов. Надмірно низький зріз збільшує навантаження на жатку та призводить до втрат зерна через засмічення. Оптимальні значення:

- Озима пшениця: 10-15 см.
- Ярий ячмінь: 12-18 см.
- Ріпак: 20-30 см.

Швидкість мотовила забезпечує подачу зрізаного матеріалу до шнека. Його швидкість повинна відповідати поступальній швидкості комбайна з урахуванням коефіцієнта захоплення (K) [1]:

$$V_m = K \times V_c , \quad (1)$$

де:

V_m – швидкість мотовила, м/с;

V_c – швидкість комбайна, м/с;

K – коефіцієнт захоплення.

Для ефективного збору:

$$V_m = 1.2 \times V_c \quad (2)$$

Кут нахилу пальцевого бруса. Зміна кута впливає на якість зрізу та рівень втрат зерна. Оптимальні значення:

- При сухій культурі: 8-12°
- При підвищеній вологості: 5-8°



Рис. 1. зернозбиральний комбайн Claas Lexion 770.

Характеристики зернозбирального комбайна:

- Двигун: Mercedes-Benz OM 473 LA.
- Потужність: 585 к.с.
- Об'єм зернового бункера: 12 800 л.
- Швидкість розвантаження: 130 л/с.
- Система очищення: 3D Clean System.
- Вага: 18 500 кг.



Рис. 2. зернозбиральна жатка Claas Vario 630.

Характеристики жатки:

- Робоча ширина: 6 м.
- Мінімальна висота зрізу: 100 мм.
- Максимальна висота зрізу: 800 мм.
- Швидкість мотовила: до 60 об/хв.
- Гідравлічне регулювання довжини стола.
- Вага: 1 700 кг.

Оцінювання ефективності роботи жатки проводиться за кількома показниками: висотою зрізу, втратами зерна, а також наявністю зрізаних і не зрізаних колосків.

Висоту зрізу визначають шляхом вимірювання залишеної стерні за допомогою лінійки по ширині та напрямку руху агрегату. На основі 10 замірів обчислюють середнє значення, а різниця між найвищим і найнижчим показником дозволяє оцінити рівномірність зрізу. Висота стерні повинна відповідати встановленим агротехнічним стандартам.

Втрати зерна позаду жатки визначають у п'яти точках поля з типовою густиною посіву, використовуючи рамку розміром 0,5–2 м, яку встановлюють по діагоналі. До втрат зараховують пророслі колоски, зерна з забрудненнями та ті, що мають потемніле забарвлення. Відсоток втрат обчислюють, спираючись на відому врожайність, і за цим показником роблять висновок щодо якості збирання.

Розрахунок оптимальних параметрів для різних умов. Для аналізу ефективності жатки проведено розрахунок втрат зерна залежно від швидкості комбайна та налаштувань жатки. Результати вимірювань наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. Втрати зерна при різних налаштуваннях жатки.

Швидкість комбайна, км/год	Висота зрізу, см	Швидкість мотовила, м/с	Кут нахилу, градуси	Втрати зерна, %
4,5	12	1,2	10	1,5
5,0	15	1,48	12	1,2
5,5	18	1,66	8	2,0
6,0	20	1,85	5	3,5

Для оцінки ефективності жатки розрахуємо подачу маси на транспортерний шнек [4]:

$$Q = B \times V_c \times p \times t \quad (3)$$

де:

Q – подача маси, кг/с.

B – ширина жатки, м.

V_c – швидкість комбайна, м/с.

p – густина стояння колоса, кг/м²

Q – подача маси, кг/с.

t – час збирання, с.

Для жатки шириною 6 м, швидкості 5 км/год і густоти 2,5 кг/м² отримаємо:

$$Q = 6 \times \left(\frac{5}{3,6}\right) \times 2,5 \times 1 = 20,83 \text{ кг/с.}$$

Це свідчить, що за оптимальних налаштувань жатка працює з продуктивністю до 20,83 кг/с.

Висновки. Оптимальне налаштування жатки значно зменшує втрати зерна та підвищує ефективність збирання врожаю.

Висота зрізу, швидкість мотовила та кут нахилу пальцевого бруса мають взаємозв'язок, що впливає на якість зрізу і мінімізацію втрат.

Дослідження показали, що при швидкості комбайна 5,0–5,5 км/год та відповідних налаштуваннях жатки втрати зерна не перевищують 2%.

Запропоновані параметри можуть бути використані для підвищення ефективності роботи зернозбиральних комбайнів у польових умовах.

Список використаної літератури

1. Гусак О.М., Розробка адаптивних систем керування жатками зернозбиральних комбайнів: навчальний посібник. Київ: Аграрна наука. 2021. 112 с.
2. Ковальчук В.І., Вплив технологічних параметрів жатки на ефективність збору врожаю. *Збірник наукових праць НУБіП*: науковий журнал. 2020. С. 78-85.
3. Патент України №123456, Спосіб налаштування жатки зернозбирального комбайна. 2019.
4. Бондаренко В.О., Дослідження роботи жатки комбайна в залежності від погодних умов. *Техніка і технології АПК*: науковий журнал. Харків. 2018. С. 41-47.

Олександр БАНАХ²⁸,

студент 2 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПІДБОРУ ЯБЛУК

Анотація. Досліджується процес підбору яблук з землі методом згрібання, що є важливою частиною технології збору врожаю в садівництві. Аналізуються фізичні та механічні взаємодії між яблуками та робочими органами підбирачів, а також вплив сил, що діють на плоди під час згрібання.

Ключові слова: підбирач, яблука, згрібання, робочий орган, пальці, міцність, швидкість, деформація.

²⁸Науковий керівник – Гунько І.В., к.т.н., професор кафедри агроінженерії та технічного сервісу

Annotation. The process of picking apples from the ground by raking is studied, which is an important part of the harvesting technology in horticulture. The physical and mechanical interactions between apples and the working bodies of the pickers are analyzed, as well as the influence of forces acting on the fruits during raking.

Key words: picker, apples, raking, working body, fingers, strength, speed, deformation.

Вступ. Процес підбору яблук з землі є критичним етапом технології збору врожаю в садівництві, що безпосередньо впливає на ефективність та економічність всього виробничого циклу. Одним з найбільш ефективних методів збору яблук є метод згрібання, який передбачає переміщення плодів по поверхні ґрунту за допомогою спеціалізованих механізмів, що дозволяють забезпечити швидкість та високу якість збору. Теоретичні дослідження цього процесу зосереджені на аналізі фізичних і механічних взаємодій між плодами та робочими органами підбирачів, а також на вивченні сил, які діють на яблука під час згрібання. Дослідження цих аспектів дозволяють оптимізувати конструктивні рішення підбирачів яблук, що сприяє зменшенню пошкоджень плодів, підвищенню ефективності збору та зниженню витрат на обробку [1-2].

Виклад основного матеріалу. Для проведення теоретичних досліджень прийняті наступні припущення: агрегат рухається рівномірно і прямолінійно; ланцюгово-грабельний транспортер рухається з постійною швидкістю; яблуко приймаємо за однорідну кулю з розмірно-масовими характеристиками, відповідними яблукам.

Умовою підбору плодів є повне згрібання їх до кромки приймального жолоба. Для визначення цієї умови розглянемо пересування яблука в процесі згрібання (рис. 1).

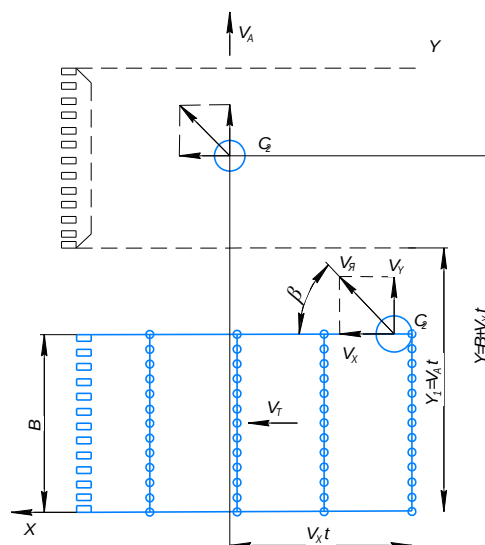


Рис. 1. Схема до визначення умови підбору яблук методом згрібання.

Виберемо Декартову систему координат з початком в точці O , вісь OY спрямуємо вздовж напрямку руху агрегату, вісь OX по напрямку згрібання. Розглянемо рух яблука з крайнього правого положення. Координати яблука по часу запишуться так:

$$\begin{cases} X = V_X \cdot t \\ Y = B + V_Y \cdot t \end{cases} \quad (1)$$

де V_X – швидкість руху яблука в напрямку приймального жолоба;

V_Y – швидкість руху яблука в напрямку руху агрегату;

B – ширина ланцюгово-грабельного транспортера.

За цей же час приймальний жолоб переміститься на

$$Y_1 = V_A \cdot t, \quad (2)$$

де V_A – швидкість руху агрегату.

Час необхідний для пересування найбільш віддаленого яблука до кромки приймального жолоба визначимо з першого рівняння системи (1), прийнявши, що за час t яблуко переміститься на відстань L , тобто $X = L$.

$$t = \frac{L}{V_X}, \quad (3)$$

де L – ширина робочої зони ланцюгово-грабельного транспортера у напрямку руху агрегату, при цьому, яблуко зміститься на відстань

$$Y = B + V_Y \cdot \frac{L}{V_X}. \quad (4)$$

Приймальний жолоб за цей же час пройде відстань

$$Y_1 = V_A \cdot \frac{L}{V_X}. \quad (5)$$

Таким чином, яблуко може бути підібрано за умови:

$$B + V_Y \frac{L}{V_X} > V_A \cdot \frac{L}{V_X}, \quad (6)$$

Або

$$B > L(tg\alpha - yg\beta) \text{ при } V_X = V_T,$$

де $\alpha = \arctg \frac{V_A}{V_T}$ – кут нахилу траєкторії абсолютного руху пальців граблів до напрямку згрібання;

$\beta = \arctg \frac{V_Y}{V_X}$ – кут нахилу траєкторії абсолютного руху яблук до напрямку згрібання;

V_T – швидкість руху ланцюгово-грабельного транспортера.

Значення кута β , що входить у вираз (6), залежить в основному від конструкції пальців і агрофону.

Виконання умови (6) забезпечує повне згрібання яблук до крайки приймального жолоба і подальший підбір їх з поверхні ґрунту.

Допустиму швидкість руху пальців в процесі згрібання визначаємо з умови зіткнення рухомого пальця з яблуком. Розглянемо прямий центральний удар рухомого пальця з плодом.

Сучасна теорія удару не в змозі описати з достатньою точністю процесу, що відбуваються при ударній взаємодії, що носить пружно-пластичний характер. Тому при наявності місцевих пластичних деформацій, доцільно використовувати зближення центрів мас тіл співудару від контактного зусилля, отриманого експериментально [3].

Використовуючи основи теорії пружно-пластичного удару, розглянемо динаміку зіткнення пальця з яблуком (рис. 2) [3].

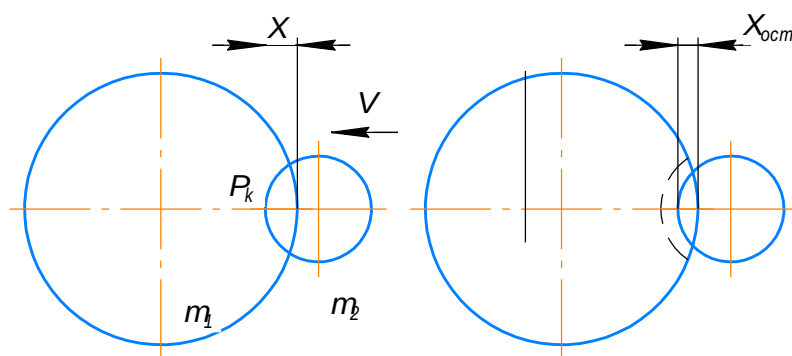


Рис. 2. Схема до визначення допустимої швидкості зіткнення пальців з плодами.

Рівняння руху тіл в процесі удару запишуться:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{X}_1 = -P_k(X) \\ m_2 \ddot{X}_2 = -P_k(X) \end{cases} \quad (7)$$

де m_1 – маса плода;

m_2 – приведена маса пальця;

X_1 – переміщення центру ваги плоду під час удару;

X_2 – переміщення центру мас пальця під час удару;

$X = X_1 + X_2$ зближення центрів мас тіл співудару;

P_k – контактна сила, визначена експериментально (9).

Так як на початку удару швидкість яблука дорівнює нулю, то $X_1 = 0$, в цьому випадку $X_2 = X$, тоді

$$\frac{dX_1}{dt} - \frac{dX_2}{dt} = \frac{dX}{dt} = V_0, \quad (8)$$

де V_0 – швидкість зближення центрів мас тіл;

З урахуванням (8), склавши рівняння (7), попередньо розділивши їх на відповідні маси, отримаємо

$$\frac{d^2X}{dt^2} = -\frac{1}{m} P_k(X), \quad (9)$$

де $m = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2}$ – приведена маса тіл співудару.

Так як процес пружно-пластичного удару розділяється на два етапи, розглянемо послідовно активні (навантаження) і пасивні (розвантаження) етапи удару.

З урахуванням (9) і при наявності значних місцевих пластичних деформацій, для активного етапу удару рівняння (9) набуде вигляду:

$$V_0 \frac{dV_0}{dX} = -\frac{1}{mb} X, \quad (10)$$

Інтегруючи рівняння (10) при початкових умовах $t = 0$; $X = 0$; і $V = V_0$, отримаємо:

$$V_0 = V \sqrt{1 - \frac{X}{m \cdot V^2 \cdot b}}, \quad (11)$$

де V – швидкість руху пальців.

При умові $V_0 = 0$ визначимо максимальну глибину деформації яблука.

$$X_{max} = \sqrt{m V_0^2 \cdot b} = V \sqrt{mb}. \quad (12)$$

Значення максимальної ударної сили, згідно (9) буде

$$P_{max} = \frac{X_{max}}{b} = \frac{V\sqrt{mb}}{b} = V\sqrt{\frac{m}{b}}. \quad (13)$$

Виразивши силу удару через допустимі напруження зсуву м'якоті яблука, знаходимо безпечну швидкість руху пальців з виразу (13)

$$V_{доп} = R_0 \cdot F_k \sqrt{\frac{b}{m}}, \quad (14)$$

де R_0 – допустиме напруження зсуву м'якоті яблука;

F_k – площа контакту пальця з плодом.

Значення наведеної маси тіл співудару, що входить в формулу (14), залежить від конструкції пальців. При взаємодії яблука з шарнірним пальцем, палець можна розглядати як тіло, що володіє нескінченно великою масою, через його велику жорсткості в напрямку руху агрегату. В цьому випадку маса тіл співудару прирівнюється до маси яблука.

Наведена маса еластичного пальця, що взаємодіє з плодом, з урахуванням його пружності дорівнює [3].

$$m^2 = \frac{c}{v^2}, \quad (15)$$

де $c = \frac{3EJ}{l^3}$ – жорсткість пальця при згині;

v – частота власних коливань;

l – довжина пальця;

E – модуль пружності;

$\frac{3EJ}{l^3}$ – момент інерції поперечного перерізу.

Беручи палець як балку защемлену одним кінцем, частоту його власних коливань згідно [3], отримаємо рівною

$$v = \frac{1,875^2}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{\mu}}, \quad (16)$$

де μ – маса одиниці довжини пальця.

Для еластичних пальців допустима швидкість руху з врахуванням (15 і 16)

$$V_{доп} = R_0 \cdot F_k \sqrt{\frac{(0,24 \cdot l \cdot \mu + m_1) \cdot b}{0,24 \cdot l \cdot \mu + m_1}}. \quad (17)$$

За формулами (14 і 17) побудовані графіки залежності допустимої швидкості руху пальців від міцності яблук (рис. 3).

Для визначення швидкості яблука в кінці удару розглянемо другий етап удару. Відповідно до емпіричного закону Герстнера, пружні і пластичні деформації при навантаженні розвиваються незалежно один від одного [3]

$$X = X'_1 + X_{ост} = bP_k \quad (18)$$

де X – загальна деформація;

X'_1 – пружна деформація плода;

$X_{ост}$ – залишкова деформація плода.

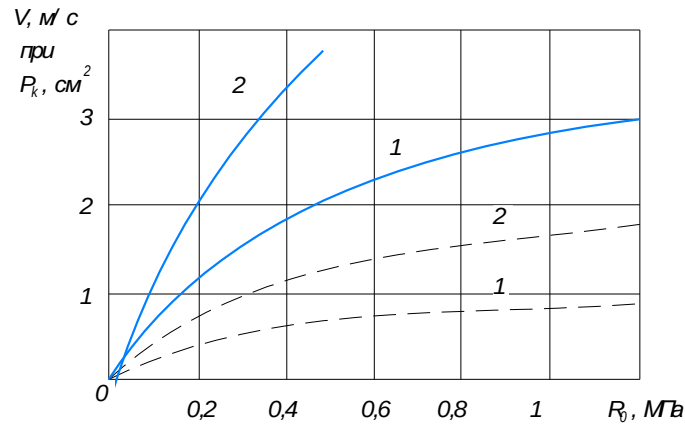


Рис. 3. Залежність допустимої швидкості руху пальців від міцності яблук; — еластичні пальці; ---- шарнірні пальці.

Тоді для пружної частини деформації справедливо співвідношення:

$$X = b_1 P_k + X_{\text{ост}}, \quad (19)$$

де b_1 – коефіцієнт відновлення м'якоти яблука, що отримується з графіка «навантаження-деформація». Загальна деформація яблука з врахуванням (9):

Рівняння деформування під час другого етапу удару з врахуванням (18)

$$\frac{d^2 X_1'}{dt^2} = \frac{1}{mb_1} X_1'. \quad (20)$$

Інтегруючи вираз (20), отримаємо:

$$\frac{dX_1'}{dt} = V \sqrt{\frac{1}{mb_1} (X_1')^2 \left[1 - \left(\frac{X_1'}{(X_1')_{\text{max}}} \right)^2 \right]}, \quad (21)$$

$$X_1' = b_1 P_k. \quad (22)$$

Так як $X_1' = b_1 P_{k\text{max}}$, а також враховуючи, що $X = 0$ коли пружна деформація повністю відновлена, швидкість яблука в кінці удару

$$V_{\text{я}} = P_{\text{доп}} \cdot \sqrt{\frac{b_1}{m}}. \quad (23)$$

Таким чином, в процесі зіткнення з пальцями, яблука в залежності від міцності і конструкції пальців будуть відскакувати з різною швидкістю. Щоб виключити пошкодження яблук, при цьому доцільно в передній частині ланцюгово-грабельного транспортера встановити фартух-гаситель швидкості плодів. Отримані залежності дозволяють вибрати оптимальну швидкість ланцюгово-грабельного транспортера в залежності від конструкції пальців і міцності яблук.

Висновки. Метод згрібання яблук з землі є ефективним способом збору врожаю, який дозволяє мінімізувати витрати на робочу силу та зберегти високу якість плодів. Теоретичний аналіз процесу підбору яблук показав важливість оптимізації конструкції підбирачів для зменшення пошкоджень плодів та підвищення ефективності збору. Розробка математичних моделей і вдосконалення механізмів підбирання сприяють покращенню результатів збору. Подальший розвиток технології згрібання передбачає удосконалення конструкції робочих органів підбирачів, впровадження автоматизованих систем збору, а також використання новітніх матеріалів для зниження зносу обладнання.

Важливим напрямком є також удосконалення методів прогнозування пошкоджень плодів і оптимізація параметрів підбирачів для досягнення максимальних результатів у садівництві.

Список використаної літератури

1. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Іванишин В.В. Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня. *Зб. наук. праць Вінницького націон. аграрн. ун-ту. Серія: Технічні науки*: науковий журнал. 2012. Вип. 11. –Т. 2 (66). С. 8–14.

2. Статистичний бюлетень «Збирання урожаю сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду в регіонах України»: веб-сайт. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2017/bl/03/bl_pvzusgk2016_xl.zip (дата звернення 17.03.2025).

3. Войтюк Д.Г., Барановський М.В., Булгаков В.М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: навчальний посібник. К.: Вища освіта. 2005. 464 с.

Ростислав КРАВЕЦЬ²⁹,

студент 1 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ОГЛЯД НАЯВНИХ ПІДХОДІВ ДО СТВОРЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯМИ

Анотація. У статті розглядається впровадження систем автопілота в електромобілях як відповідь на проблему численних ДТП. Описано принципи функціонування системи автопілотування, зокрема ієрархічну структуру підсистем: локалізатора, картографа, розпізнавання дорожніх знаків, трекера рухомих об'єктів, планувальників маршруту та руху.

Ключові слова: автопілот, електромобіль, безпека руху, система керування, лідар, локалізація.

Annotation. The article examines the implementation of autopilot systems in electric vehicles as a response to the problem of frequent road accidents. It describes the operational principles of autopilot systems, including the hierarchical structure of subsystems: the localizer, mapper, traffic sign recognition module, moving object tracker, route planner, and motion planner.

Keywords: autopilot, electric vehicle, traffic safety, control system, lidar, localization.

²⁹Науковий керівник – Чмих К.В., асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Вступ. З кожним роком у світі зростає кількість автомобілів, що, попри позитивні аспекти мобільності, спричиняє підвищення рівня дорожньо-транспортних пригод. Значна частина ДТП виникає з вини людського фактора: перевтома, неуважність, перевищення швидкості або неправильне прийняття рішень у складних дорожніх умовах. У зв'язку з цим провідні автовиробники світу активно працюють над створенням інтелектуальних систем керування, здатних зменшити ризики аварій та підвищити загальний рівень безпеки на дорогах.

Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку сучасного транспорту є системи автопілота, що використовуються в електромобілях. Такі системи базуються на обробці великої кількості даних, отриманих від камер, лідарів, радарів, сонарів та інших сенсорів, що дає змогу автомобілю самостійно орієнтуватися в просторі, приймати рішення та здійснювати маневри без участі людини. Особливої актуальності ця тема набуває у контексті розвитку електромобілів, де інтеграція автопілота дозволяє створити більш екологічний, безпечний і високотехнологічний транспортний засіб.

Метою цієї роботи є аналіз принципів функціонування систем автопілотування, оцінка ефективності їх роботи в різних дорожніх умовах, а також порівняння результатів тестувань електромобілів з різними версіями автопілота. Особливу увагу приділено технологіям компанії Tesla як прикладу найпрогресивнішого рішення в цій сфері.

Виклад основного матеріалу. Технології безпілотних автомобілів, що використовуються в електромобілях з системою автопілота, дають змогу імітувати людську участь на етапі прийняття рішень, таких як вибір швидкості або маневрування. Цей вибір стає можливим завдяки використанню комплексу камер, лідарів, радарів, датчиків та інших систем визначення просторового положення. Розміщення цих систем відображено на малюнку 1.

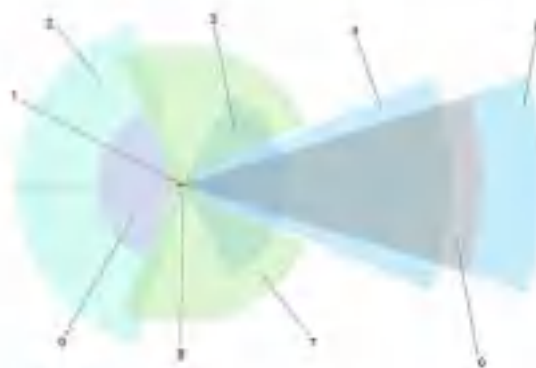


Рис. 1. Розташування систем визначення положення у просторі та радіус їх дії на прикладі електромобіля Tesla (1 – електромобіль; 2 – бічні камери заднього виду (максимальна дистанція – 100 м); 3 – передня ширококутна камера (максимальна дистанція – 60 м); 4 – основна ширококутна камера (максимальна дистанція – 150 м); 5 – передня вузькокутна камера (максимальна дистанція – 250 м); 6 – радар (максимальна дистанція – 160 м); 7 – бічні камери з видом уперед (максимальна дистанція – 80 м); 8 – сонари (максимальна дистанція – 8 м); 9 – камери заднього виду (максимальна дистанція – 50 м) [9].

Дані з датчиків просторового положення передаються безпосередньо до системи автоматичного управління. Приклад типової структури автоматизованої системи управління електромобілем наведено на рис. 2, а деталізований вигляд - на схемі ІА61.050БАК Д2.

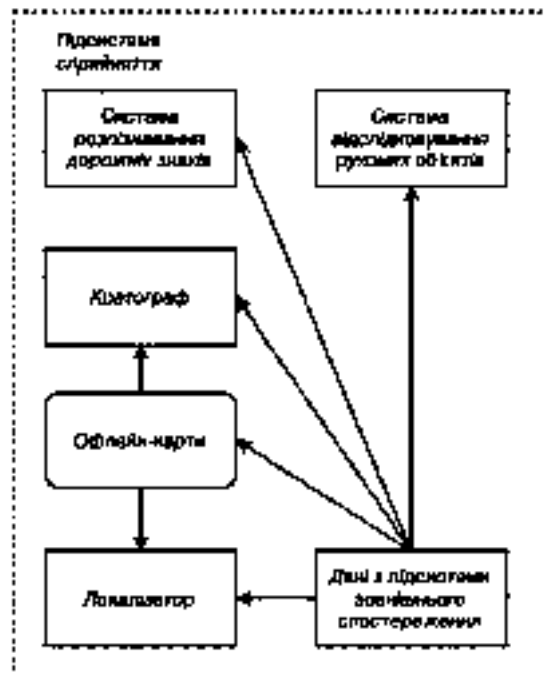


Рис. 2. Типова ієрархічна архітектура підсистеми прийняття рішень в системі автопілотування в електромобілях.

Щоб автономний автомобіль міг орієнтуватися в навколишньому середовищі, підсистема прийняття рішень повинна знати, де саме знаходиться безпілотний транспортний засіб. Підсистема Локалізатор (рис. 1.4) відповідає за оцінювання стану автомобіля (лінійні, кутові швидкості, та інше) відносно статичних карт місцевості. Ці статичні карти або офлайн-карти (рис. 1.4) генеруються автоматично до початку автономної їзди, зазвичай, використовуючи сенсори самого автомобіля. Автомобіль може застосовувати більше однієї офлайн-карти, приміром, топографічні, ландшафтні, супутникові тощо [10].

Інформація про правила дорожнього руху, що стосуються їзди дорогами та автомагістралями (напрямок руху, гранична швидкість, розмежування смуг і т.д.) також є необхідною для повноцінної роботи підсистеми прийняття рішень. Ця інформація звичайно інтегрована в навігаційні карти, які подають ці відомості, використовуючи геометричні та топологічні властивості карт [10].

Підсистема Картограф (рис. 3) приймає на вхід офлайн-карту та стан безпілотного автомобіля у просторі та генерує на виході онлайн-карту, що є поєднанням відомостей з офлайн-карти, доповненої топографічною інформацією (дані для якої отримуються з датчиків) та станом автомобіля в навколишньому середовищі.

Крім того, для системи автопілота надзвичайно важливою є інформація про положення та швидкість пересування перешкод. Для цього підсистема відслідковування рухомих об'єктів (Moving Objects Tracker, MOT) (рис. 3) одержує офлайн-карту і стан автомобіля у просторі, розраховує швидкість та положення найближчих перешкод (пішоходи, велосипедисти, варини тощо) та корегує онлайн-карту для подальшого безпечного руху автомобіля дорогою [10].



Рис. 3. Типова ієрархічна архітектура підсистеми прийняття рішень в системі автопілотування в електромобілях.

Підсистема розпізнавання дорожніх знаків, або Traffic Signalization Detector (TSD), відповідає за виявлення та розпізнавання дорожніх сигналів. Вона отримує інформацію з датчиків та поточний стан автомобіля, а також визначає місцезнаходження дорожніх знаків та їх клас [10].

Зважаючи на кінцеву точку, визначену користувачем в режимі офлайн-карти, Планувальник маршруту (малюнок 1.4) розраховує маршрут в офлайн-картах від поточного стану автомобіля до заданої кінцевої точки [10].

Підсистема Планувальник руху (малюнок 1.4) відповідає за визначення поточної поведінки руху на дорозі, наприклад, утримання смуги, керування рухом на перехрестях, управління рухом на світлофорах та інші аспекти.

Планувальник руху здійснює це, визначаючи траєкторію, наступну позицію та швидкість руху автомобіля за кілька секунд до поточного стану (приблизно 5 с).

Завдяки чіткій та злагодженій роботі системи автопілота, обчислення стану транспортного засобу виконується надзвичайно оперативно, і у випадку виникнення непередбачуваної ситуації автомобіль негайно реагує. Щоб з'ясувати, наскільки ефективно функціонують автопілоти різних виробників, некомерційна організація Страховий інститут безпеки дорожнього руху провела випробування деяких моделей з системою автопілота. В тестах брали участь 2017 BMW 5 Series (Driving Assistant Plus), 2017 Mercedes-Benz E-Class (Drive Pilot),

2018 Tesla Model 3 (Autopilot 8.1), 2016 Tesla Model S (Autopilot 7.1) та 2018 Volvo S90 (Pilot Assist) [11].

Первинне тестування відбувалося з нерухомою перешкодою на дорозі. Всі учасники випробувань, що рухались зі швидкістю 50 км/год показали позитивні результати, зупинившись своєчасно, що свідчить про бездоганну роботу системи лідарів та розпізнавання нерухомих об'єктів у всіх версіях автопілота. Далі було проведено випробування з рухомою машиною на дорозі та під час поворотів з різним радіусом кривизни, де всі показали хороші результати, зумівши пристосуватись та витримати потрібну відстань до машини попереду, а також коректно пройти поворот. Було змодельовано ситуацію, коли автомобіль, який їде попереду тестованого транспортного засобу, різко змінював смугу, і на трасі з'являлася перешкода. В ході цього тесту Tesla Model 3 продемонструвала себе дуже добре, успішно уникнувши ДТП, в той час як інші машини вимагали уваги водія для проходження цього випробування.

Також було проведено серію тестів на дорогах загального користування в умовах руху інших учасників дорожнього руху та на автомагістралях. Це дозволило зрозуміти, наскільки системи автопілотування добре виконують свою задачу в місті та за його межами. Результати тестування щодо поведінки електромобіля на дорогах представлені в таблиці 1.1. Критеріями оцінювання були наступні параметри: кількість перетинів смуги руху, торкань лінії розмітки, випадків відключення системи або повного утримання автомобіля в межах смуги.

Випробування проводилися як на прямій дорозі без поворотів, так і на горбистій місцевості з поворотами.

Таблиця 1. Порівняння поведінки системи автопілот у різних автомобілях.

Автомобіль	Кількість разів коли під час роботи системи автопілот автомобіль			
	пересікав смугу		торкався смуги	
	при русі по кривій	на пагорбі	при русі по кривій	на пагорбі
BMW 5 Series	3	6	1	1
Mercedes-Benz EClass	2	1	5	1
Tesla Model 3	0	0	0	1
Tesla Model S	1	12	0	1
Volvo S90	8	2	0	1

Таблиця 2. Порівняння поведінки системи автопілот у різних автомобілях.

Автомобіль	Кількість разів коли під час роботи системи автопілот автомобіль			
	система відключилась		залишилась в межах смуги	
	при русі по кривій	на пагорбі	при русі по кривій	на пагорбі
BMW 5 Series	9	7	3	0
Mercedes-Benz EClass	1	1	9	15
Tesla Model 3	0	0	18	17
Tesla Model S	0	0	17	5
Volvo S90	0	4	9	9

Найвищий результат під час тестів продемонстрував автомобіль Tesla Model 3 (виділений та підкреслений у таблиці), тоді як інші учасники мали проблеми й потребували втручання людини для вирішення складних завдань.

Отже, на поточний момент розробка систем автопілотування в електромобілях є дуже важливою та актуальною темою.

Тому для продовження роботи над дипломним проєктом мною було обрано електромобіль від Tesla, що наразі є одним з найбільш популярних та і в безпечних варіантів електрокарів з автопілотом.

Висновки. Сучасні виклики у сфері безпеки дорожнього руху потребують рішень, здатних мінімізувати вплив людського фактора, що часто є причиною аварій. У цьому контексті розробка та вдосконалення систем автопілота в електромобілях є вкрай актуальними. Аналіз ієрархічної структури системи автопілотування показує, що успішне функціонування такої системи можливе лише за умови ефективної взаємодії численних підсистем — від сенсорної частини до планування маршруту та руху.

На прикладі Tesla продемонстровано, як глибока інтеграція сенсорних технологій та програмного забезпечення дозволяє автомобілю точно оцінювати навколишнє середовище, розпізнавати об'єкти, дорожні знаки та ухвалювати рішення в режимі реального часу. Результати тестувань засвідчили, що системи автопілота Tesla мають перевагу в точності, швидкості реакції та стабільності руху у порівнянні з аналогами інших виробників.

Важливо відзначити, що ефективність автопілота залежить не лише від якості технічного оснащення, а й від наявності актуальних цифрових карт, адекватного правового регулювання та інфраструктурної підтримки. Таким чином, майбутнє автотранспорту неможливе без активного впровадження інтелектуальних систем керування, які вже сьогодні формують нову еру безпечної мобільності.

Список використаної літератури

1. Ford Motor Company: Характеристики електромобіля Ford Ecosport-s: веб-сайт. URL: <https://www.ford.com/suvs-crossovers/ecosport/models/ecosport-s/> (дата звернення 13.03.2025).

2. Renault: Характеристики електромобіля Renault E-tech Hybride: веб-сайт. URL: <https://www.renault.fr/vehiculehybride/e-tech-hybride.html> (дата звернення 14.03.2025).

3. Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG: Характеристики електромобіля Porsche Taycan: веб-сайт. URL: <https://porsche.ua/models/taycan/taycan-models/taycan-turbo-s/> (дата звернення 15.03.2025).

4. BMW AG: Характеристики електромобіля BMW i8 Родстер: веб-сайт. URL: <https://www.bmw.ua/ru/allmodels/bmw-i/i8-roadster/2017/technical-data.html#tab-0> (дата звернення 17.03.2025).

5. Tesla: Future of Driving: веб-сайт. URL: https://www.tesla.com/en_EU/autopilot?redirect=no (дата звернення 20.03.2025).

Вячеслав БАЗАЛИЦЬКИЙ³⁰,
студент 5 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

СИСТЕМА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Анотація. У статті розглянуто підхід до пошуку користувачів соціальних мереж на основі аналізу зображень, що ставлять собою приклад застосування конволюційних нейронних мереж. Розкрито методи ідентифікації та класифікації зображень, виділено оптимальну модель та обрано метод перенавчання мережі Inception v3.

Ключові слова: соціальні мережі, конволюційні нейронні мережі, класифікація зображень, Inception v3, перенавчання.

Annotation. This article presents an approach to finding social network users through image analysis as an example of applying convolutional neural networks. Methods of image identification and classification are outlined. The optimal architecture is selected and the retraining method for the Inception v3 model is justified.

Keywords: social networks, convolutional neural networks, image classification, Inception v3, retraining.

Вступ. В час розвитку інформаційних технологій суспільство звикло до того, що автоматизація будь-яких процесів швидко і міцно впроваджується в наше життя. Зараз існує багато різноманітних систем, які допомагають людям займатись своєю улюбленою справою, керувати виробничим процесом, а також

³⁰Науковий керівник – Чмих К.В., асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

відіграють значну роль у повсякденному житті. Можна з впевненістю сказати, що Інтернет є тією величезною мережею, яка надає змогу на існування таким системам. Не так давно люди створили і почали користуватись різними соціальними мережами. Спочатку їхньою метою було спілкування та підтримання звичайних стосунків в режимі онлайн. Згодом ці мережі почали використовуватись як для отримання якоїсь корисливої інформації, так і для розваг. Зараз вони також надають можливість людям полегшити процес керування бізнесом за допомогою пошуку партнерів або людей, які мають спільні з ними інтереси. Однією з проблем, які залишаються при намаганні використовувати соціальну мережу для своїх потреб або ведення власної справи, є пошук людей, які були б зацікавлені в тому, що пропонується. Сьогодні існують безліч сторінок, створених в різних соціальних мережах для, наприклад, продажу певного товару, які часто шукають потенційних клієнтів за допомогою реклами або розсилання спам-повідомлень випадковим людям. Такий спосіб пошуку клієнтів або партнерів є дуже неефективним, до того ж може дратувати величезну кількість людей, які отримують з періодичністю повідомлення такого характеру.

Виклад основного матеріалу. Вибір методів класифікації обґрунтовано таблицею 1, де порівнюються алгоритми за критеріями ефективності та стійкості до шумів.

Таблиця 1. Переваги та недоліки методів класифікації зображень

Алгоритм машинного навчання	Переваги	Недоліки
Нейронна мережа	Може бути використаний для класифікації або регресії. Стійкий до шуму у вхідних даних. Підтримка багатокластерної класифікації	Оптимальна структура мережі може бути визначена лише експериментальним шляхом
Метод опорних векторів	Низька ймовірність перенавчання. Легкий контроль складності правила прийняття рішення та частоти помилок	Важко визначити оптимальні параметри даних для тренування. Складна структура алгоритму
Метод нечіткої міри	Для опису властивостей можна ідентифікувати різні стохастичні відносини	Попередні знання дуже важливі для отримання результатів високої точності
Генетичний алгоритм	Може використовуватися в класифікації та виборі ознак	Складний алгоритм розробки функції оцінювання. Ускладнення, пов'язані з представленням тренувальних даних

Огляд методів класифікації зображень. Класифікація зображень — одна з основних задач комп'ютерного зору. Серед найпоширеніших підходів: штучні нейронні мережі (ANN), метод опорних векторів (SVM), генетичні алгоритми, метод нечіткої логіки. Найбільш перспективними виявилися конволюційні нейронні мережі (CNN), які демонструють високу точність при аналізі візуальних даних.

Співвідношення переваг та недоліків у нейронних мереж, як показано в таблиці 1, найбільше порівняно з іншими методами класифікації зображень. Більш того, обмеження цього алгоритму машинного навчання зустрічається в багатьох інших алгоритмах. Також майже всі алгоритми вимагають досить складної підготовки даних для тренування або навчання. Оскільки нейронні мережі здатні до багатокластерної класифікації, що знадобиться при обробці фотографій користувачів соціальної мережі, а також мають багато засобів для обробки та запобігання шуму в зображеннях, вони є оптимальним рішенням для поставленої задачі.

Нейронна мережа – це алгоритм машинного навчання, що базується на принципах структури та функціонування біологічних нейронних мереж [3].

Вони використовують альтернативний підхід до розв'язання задач, на відміну від класичних комп'ютерів. У звичайних комп'ютерах застосовується алгоритмічний метод, тобто виконується послідовність інструкцій для досягнення результату. Відомо, що комп'ютери не зможуть впоратися із завданням, якщо не вказати конкретні кроки, які необхідно виконати. Це обмежує здатність вирішувати проблеми, які ми вже розуміємо та вміємо вирішувати. Проте комп'ютери були б набагато кориснішими, якби могли виконувати те, як людина точно не знає.

Нейронні мережі обробляють інформацію подібно до людського мозку. Мережа складається з великої кількості взаємопов'язаних обчислювальних елементів (нейронів), що працюють паралельно для вирішення конкретної задачі. Нейронні мережі навчаються на прикладах. Вони не можуть бути запрограмовані для виконання конкретного завдання. Приклади повинні бути підібрані таким чином, щоб мережа навчалася з мінімальною кількістю помилок, а це означає, що вони повинні бути унікальними та охоплювати всі можливі сценарії, які можуть виникнути під час використання готової моделі. Мінус полягає в тому, що мережа сама виявляє спосіб розв'язання проблеми, її робота може бути непередбачуваною.

З іншого боку, класичні комп'ютери застосовують когнітивний підхід до розв'язання проблем: проблема повинна бути визначена та описана в невеликих, однозначних інструкціях. Ці інструкції потім перетворюються на програму високого рівня, а потім на машинний код, який комп'ютер може зрозуміти, що робить процес обробки цілком передбачуваним. Якщо щось піде не так, це буде пов'язано з несправністю програмного чи апаратного забезпечення.

Нейронні мережі та алгоритмічні комп'ютери не конкурують, а доповнюють один одного. Існують задачі, для яких застосовується алгоритмічний підхід, наприклад, арифметичні операції, а також задачі, які

краще підходять для нейронних мереж. Більш того, велика кількість завдань вимагає систем, які використовують комбінацію двох підходів для максимально ефективної роботи.

Концепція нейронної мережі виникла при спробі імітувати процеси, що відбуваються в мозку людини, ще у 1943 році. Вона складається з окремих одиниць, які називаються нейронами, що розміщені в серіях груп або шарів (рис. 1). Нейрони в кожному шарі з'єднуються з нейронами наступного шару. Дані передаються від вхідного шару до вихідного по цих сполуках. Кожен окремий вузол виконує простий математичний розрахунок, а потім передає отриманий результат всім вузлам, з якими він пов'язаний. Цей результат, перш ніж потрапити до наступного нейрону, множиться на вагу з'єднання. Ваги на початку навчання мережі задаються випадковим чином, а потім змінюються в процесі навчання таким чином, щоб зробити значення моделі мінімально відмінним від очікуваного.

Конволюційні нейронні мережі (CNN). Архітектура CNN імітує процес обробки візуальної інформації людським мозком. Вона включає вхідний шар, згорткові шари, шари підвибірки (pooling), шари активації та повноз'єднаний шар. На рис. 1 зображено загальну схему роботи нейронної мережі.

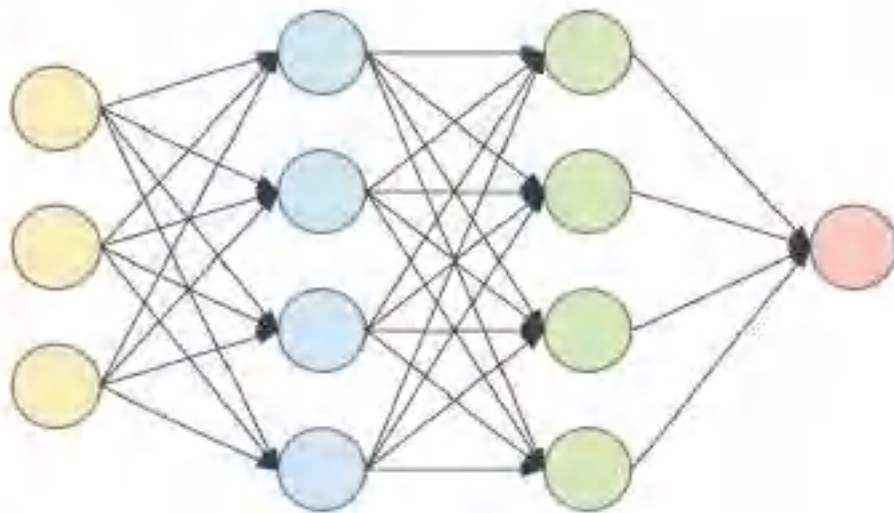


Рис.1. Схема нейронної мережі.

Алгоритм зворотного розповсюдження помилки дозволяє ефективно оновлювати ваги мережі. Особливістю CNN є здатність виділяти релевантні ознаки зображень автоматично, що робить їх ідеальними для аналізу даних у соціальних мережах.

Моделі CNN: порівняння AlexNet, ResNet, Inception v3. У роботі розглянуто три поширені архітектури: AlexNet, ResNet та Inception v3. Остання продемонструвала найкраще співвідношення точності до ресурсів.

На рисунку 3 показано зростання глибини мереж в конкурсах ImageNet. Архітектура Inception v3 (рис. 2) дозволяє комбінувати згортки з різними фільтрами, оптимізуючи точність і час навчання.



Рис. 2. Схема моделі Inception V3.

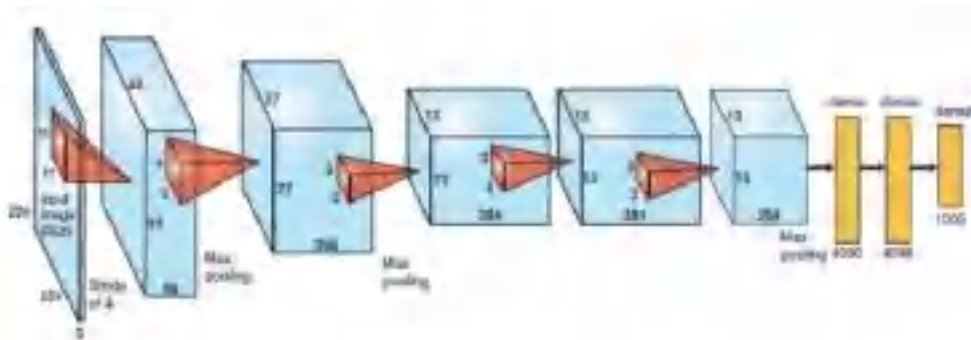


Рис. 3. Архітектура моделі AlexNet.

Перенавчання Inception v3 для конкретної задачі. Модель Inception v3, попередньо навчена на ImageNet, була адаптована до задачі класифікації зображень користувачів. Процес включав:

- вилучення останнього шару;
- заміну його на новий класифікаційний;
- використання "вузького місця" (bottleneck) як вхідного вектору;
- донавчання нового шару на розмічених даних.

Під час експерименту було виявлено, що перенавчання суттєво скорочує ресурси без втрати точності.

Результати і аналіз. Для тестування використовувались зображення з поділом на тематичні категорії (спорт, їжа, подорожі, мистецтво тощо). Точність класифікації перевищила 92%. В результаті подано метрики F1, Recall, Precision.



Рис. 4. Тестові зображення для перевірки роботи створеної нейронної мережі.

На рисунку 5 ілюструється роль dropout у зменшенні перенавчання. Це дозволяє підвищити узагальнюваність моделі.

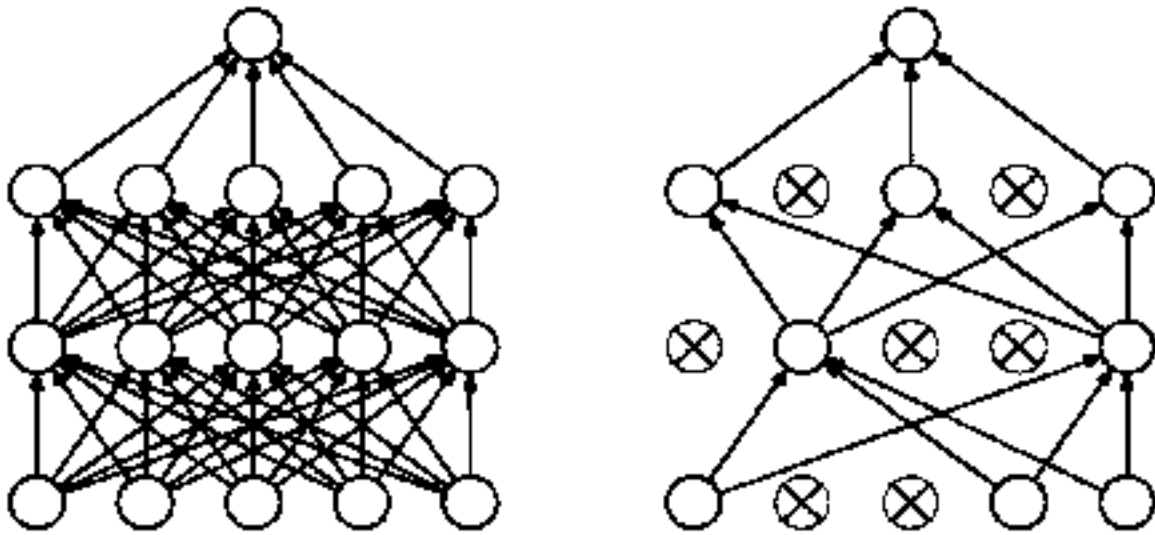


Рис. 5. Нейронна мережа до та після застосування шару виключення (dropout).

Висновки. Здійснено аналітичний огляд існуючих методів класифікації зображень, де продемонстровано, що наявні підходи не є панацеєю. Іншими словами, кожна задача з характерними категоріями класифікації вимагає окремого підходу або впровадження вже відомих алгоритмів.

Запропоновано метод вирішення окресленої проблеми, який полягає в застосуванні перенесення навчання, базуючись на вже наявній згортковій нейронній мережі. Тобто, передбачається заміна лише одного з багатьох шарів мережі, що сприяє зменшенню потреби в обчислювальних ресурсах та пришвидшенню процесу впровадження, у порівнянні з розробкою нового алгоритму з нуля.

Виконано аналіз та порівняння трьох різних згорткових нейронних мереж. В результаті відібрано модель Inception v3 на основі показників точності роботи, кількості параметрів та архітектурних особливостей. Зазначена модель дає змогу досягти точності класифікації, тобто імовірності вірного віднесення зображення до певного класу, на рівні близько 0.95.

Список використаної літератури

1. LeCun Y., Bottou L., Bengio Y., Haffner P. Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*: manual. 1998.
2. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. *NIPS*: manual, 2012.
3. Szegedy C. et al. Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision. *CVPR*. 2016.
4. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press. 2016.
5. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2006.

Богдан БЕРЕЖНИЙ³¹,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ВИКОРИСТАННЯ ДРОНІВ У МОНІТОРИНГУ ПОСІВІВ І РОСЛИННОСТІ

***Анотація.** Стаття розглядає сучасні можливості використання безпілотних літальних апаратів (дронів) для моніторингу посівів та природної рослинності. Описано переваги та недоліки застосування дронів порівняно з традиційними методами спостереження. Розглянуто основні типи сенсорів, що встановлюються на дрони, та їх застосування для оцінки стану рослин (вегетаційний індекс NDVI, виявлення стресів, оцінка густоти посівів, виявлення бур'янів та хвороб).*

***Annotation.** The article explores the modern capabilities of using unmanned aerial vehicles (UAVs) for monitoring crops and natural vegetation. The advantages and disadvantages of using drones compared to traditional observation methods are described. The main types of sensors installed on drones and their applications for assessing plant health (NDVI vegetation index, stress detection, assessment of crop density, weed and disease detection) are considered.*

Вступ. У сучасному світі, де зростає потреба в ефективному управлінні природними ресурсами та сільськогосподарським виробництвом, технології дистанційного зондування відіграють ключову роль. Серед них особливе місце займає використання безпілотних літальних апаратів (дронів). Завдяки своїй мобільності, відносно низькій вартості та можливості отримувати високоякісні дані з високою просторовою та часовою роздільною здатністю, дрони стають незамінним інструментом для моніторингу стану посівів та природної рослинності.

Традиційні методи моніторингу, такі як наземні обстеження та супутникове зондування, мають певні обмеження. Наземні обстеження є трудомісткими та можуть бути непрактичними для великих площ, тоді як супутникові знімки можуть мати недостатню роздільну здатність або бути залежними від погодних умов. Дрони ж поєднують переваги обох підходів, забезпечуючи гнучкість, оперативність та високу деталізацію інформації.

Метою цієї статті є огляд сучасних можливостей використання дронів для моніторингу посівів та рослинності, розгляд основних типів сенсорів, що застосовуються, та демонстрація практичних застосувань цієї технології [1-2].

Виклад основного матеріалу. Застосування дронів у моніторингу посівів

³¹Науковий керівник – Швець Л.В., к.т.н., доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

та рослинності базується на використанні різноманітних сенсорів, встановлених на борту літального апарату. Отримані дані обробляються за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, що дозволяє отримувати цінну інформацію про стан рослин.

Основні типи сенсорів, що використовуються на дронах:

- RGB-камери (звичайні кольорові камери): Ці камери фіксують зображення у видимій частині спектру, подібні до звичайних фотографій. Вони використовуються для візуальної оцінки стану посівів, виявлення пропусків, оцінки густоти стояння рослин, виявлення великих бур'янів або пошкоджень [3].



Рис. 1. Схематичне зображення поля через RGB-камери.

- Мультиспектральні камери: Ці камери фіксують зображення в кількох вузьких діапазонах електромагнітного спектра, включаючи видимий (червоний, зелений, синій) та ближній інфрачервоний (NIR) діапазони. Комбінація цих каналів дозволяє розраховувати вегетаційні індекси, такі як нормалізований диференційний вегетаційний індекс (NDVI). NDVI є одним з найбільш поширених індикаторів стану рослинності, що відображає кількість та активність зеленої біомаси [3-4].

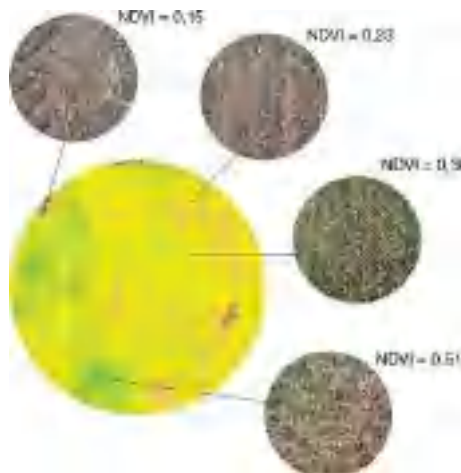


Рис. 2. Співвідношення відображення NDVI у веб-платформі OneSoil і реальний стан рослин на полі.

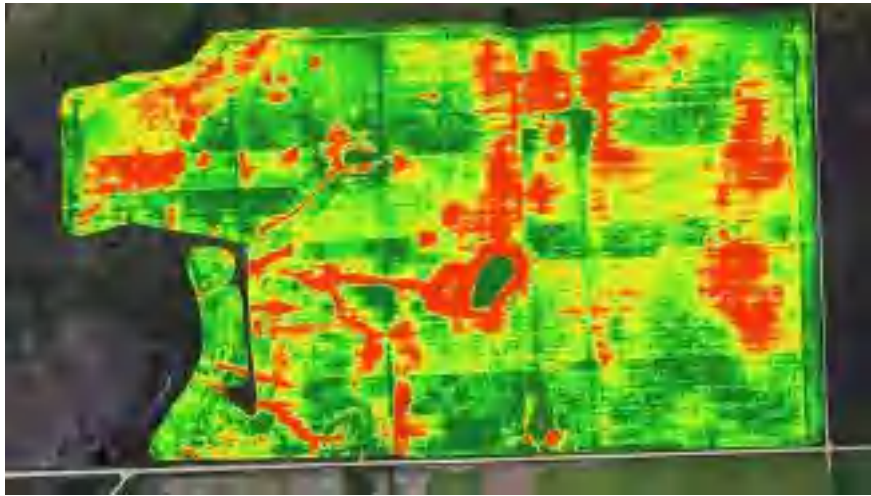


Рис. 3. Карта NDVI поля, отримана за допомогою мультиспектральної камери.

- Гіперспектральні камери: Ці камери фіксують зображення у сотнях вузьких спектральних діапазонах. Це дозволяє отримувати більш детальну інформацію про біохімічний склад рослин, виявляти специфічні стреси (наприклад, нестачу поживних речовин, хвороби на ранніх стадіях) та ідентифікувати різні види рослин.

-



Рис. 4. Планування встановлення гіперспектральних камер для діагностики рослин.

- Теплові (інфрачервоні) камери: Ці камери фіксують теплове випромінювання від об'єктів. У рослинництві вони використовуються для виявлення водного стресу (завдяки змінам температури листків), оцінки ефективності поливу та виявлення захворювань, що впливають на температуру рослин [5-6].

- LiDAR (Light Detection and Ranging): Ця технологія використовує лазерні імпульси для створення тривимірних моделей об'єктів. У моніторингу рослинності LiDAR застосовується для оцінки висоти рослин, щільності лісового покриву, біомаси та структури посівів.

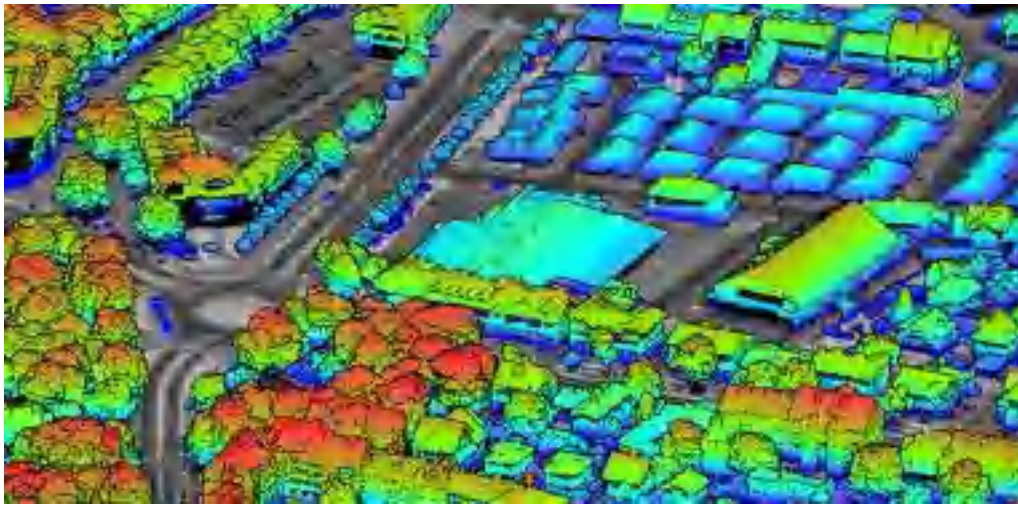


Рис. 5. Приклад використання технології LiDAR.

Застосування дронів у моніторингу посівів та рослинності:

- Оцінка стану посівів: Використання NDVI та інших вегетаційних індексів дозволяє оцінювати загальний стан здоров'я рослин, виявляти ділянки з низькою продуктивністю та контролювати ефективність агротехнічних заходів.

-

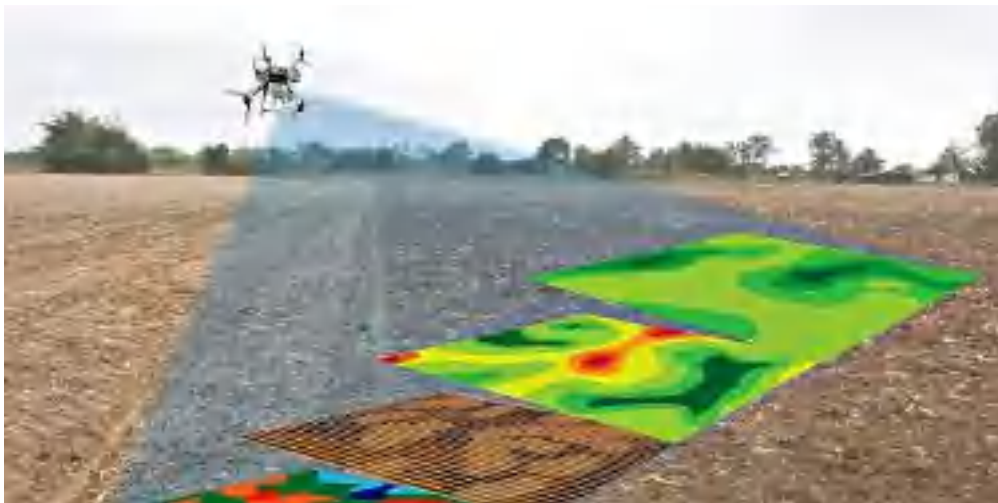


Рис. 6. Моніторинг посівів.

- Виявлення стресів: Мульти- та гіперспектральні дані допомагають виявляти різні типи стресів у рослин (водний, температурний, дефіцит поживних речовин) на ранніх стадіях, що дозволяє оперативно вживати заходів для їх усунення.

- Оцінка густоти посівів: RGB-зображення та аналіз їх текстури дозволяють визначати оптимальну густоту стояння рослин та виявляти пропуски.

- Виявлення бур'янів та хвороб: Використання мульти- та гіперспектральних даних, а також алгоритмів машинного навчання, дозволяє автоматично виявляти та картографувати ділянки з бур'янами та ураженнями хворобами.

- Моніторинг водного режиму: Теплові камери використовуються для оцінки водного стресу та оптимізації систем поливу.
- Оцінка врожайності: На основі даних, отриманих з дронів протягом вегетаційного періоду, можна прогнозувати майбутню врожайність.
- Моніторинг природної рослинності: Дрони використовуються для оцінки стану лісів, луків, водно-болотних угідь, виявлення незаконних вирубок, оцінки наслідків стихійних лих та моніторингу біорізноманіття [7].

Висновки. Використання дронів у моніторингу посівів та рослинності є перспективним та швидко розвиваючимся напрямком. Завдяки своїм перевагам у швидкості, вартості, роздільній здатності та гнучкості, дрони надають унікальні можливості для отримання оперативної та точної інформації про стан рослинних ресурсів. Подальший розвиток сенсорних технологій, алгоритмів обробки даних та нормативно-правової бази сприятиме ще ширшому впровадженню дронів у сільське господарство, екологію та інші галузі, пов'язані з управлінням рослинними екосистемами.

Список використаної літератури

1. Аніскевич Л.В., Адамчук В.І. Технології точного землеробства. Науковий вісник Національного аграрного університету: науковий журнал. 2006. Вип. 101. С. 8-27.
2. Васильковська К.В., Андрієнко О. Аналіз енергоефективності сільськогосподарських дронів у системі точного землеробства. Центральноукраїнський національний технічний університет.
3. Іванов С.В., Петренко В.П., Сидоренко О.М. Застосування безпілотних літальних апаратів для моніторингу сільськогосподарських угідь. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*: науковий журнал. (2020). №4. 105-112.
4. Йорданов М.Й., Димитров Д.В. Безпілотні летателі апарати в прецизному земледеліе. *Аграрні науки*: науковий журнал. 2017. №9(1). 117-123.
5. Matese A., Toscano P., Di Gennaro S.F., Genesio L., Vaccari F.P., Primicerio J., Belli G. Intercomparison of UAV, aircraft and satellite remote sensing platforms for precision viticulture. *Remote Sensing: scientific journal*. 2015. №7(4). P. 4156-4190.
6. Berni J.A.J., Zarco-Tejada P.J., Suárez L., Ferrio J.P. Thermal and narrow-band multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an unmanned aerial vehicle. *Sensors: scientific journal*. 2009. №9(5). P. 3479-3499.
7. Hunt Jr E.R., Daughtry C.S.T., Eitel J.U.H., Long D.S. Remote sensing of vegetation phenology: What are the current capabilities and future possibilities?. *Remote Sensing of Environment: scientific journal*. 2010. 114(12). P. 2754-2768.

Вадим ШЕВЧУК³²,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

***Анотація.** Стаття присвячена дослідженню можливостей застосування штучних нейронних мереж для прогнозування споживання електроенергії. Розглянуто різні архітектури нейромереж, їхні переваги та недоліки у контексті прогнозування часових рядів. Проаналізовано вплив вхідних даних (історичне споживання, погодні умови, календарні фактори) на точність прогнозів.*

***Annotation.** The article explores the potential of applying artificial neural networks for electricity consumption forecasting. Different neural network architectures, their advantages, and disadvantages in the context of time series forecasting are considered. The influence of input data (historical consumption, weather conditions, calendar factors) on forecast accuracy is analyzed.*

Вступ. Прогнозування споживання електроенергії є критично важливим завданням для ефективного управління енергетичними системами. Точні прогнози дозволяють оптимізувати виробництво, розподіл та зберігання електроенергії, знижувати витрати, підвищувати надійність енергопостачання та сприяти інтеграції відновлюваних джерел енергії [1].

Традиційні методи прогнозування, такі як статистичні моделі (ARIMA, SARIMA, експоненційне згладжування) та методи часових рядів, часто виявляються недостатньо ефективними для обробки складної та нелінійної природи даних про споживання електроенергії. На споживання впливає велика кількість факторів, включаючи історичні тенденції, сезонність, погодні умови (температура, вологість, освітленість), соціально-економічні фактори, календарні події (вихідні, свята) та випадкові коливання [2].

У цьому контексті штучні нейронні мережі (НМ) зарекомендували себе як потужний інструмент для моделювання складних залежностей у даних. Завдяки своїй здатності до навчання на великих обсягах даних та виявлення нелінійних закономірностей, НМ мають значний потенціал для підвищення точності прогнозування споживання електроенергії на різних часових горизонтах – від короткострокових (година, день) до середньострокових (тиждень, місяць) та довгострокових (рік) прогнозів [3].

Метою цієї статті є дослідження можливостей застосування різних

³²Науковий керівник – Чмих К.В., асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

архітектур нейронних мереж для прогнозування споживання електроенергії, аналіз впливу вхідних даних на точність прогнозів та демонстрація практичних результатів на основі реальних даних.

Виклад основного матеріалу. Нейронні мережі є обчислювальними системами, натхненними будовою та функціонуванням біологічних нейронних мереж. Вони складаються з взаємопов'язаних вузлів (нейронів), організованих у шари. Кожен зв'язок між нейронами має вагу, яка коригується в процесі навчання мережі на основі вхідних даних та цільових значень.

Для прогнозування споживання електроенергії використовуються різні архітектури нейронних мереж, серед яких найбільш поширеними є:

- Багат шарові перцептрони (MLP): Це класичні feedforward-мережі, які складаються з одного або кількох прихованих шарів. MLP здатні апроксимувати складні нелінійні функції та можуть використовуватися для прогнозування на основі поточних та попередніх значень вхідних факторів [4].

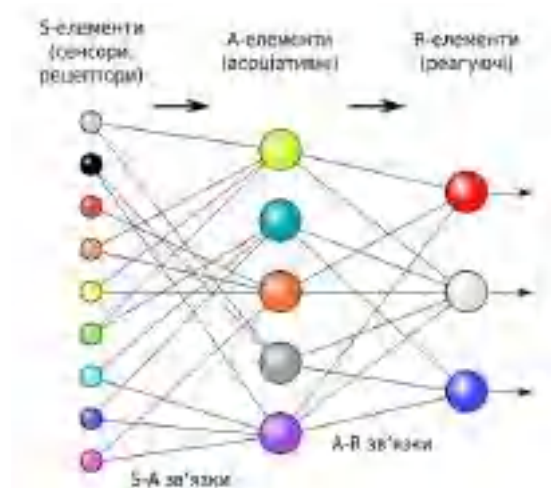


Рис. 1. Схематичне зображення багат шарового перцептрона.

- Рекурентні нейронні мережі (RNN): RNN призначені для обробки послідовностей даних, таких як часові ряди. Вони мають механізм зворотного зв'язку, що дозволяє їм зберігати інформацію про попередні стани послідовності та використовувати її для прогнозування майбутніх значень [5].

•

Рекурентні нейронні мережі

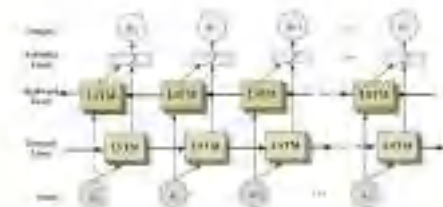


Рис. 2. Розгорнута схема рекурентної нейронної мережі.

- Довга короткочасна пам'ять (LSTM) та Гейтедова рекурентна одиниця (GRU): Це вдосконалені типи RNN, які краще справляються з проблемою зникаючого та зростаючого градієнта, що дозволяє їм ефективніше моделювати довгострокові залежності у часових рядах [6]. LSTM використовує механізми "забування" та "оновлення" для контролю потоку інформації, а GRU є спрощеною версією LSTM з меншою кількістю параметрів.

Таблиця 1. Порівняння основних характеристик MLP, RNN, LSTM та GRU.

Модель	Основна характеристика	Переваги	Недоліки
MLP (Multilayer Perceptron)	Повнозв'язна нейронна мережа	Простота, швидке навчання на малих вибірках	Погано працює з послідовними/залежними даними
RNN (Recurrent Neural Network)	Обробка послідовностей	Враховує часову залежність	Виникають проблеми градієнтного згасання
LSTM (Long Short-Term Memory)	Покращена RNN	Добре працює з довготривалими залежностями	Висока обчислювальна складність
GRU (Gated Recurrent Unit)	Альтернатива LSTM з меншою складністю	Швидше навчання при збереженні якості	Менш гнучка у порівнянні з LSTM

Для навчання нейронних мереж використовуються історичні дані про споживання електроенергії, а також пов'язані з ним фактори. Важливим етапом є попередня обробка даних, яка включає нормалізацію або стандартизацію значень для покращення процесу навчання та запобігання перенасиченню. Набір даних зазвичай розділяється на навчальну, валідаційну та тестову вибірки. Навчальна вибірка використовується для навчання моделі, валідаційна – для налаштування гіперпараметрів (кількість шарів, кількість нейронів, швидкість навчання тощо), а тестова – для оцінки кінцевої якості навченої моделі на невидимих раніше даних.

Вхідними даними для нейромережових моделей прогнозування споживання електроенергії можуть бути:

- Історичне споживання електроенергії: Значення споживання за попередні періоди часу (години, дні, тижні).
- Погодні умови: Температура повітря, вологість, швидкість вітру, опади, освітленість.
- Календарні фактори: День тижня, місяць, рік, святкові та вихідні дні.
- Економічні показники: ВВП, промислове виробництво (за наявності відповідних даних).

Точність прогнозування нейронних мереж значною мірою залежить від якості та обсягу вхідних даних, а також від правильно обраної архітектури та

гіперпараметрів моделі. Експериментальні дослідження показують, що LSTM та GRU часто демонструють кращі результати порівняно з традиційними RNN та MLP при прогнозуванні часових рядів споживання електроенергії, особливо при наявності довгострокових залежностей [7].

Для оцінки якості прогнозів використовуються різні метрики, такі як середньоквадратична помилка (MSE), середньоабсолютна помилка (MAE), середньоквадратична відсоткова помилка (RMSE) та середньоабсолютна відсоткова помилка (MAPE) [8].

Таблиця 2. Приклад результатів прогнозування споживання електроенергії різними нейромережевими моделями.

Модель	MSE	MAE	RMSE	MAPE (%)
MLP	0.052	0.185	0.228	4.5
RNN	0.048	0.178	0.219	4.2
LSTM	0.035	0.145	0.187	3.1
GRU	0.038	0.152	0.195	3.3

(Примітка: Значення метрик є умовними та наведені для ілюстрації порівняння моделей.)

Наведені результати показують, що моделі LSTM та GRU демонструють нижчі значення помилок порівняно з MLP та RNN, що свідчить про їхню вищу точність у прогнозуванні споживання електроенергії на даному наборі даних.

Висновки. Застосування нейронних мереж є перспективним підходом для прогнозування споживання електроенергії. Архітектури LSTM та GRU, завдяки своїй здатності моделювати довгострокові залежності у часових рядах, часто забезпечують вищу точність прогнозів порівняно з традиційними MLP та RNN. Врахування різноманітних вхідних факторів, таких як історичне споживання, погодні умови та календарні події, є ключовим для побудови ефективних нейромережових моделей.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку гібридних моделей, що поєднують переваги нейронних мереж з іншими методами прогнозування, а також на вивчення можливостей використання новітніх архітектур нейронних мереж, таких як Transformer, для прогнозування споживання електроенергії. Впровадження точних та надійних систем прогнозування на основі нейронних мереж сприятиме оптимізації енергетичних систем, зниженню витрат та підвищенню стабільності енергопостачання.

Список використаної літератури

1. Hong T., Fan S., Chen J. Long short-term memory neural network for probabilistic load forecasting. *IEEE Transactions on Smart Grid: scientific journal*. 2016. 7(3).P. 1352-1362.

2. Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. *Forecasting: principles and practice*: manual. 2018.
3. Рильським О.В., Іванов В.В. Застосування штучних нейронних мереж для прогнозування часових рядів. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*: науковий журнал. 2019. № 3. С. 55-62.
4. Rosenblatt F. The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological review*: manual. 1958. Vol. 65(6). 386 p.
5. Rumelhart D.E., Hinton G.E., Williams R.J. Learning representations by back-propagating errors. *Nature*: scientific journal. 1986. Vol. 323(6088). P. 533-536.
6. Hochreiter S., Schmidhuber J. (1997). Long short-term memory. *Neural computation*: scientific journal. 1997. Vol. 9(8). P. 1735-1780.
7. Li J., Zhao Y., Yu X. (2020). A hybrid deep learning approach for short-term load forecasting based on LSTM and CNN. *Energy*: manual. 2020. Vol. 198. 117354 p.
8. Chai T., Draxler R.R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?—Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*: scientific journal. 2014. 7(3). P. 1247-1250.

НАПРЯМ

4

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ СУЧАСНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Іван ДІБРОВА³³,

студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОЗУЮЧОГО ПРИСТРОЮ КУЛЬТИВАТОРА-ПІДЖИВЛЮВАЧА ДЛЯ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Анотація. Розглядається питання підвищення ефективності внесення твердих мінеральних добрив у гребені картоплі робочими органами культиватора-підживлювача. Запропоновано дозуючий пристрій культиватора для роботи в системах точного землеробства, який може застосовуватись на різній сільськогосподарській техніці, призначений для внесення твердих мінеральних добрив.

Ключові слова: культиватор-підживлювач, дозуючий пристрій, робочий орган, подача, шнек, частота обертання.

Annotation. The issue of increasing the efficiency of applying solid mineral fertilizers to potato ridges by the working bodies of the cultivator-feeder is considered. A cultivator dosing device for operation in precision farming systems is proposed, which can be used on various agricultural machinery designed for applying solid mineral fertilizers.

Key words: cultivator-feeder, dosing device, working body, feed, auger, rotation speed.

Вступ. Ефективне внесення мінеральних добрив є ключовим фактором підвищення врожайності сільськогосподарських культур та раціонального

³³Науковий керівник – Шаповалюк С.О., асистент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

використання агроресурсів. Одним із перспективних напрямів удосконалення технологічного процесу є використання культиваторів-підживлювачів, оснащених сучасними дозуючими пристроями [1, 2].

Удосконалення дозуючих механізмів дозволяє не тільки підвищити точність розподілу добрив у ґрунті, а й мінімізувати їх втрати, що особливо актуально в умовах інтенсифікації землеробства та зростаючих вимог до екологічної безпеки агротехнологій. Теоретичні дослідження дозуючих пристроїв спрямовані на аналіз конструктивних рішень, оцінку рівномірності подачі добрив та оптимізацію їх роботи в польових умовах.

Виклад основного матеріалу. Запропоновану конструктивно-технологічну схему культиватора-підживлювача представлена на рис. 1. Культиватор-підживлювач складається з рами 3, на якій встановлений бункер для твердих мінеральних добрив 1 з пристроями для дозування. Дозуючий пристрій шнекового типу має регульоване за допомогою актуатора вивантажувальний вікно. Корпус дозуючого пристрою приєднаний тукопроводом 2 до сошника з розсіювачем. За сошником з розсіювачем закріплена форсунка 7. Рама культиватора-підживлювача встановлена на опорних колесах 4. Окучник 6 закріплений на рамі зі зміщенням щодо сошника з розсіювачем. У задній частині культиватора-підживлювача встановлений бак для рідких препаратів 9, з'єднаний шлангопроводами 8 з насосом-дозатором 10.

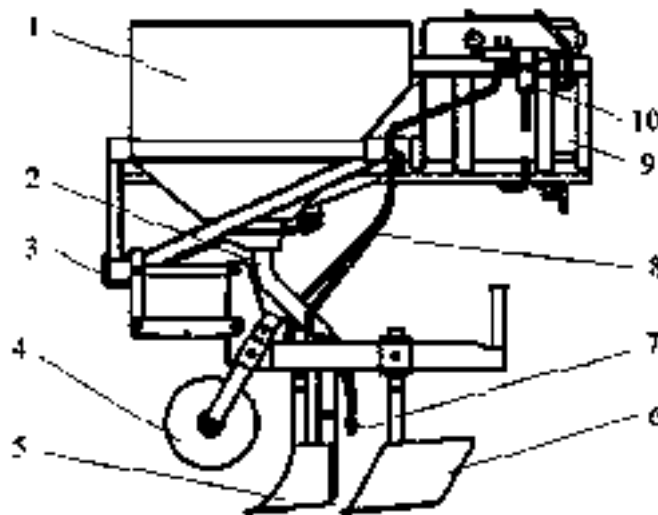


Рис.1. Конструктивно-технологічна схема культиватора-підживлювача: 1 – бункер для твердих мінеральних добрив; 2 – тукопровод; 3 – рама; 4 – опорне колесо; 5 – сошник з розсіювачем; 6 – окучник; 7 – форсунка; 8 – шлангопроводи; 9 – бак для рідких препаратів; 10 – насос-дозатор.

Культиватор-підживлювач працює в такий спосіб. Перед початком роботи здійснюють завантаження культиватора-підживлювача твердими мінеральними добривами та заправлення рідкими препаратами. Налаштування глибини ходу сошника з розсіювачем та окучника проводять за допомогою опорних коліс. Регулюють попередню подачу твердих мінеральних добрив дозуючим пристроєм шнекового типу, остаточно норма внесення визначається на основі електронних карт завдань за допомогою актуатора, що змінює відкриття вивантажувального

вікна. Подача рідких препаратів визначається тиском насоса-дозатора та прохідним перерізом форсунки. При русі полем культиватора-підживлювач сошник з розсіювачем утворює борозну, у якій рівномірно розподіляються дозовані тверді мінеральні добрива. Рідкі препарати наносяться на тверді гранули мінеральних добрив. Потім окучники закривають борозну з утворенням гребня. Культиватор-підгортач має можливість внесення окремо рідких препаратів та твердих мінеральних добрив, а також проводити підживлення та підгортання сходів картоплі.

При цьому при вирощуванні картоплі актуальним є локальне внесення добрив під бульбу, що сприяє більш рівномірному утворенню бічних столонів картоплі. У зв'язку з цим виробниками сільськогосподарської техніки випускаються картопле сажалки із системами внесення добрив при садінні, також є різні моделі культиватора-підживлювача. Однак ці машини не обладнані системами локального внесення мінеральних добрив.

Таким чином, актуальним завданням є розробка систем диференційованого внесення добрив здатних працювати як при передпосівній підготовці ґрунту, так і при здійсненні підживлення в період міжрядного обробітку.

У системах точного землеробства використовуються вібраційні дозатори. Конструкція подібних систем є шибром дозатором і обмежувачем із встановленою під ним вібраційною пластиною з електромагнітом. Працюють подібні конструкції наступним чином: з бункера мінеральні добрива надходять через дозуюче вікно, де в результаті вібраційного переміщення пластини з заданою частотою добрива надходять у дільник потоку, з якого зсипається в тукопроводи [3].

Конструкція даних, дозуючих систем, має безперечні переваги, пов'язані з високим діапазоном регулювань і точністю дозування мінеральних добрив. При цьому варто звернути увагу і на недоліки. Наявність великих включень у мінеральних добривах може призвести до забивання дозуючого пристрою, крім того, у процесі дозування подача добрив відбувається за рахунок гравітації і залежить від сипучості конкретних добрив.

Також найпоширенішими системами дозування твердих мінеральних добрив є системи, що використовують спіральні та гвинтові робочі органи. Дані системи являють собою туковисівний механізм, встановлений в нижній частині бункера для добрив і що складається, як правило, із шнеків з правою та лівою навивкою, встановлених на єдиному валу, обертання якого може здійснюватися як від приводних коліс культиватора, так і від електроприводу. При обертанні валу добрива за допомогою шнека надходять до вивантажувальних вікон пристрою, через які сипаються в тукопроводи. Для зниження процесів сегрегації подібні конструкції обладнуються розсіювачами для вирівнювання потоку мінеральних добрив.

Пропонований дозатор твердих мінеральних добрив представлений на рис. 2 та 3.

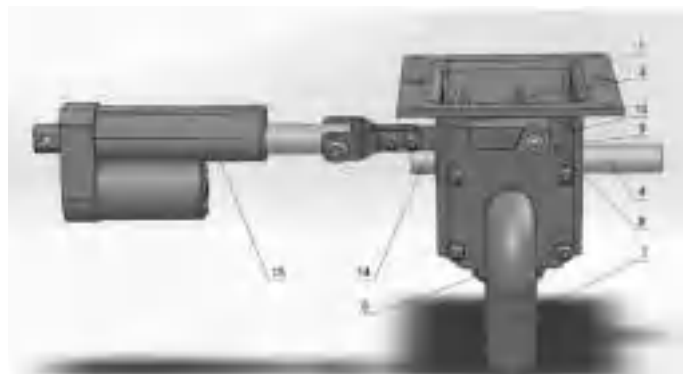


Рис. 2. Схема дозатора твердых минеральных добрив.

Дозатор твердых минеральных добрив містить корпус 1 з вивантажувальним отвором 2, складний шнек 3 із зустрічно спрямованими витками, що сходяться навпроти вивантажувального отвору, встановлений на валу 4, який підключений до електроприводу (на рис. не показаний). Корпус 1 містить розвантажувальну горловину 5 з встановленою на ній кришкою 6. Корпус 1 з'єднаний з вивантажуванням патрубком 7 системою дозування 8.

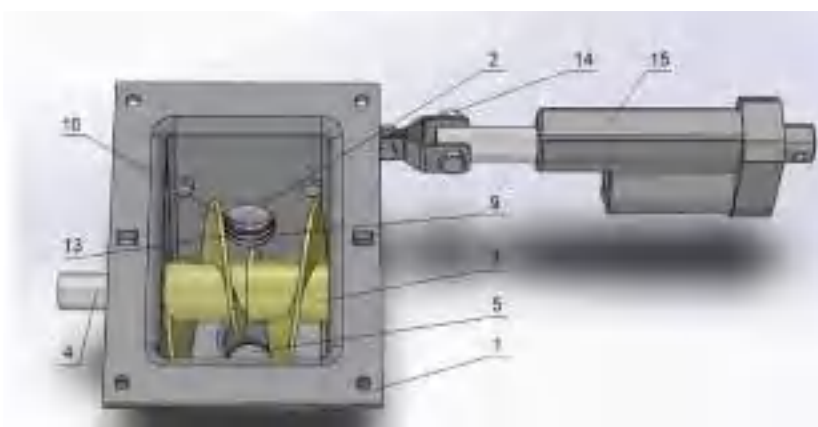


Рис. 3. Вид зверху дозатора твердых минеральных добрив.

Система дозування 8 включає бічну стінку 9 корпусу і водило 10, виконані з напрямними пазами 11 і 12, відповідно, і заслінки 13, встановлені з можливістю переміщення в пазах 11 і 12. Водило 10 з'єднане через тягу 14 з актуатором 15.

Працює пропонований дозатор твердых минеральных добрив в такий спосіб.

З блоку керування згідно з картою завдань, подається сигнал на електропривод (на рисунку не показаний) який встановлює швидкість обертання складного шнека 3, також подається сигнал на актуатор 15, який переміщає тягу 14, тим самим обертаючи водило 10, в результаті чого зміщуються заслінки 13 в пазах 12 і направляючих пазах 11. Зміщення заслінки 13 змінюють переріз вивантажувального отвору 2. У процесі обертання складного шнека 3 тверді минеральні добрива проштовхуються через вивантажувальний отвір 2 проходячи через систему дозування 8 поступають у вивантажувальний патрубок 7 із якого відбувається їх вивантаження.

Регулювання норми внесення твердых минеральных добрив може здійснюватися як за допомогою зміни частоти обертання складного шнека 3, так

і за допомогою системи дозування 8, що змінює прохідний переріз вивантажувального отвору 2. Точне регулювання норми внесення буде досягатися за рахунок одночасної роботи системи дозування 8 і складного шнека 3, що обертається, створює спрямований потік гранул мінеральних добрив, які прагнуть пройти через заданий переріз вивантажувального отвору 2.

Дозатор може бути використаний у сільському господарстві для дозування твердих мінеральних добрив та інших сипучих матеріалів на різних сільськогосподарських машинах, наприклад, у відцентрових розкидачах твердих мінеральних добрив, у культиваторах підживлювачах, у туковисівних апаратах.

При обробі сільськогосподарських культур в останні роки особливу увагу звертають не тільки на економічну ефективність, а й на те екологічне навантаження, яке виявляється при їх вирощуванні. Варто відзначити, що основними джерелами екологічного забруднення навколишнього середовища в сільському господарстві є пестициди та мінеральні добрива, при цьому вони є одними з основних пунктів витрат при вирощуванні сільськогосподарських культур. У зв'язку з чим сільськогосподарська наука активно розробляє машинні технології та технічні засоби, спрямовані на зниження даних факторів. В даний час стали активно застосовуватися технології диференційованого внесення мінеральних добрив, засновані на даних про врожайність полів та чутливість культур[2-4].

Для внесення твердих мінеральних добрив з високою точністю їхнього дозування було розроблено дозувальний пристрій (рис. 4).

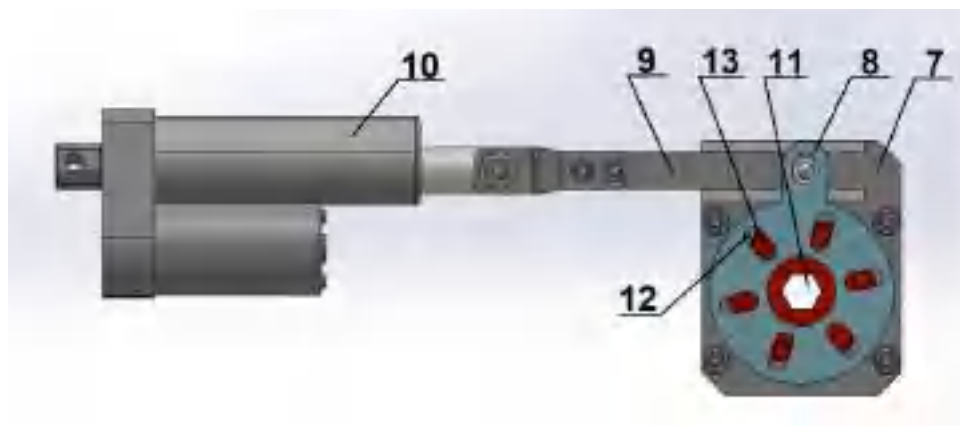


Рис. 4. Система дозування вид з боку вивантажувального патрубку: 7 – бічна стінка; 8 – водило; 9 – тяга; 10 – актуатор; 11 – вивантажувальний отвір; 12 – пази; 13 – заслінки.

Пропонований дозуючий пристрій являє собою корпус, що має вивантажувальний отвір, усередині якого на валу встановлений шнек зустрічно спрямованими витками. При цьому корпус з'єднаний з вивантаженим патрубком через систему дозування, яка через свою тягу з'єднана з актуатором.

Система дозування включає бічну стінку корпусу і водило, які мають у своїй конструкції напрямні пази, при цьому в пазах встановлені заслінки з можливістю їх переміщення всередині них, у свою чергу водило через тягу з'єднане з актуатором.

При роботі системи дозування з блоку управління подається сигнал на

електропривод, який у свою чергу встановлює швидкість обертання валу з встановленим складоним шнеком, крім того, з блоку управління подається сигнал на актуатор, який переміщає тягу. В результаті зміни положення тяги відбувається обертання водила за годинниковою або проти годинникової стрілки, внаслідок чого змінюється положення заслінок. Переміщення заслінок змінює прохідний переріз вивантажувального отвору. У процесі обертання складеного шнека тверді мінеральні добрива проштовхуються через вивантажувальний отвір, проходячи через систему дозування, що надходять у вивантажувальний патрубок, з якого відбувається їхнє вивантаження.

Варто зазначити, що конструкція пропонованого дозуючого пристрою призначена для використання в відцентрових розподільниках твердих мінеральних добрив, в культиваторах підживлювачів, туковисівних апаратах сівалок.

Запропонована конструкція системи дозування передбачає регулювання норми внесення твердих мінеральних добрив як за рахунок зміни прохідного перерізу вивантажувального отвору за допомогою системи дозування, так і в результаті зміни частоти обертання складного шнека.

У зв'язку з чим подачу шнекового дозуючого пристрою можна визначити виходячи з геометричних параметрів [5].

$$P_r = 3600 \cdot F_{nom} \cdot v \cdot \rho, \quad (1)$$

де P_r – подача добрив шнековим дозуючим пристроєм, кг/год; F_{nom} – площа поперечного перерізу потоку добрив у дозувальному пристрої, м²; v – швидкість потоку добрив, м/с; ρ – об'ємна вага добрив, кг/м³.

Площа поперечного перерізу потоку добрив у дозувальному пристрої буде визначитися вписаним колом діаметром вивантажувального вікна

$$F_{nom} = \psi \cdot \pi \sqrt{3} \cdot D^2 / 2, \quad (2)$$

де D – діаметр вписаного кола вивантажувального вікна, м;
 ψ – коефіцієнт заповнення дозуючого пристрою.

У свою чергу швидкість потоку добрив буде залежати від частоти обертання та відстані між витками шнека [5].

$$v = \omega_{ш} \cdot S_{ш} = \frac{\pi \cdot n_{ш}}{30} \cdot S_{ш}, \quad (3)$$

де $\omega_{ш}$ – кутова швидкість шнека, рад/с;
 $S_{ш}$ – крок витків шнека, м;
 $n_{ш}$ – частота обертання шнека, об/хв.

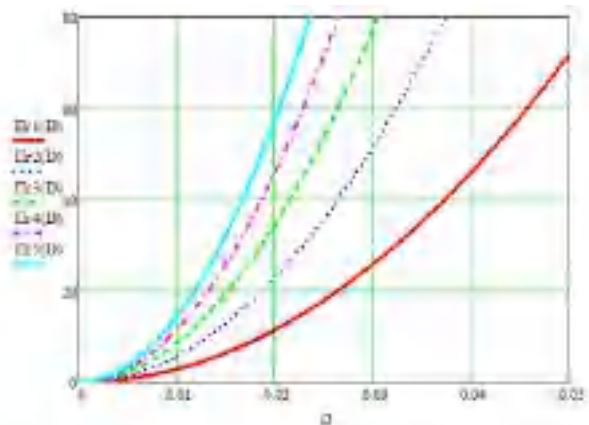
Підставивши значення параметрів (2) і (3) у вираз (1), отримаємо подачу шнекового пристрою для дозування.

$$P_r = 60 \sqrt{3 \cdot \rho \cdot \psi \cdot n_{ш} \cdot \pi^2 \cdot S_{ш} \cdot D^2}. \quad (4)$$

Скориставшись виразом (4) у програмі Mathcad було проведено дослідження подачі шнекового дозуючого пристрою (рис. 5).

Аналіз графіка показав, що подача шнекового дозуючого пристрою визначається частотою обертання шнека та площею вивантажувального отвору. Варто також відзначити, взаємний вплив частоти обертання шнека та площі

вивантажувального вікна, так із збільшенням частоти обертання шнека, діаметр вивантажувального отвору робить більший вплив на подачу. Тому при виборі подачі дозуючого пристрою слід змінювати частоту обертання шнека та площу вивантажувального вікна. Встановлено, що раціональні режими роботи запропонованого пристрою дозування будуть при зміні площі вивантажувального вікна в діапазонах від 100 мм² до 600 мм² і частоти обертання складного шнека від 40 до 70 об/хв.



1–20 об/хв; 2–40 об/хв; 3–60 об/хв; 4–80 об/хв; 5–100 об/хв

Рис. 5. Залежність подачі дозуючого пристрої від зміни частоти обертання шнека та прохідного перерізу вивантажувального вікна.

Висновки. У ході досліджень було розроблено дозуючий пристрій, призначений для роботи в системах точного землеробства і який може застосовуватись на різній сільськогосподарській техніці, призначений для внесення твердих мінеральних добрив.

Проведені теоретичні дослідження показують, що розроблений дозуючий пристрій має широкий діапазон регулювань, тим самим здатний забезпечувати внесення мінеральних добрив у необхідних дозах з високим ступенем точності. При цьому раціональні режими роботи запропонованого пристрою дозування будуть при зміні площі вивантажувального вікна в діапазонах від 100 мм² до 600 мм² і частоти обертання складного шнека від 40 до 70 об/хв.

Список використаної літератури

1. Shvets L., Ostapenko V. Development of machine unit for resource-saving technologies of soil processing. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2023. № 3 (122). С. 109–115.
2. Серeda Л.П., Швець Л.В. Розробка культиватора для нових технологій обробки ґрунту. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2020. №3(110). С. 117–125.
3. Руткевич В., Остапенко В., Кажуро М. Теоретичне дослідження умов роботи дозуючих робочих органів посівного комплексу для диференційованого внесення добрив. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки* науковий журнал. 2024. № 4 (339). С. 91–96.

4. Руткевич В.С., Остапенко В.А. Розроблення висівної системи посівного комплексу для внутрішньо-грунтового диференційованого мінерального удобрення з одночасною сівбою зернових культур *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки* науковий журнал. 2024. № 1 (330).С. 264–270.

5. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підруч. для студ. вузів. Київ: Друк. 2005. 464 с.

Вадим ГАНЖА³⁴,
студент 4 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАЧІ КОРМІВ

***Анотація.** Виконано аналіз сучасних мобільних технічних засобів для приготування та роздачі кормових сумішей великій рогатій худобі. Окреслено основні напрямки їхнього розвитку, порівняно характеристики кількох закордонних кормороздавачів-змішувачів, а також проаналізовано їх технологічні та конструктивні особливості.*

***Ключові слова:** кормороздавач-змішувач, фермські комбайни, порівняльні характеристики, технологічний процес, навантажувач.*

***Annotation.** An analysis of modern mobile technical means for the preparation and distribution of feed mixtures to cattle has been carried out. The main directions of their development have been outlined, the characteristics of several foreign feed mixers have been compared, and their technological and design features have been analyzed.*

***Keywords:** feed mixer, farm combines, comparative characteristics, technological process, loader.*

Вступ. Організація годівлі тварин є ключовим елементом у будь-якій технології виробництва тваринницької продукції. Серед численних машин, що реалізують ці технології, важливу роль відіграють кормоприготувальні машини та роздавачі кормів. Ці машини виконують складні та відповідальні операції в тваринництві, такі як навантаження, подрібнення, змішування, дозування і роздача кормів. Вони становлять 20-30 % усіх витрат праці у процесах виробництва молока та м'яса [1-2].

Актуальність досліджень на тему «Перспективи розвитку і ефективність використання сучасних машин та обладнання для приготування і роздачі кормів»

³⁴Науковий керівник – Руткевич В.С., к.т.н., доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

обумовлена необхідністю підвищення ефективності виробництва тваринницької продукції, зокрема молока та м'яса, в умовах постійного зростання вимог до якості та продуктивності. У сучасних умовах, коли механізація та автоматизація процесів є невід'ємною частиною розвитку аграрного сектору, особливо важливим є удосконалення технологій приготування та роздачі кормів.

Використання сучасних машин та обладнання дозволяє значно зменшити витрати праці, покращити якість кормових сумішей, забезпечити точне дозування та зменшити втрати кормів, що в свою чергу сприяє підвищенню продуктивності тварин та зниженню витрат на виробництво. Зокрема, інтеграція новітніх технологій дозволяє знизити енергетичні витрати та поліпшити екологічну ситуацію у фермерських господарствах.

Актуальність цієї теми також зумовлена необхідністю пошуку нових рішень для адаптації до змінних умов ринку та зростаючого попиту на високоякісну продукцію. Подальший розвиток та вдосконалення машин для приготування і роздачі кормів сприятиме оптимізації всіх етапів виробництва, що безпосередньо вплине на конкурентоспроможність аграрного сектору на світовому ринку.

Виклад основного матеріалу. Традиційна технологія приготування і роздавання кормів в більшості господарств України базується на застосуванні універсальних навантажувачів типу СНУ-0.5, НФ-0.5, ПЕ-1 «Карпатець», ПЕ-0.8, ПФ-0.5, кормоцехів КОРК-15 і КЦК-5, а також кормороздавачів типу РММ-5 і КТУ-10 [3-5]. Дані засоби є базовими для всіх тваринницьких ферм країни, що випускаються нашою промисловістю вже протягом останніх 25-30-ти років. Згадана технологія енерго-, метало-, трудомістка і не забезпечує високої надійності, оперативності та точності здійснення процесів годівлі тварин. Окрім цього, такі машини є фізично та морально застарілі, а запасні частини на них не виготовляються. Тоді, як в зарубіжній практиці спостерігається тенденція до універсальності і розширення функціональних можливостей кормороздавачів. Випускаються самохідні і причіпні машини, з пристосуваннями для самозавантаження і без них. Кормозмішувачі з пристосуванням для завантаження працюють таким чином (рис. 1): трактор подає візок заднім бортом до силосного масиву, від якого при малій подачі фрезбарабана або черенковим ножом зрізається шар корму та подається в бункер із шнеком.



Рис. 1. Кормозмішувач з пристосуванням для завантаження.

В залежності від марки і моделі ці агрегати виготовляються в різному виконанні і оснащені подрібнюючими ножами. Після завантаження кормозмішувач транспортує корм в тваринницьке приміщення. При цьому перемішування компонентів починається ще в процесі навантаження і триває аж до роздачі корму. Кормороздавачі обладнано вивантажувальним люком. Встановлений на дні бункера скребковий або стрічковий транспортер дозволяє видати корм безпосередньо в годівниці чи кормовий стіл на ліву чи праву сторону.

Досить велику групу складають самохідні кормозмішувачі-роздавачі з навантажувачами безперервно-циклічної дії з бункерами-накопичувачами (рис. 2) або без них, з робочими органами у вигляді фрез-барабанів з різними ножами та ріжучими шнеками.



Рис. 2. Самохідний кормороздавач-змішувач з навантажувачем безперервно-циклічної дії фірми KUHN.

Для подачі відділеного від масиву корму в транспортні засоби в конструкціях навантажувачів цієї групи найбільшого поширення набули пневмокидалки та стрічкові транспортери. Змішування компонентів кормосуміші здійснюється горизонтально встановленими шнековими змішувачами, вертикально конічними шнеками або лопатевими робочими органами. Інтегровані електронні ваги на кормозмішувачах забезпечують точне завдання кількості корму, контроль і аналіз роботи по годуванню.

Кормороздавачі-змішувачі з вертикальним шнеком (рис. 3а) надійніші в експлуатації та дають змогу отримати найбільш гомогенну кормову суміш, тоді як горизонтально змішуючі робочі органи (рис. 3б) інтенсивніше доподрібнюють волокнисті компоненти суміші, ніж вертикальні. Тому фермерські комбайни з вертикальними робочими органами слід використовувати в господарствах, де у сховища завантажують добре подрібнені корми, а з горизонтальними – у роботі з недостатньо подрібненими кормами.

Сучасний світовий ринок має понад 25 фірм, які спеціалізуються на виробництві даних машин. Деякі з них представлено й на ринку України. Такі самохідні фермерські комбайни випускають більшість закордонних фірм: Horalas, Himmel, Vikon, V.d.H. BvL, Siloking, Strautmann (Німечина), Lukas, Sacguvel, Kuhn (Франція), Seko, AGM, Marmix, Luclar (Італія), Van Lengerich, Trioliet (Нідерланди), Kverneland (Норвегія), De Laval (Швеція), Roto-mix, Patz (США), MetalTech (Польща) тощо [1, 2, 4, 6].



а)



б)

Рис. 3. Види шнеків кормороздавачів: а) – вертикальні шнеки кормороздавача;
б) – горизонтальні шнеки кормороздавача.

Постачальником техніки виробництва фірми Bernard van Lengerich GmbH (BvL – Німеччина) в Україні є ТОВ “Агротехніка”. Сучасні моделі змішувачів-кормороздавачів фірми BvL (рис. 4) відрізняється від однотипного обладнання інших фірм низкою ознак:

- запатентованою системою точного дозування, що гарантує рівномірність розвантаження корму через асиметрично розміщені бічні розвантажувальні отвори;
- розробленим на фірмі конусоподібним змішувальним шнеком та бункером, форма якого не має кутів, гарантують якісне й легке змішування;
- шнек і бункер виготовлено з високоякісної сталі ST.52-3, що гарантує їхню довговічність;
- можливістю регулювання ножів змішувального шнека залежно від складу й стану кормових компонентів.



Рис. 4. Напівпричіпний вертикальний кормозмішувач V-Mix фірми BvL без пристосування для завантаження.

Компанія ТОВ «Фем Технолоджі» постачає техніку італійської фірми SEKO. Особливістю будови кормороздавачів SEKO є розбірна конструкція бункера, що дає можливість замінити будь-який його елемент (днище, бічні стінки тощо). Майже на всіх моделях кормороздавачів SEKO можна встановлювати завантажувальну фрезу, транспортер-роздавач, електрогідравлічну систему керування транспортером, систему зважування з програмним забезпеченням на 100 раціонів.

Постійним учасником міжнародних виставок є французька фірма KUNN, яка спеціалізується не лише на сільськогосподарських машинах для рослинництва, а й має напрацювання в галузі тваринництва. Зокрема, ця фірма експонує змішувачі-кормороздавачі з вертикальним шнеком Vertical Maxx 5100. Агрегат відрізняється порівняно невеликою габаритною шириною, що дає змогу використовувати його в приміщеннях із вузьким кормовим проходом. Euromix I серії 70 та Euromix II серії 80 мають один чи два вертикальні змішувальні шнеки та об'єм бункера від 8 до 27 м³ і від 8 до 27 м³ [6].

Детальнішу технічну характеристику конкретних моделей засобів приготування й роздавання кормів з навантажувальним механізмом наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Кормозмішувачі-роздавачі з навантажувальним механізмом.

Виробник	Показники					
	Об'єм, м ³	Маса, кг	Робочий орган, ширина/висота виїмки, м/м	Система змішування	Потужність, кВт	Габаритні розміри. Довжина/ширина/висота, м/м/м
AGV WT8	8	5500	фреза 1,20/5,20	конічний шнек	44	6,60/2,30/2,92
Audureau Euromix	8	4490	фреза 1,40/5,00	3 шнека	48	6,67/2,25/2,40
BvL Starmix	9	4630	двухножевой ріжучий механізм	4 шнека	60	5,75/2,35/2,30
Comag DU 8	8	5200	фреза 1,80/4,50	4 шнека	44	5,70/2,35/2,30
Luclar Nevada	9	4000	фреза 1,44/5,80	4 шнека	48	5,05/2,05/2,35
Marmix-Super Unifeed 850	9	4300	фреза 1,50/4,50	3 шнека	55	5,80/2,20/2,70
Meyer Unifed 850	8	4500	фреза 6,15/4,20	3 шнека	37	5,60/2,25/2,05
Seko Samurai Sl 85	8	4200	фреза 1,48/4,80	2 шнека	44	5,40/2,30/2,50
Sgariboldi Mini 9DF	9	2800	фреза 1,50/4,50	1 шнек	44	6,00/2,10/2,70
Strautmann Powermix 800S	8	6500	двухножева ріжуча лопата	4 шнека	59	5,76/2,32/2,61
Walker Bulldog DS8	8	4500	фреза 1,50/4,00	3 шнека	44	5,80/2,22/2,45

Ексклюзивний імпортер польської фірми MetalTech в Україні – фірма “Домекс” – представляє змішувачі-роздавачі кормів WP 6, WP8-WP15, WPP17-WPP24, які для змішування використовують один (WP) та два (WPP) вертикальні шнеки. Агрегати оснащено електронними вагами з акустичним сигналом.

Для оцінки цієї техніки спеціалістами УкрНДІПВТ імені Л. Погорілого були проведені випробування 6 одиниць причіпних кормороздавачів-змішувачів різних закордонних фірм: Samuraj 3 Plus 500/135; Sam 5 450/90 та Sam 5 450/95 фірми Seko (Італія); Roto-mix 354-12 фірми Roto-Mix (США); горизонтальний кормозмішувач ДеЛаваль НМ 12 (Швеція) і Solomix 2 12 VL фірми Trioliet (Нідерланди). За результатами досліджень фахівці дійшли висновку, що нова технологія приготування і роздавання кормів є енерго- і ресурсоощадною, дає змогу знизити металомісткість та енергоємність однієї тони приготовленої і розданої кормосуміші відповідно у 1,9 та 1,6 разу, зменшити кількість енергозасобів і обслуговуючого персоналу [4, 6].

За габаритними розмірами, найбільш адаптованими до стандартів, які тривалий час використовувалися при будівництві приміщень ферм в Україні, є кормозмішувачі-роздавачі фірми Seko (Італія) та ДеЛаваль (Швеція). Місткість даних машин знаходиться в широких діапазонах від 1 до 19 м³, але найбільшого поширення набули об'єми від 8-10 м³ (таблиця 1). Така техніка за останні 5-6 років дедалі ширше впроваджується в господарствах України. Кормозмішувачі агрегуються з тракторами і працюють від валу відбору потужності. Використовувана потужність від 25 до 60 кВт.

Мобільні кормозмішувачі використовуються, перш за все, великими аграрними фірмами, які обслуговують велику кількість далеко розкиданих тваринницьких приміщень. Дані машини відзначаються високою вартістю і виправдовують себе лише при поголів'ї стада більше 200 умовних голів.

На відміну від вітчизняних навантажувачів, що залишають після своєї роботи розворушену силосну яму і створюють таким чином передумови для вторинної ферментації та втрат кормами поживних речовин, фермерський комбайн залишає рівний зріз силосного чи сінажного моноліту. Структура силосу не порушується, а тварини отримують свіжий, не зіпсований корм.

Слід зазначити, що практично усі зазначені фірми виробники поставляють кормозмішувачі-роздавачі і без завантажувального обладнання, що обумовлено тим, що практично кожне західноєвропейське господарство має універсальний фронтальний навантажувач з робочими органами для відрізання порції стеблового корму блоками, якими заповнюється бункер. Крім того, деякі види компонентів кормосуміші, наприклад, рулонне сіно чи сінаж, незалежно від наявності навантажувального обладнання у змішувача, приходиться завантажувати фронтальними навантажувачами.

Детальнішу технічну характеристику конкретних моделей засобів приготування й роздавання кормів без навантажувального механізму наведено в таблиці 2. Машини, оснащені навантажувальним обладнанням, не тільки значно дорожчі, ніж аналоги без навантажувача, але й вимагають на 20-25 кВт більшої

потужності тракторного двигуна. Для раціональної експлуатації кормозмішувача з фрезерним навантажувачем висота кормового масиву повинна бути не менше 2 м, в іншому випадку тривалість наповнення бункера збільшується.

Таблиця 2. Кормозмішувачі-роздавачі без навантажувального механізму.

Виробник	Показники					
	Об'єм, м ³	Маса, кг	Роздача корму	Система змішування	Потужність, кВт	Габаритні розміри. Довжина/ширина/висота, м/м/м
BvL Topmix	9	3300	зліва	шнек	44	5,13/2,10/2,39
Comang UVS/8	8	4400	зліва і праворуч	конічний шнек	37	5,10/2,10/2,60
Keenan Easyfeeder 80	8	3800	зліва	лопатекий змішувач + шнек	29	4,75/2,35/2,40
Logifeed RME 310	9	4200	зліва	3 шнека	37	5,60/2,35/2,60
Omas 8 California	8	4700	зліва і праворуч	конічний шнек	44	5,20/2,10/2,55
Pagliari TMF 8 RE	8	5200	зліва	4 шнека	48	5,30/2,00/2,35
Pagliari MHV 110 Patriot	10	5800	зліва і праворуч	2 конічних шнека	40	5,40/2,40/2,60
Redrok 8 FD	8	3600	зліва	лопатекий змішувач + шнек	30	5,13/2,31/2,39
Strautmann Powermix 800	8	5000	праворуч	4 шнека	48	4,94/2,20/2,39

Слід відзначити, що в Україні також на базі ВАТ «Брацлав» розпочато виробництво засобів для приготування і роздавання кормів. Тобто, незважаючи на кризову ситуацію в тваринництві України, яка призвела до зменшення поголів'я великої рогатої худоби, слід відзначити певні зрушення у впровадженні в аграрних підприємствах сучасних технологій утримання тварин, забезпечення ефективними та продуктивними засобами для приготування і роздавання кормів.

Висновки. Огляд сучасних засобів механізації годівлі великої рогатої худоби підтверджує актуальність і перспективність використання комбінованих транспортно-технологічних агрегатів. Широкий вибір таких агрегатів на світовому ринку дозволяє адаптувати їх до потреб господарств різної величини та специфіки виробництва, підвищуючи ефективність і знижуючи витрати.

Список використаної літератури

1. Руткевич В.С., Кушнір В.П., Остапчук О.О. Інноваційні засоби для вивантаження стеблових кормів з траншейних сховищ. *Вісник Хмельницького*

національного університету. Серія: технічні науки: науковий журнал. 2022. № 1(305). С. 261–269.

2. Іванов М.І., Грищун А.В., Руткевич В.С., Гавенко В.В. Оцінка на конкурентоспроможності дослідного зразка блочно-порційного вивантажувача консервованих кормів. *Промислова гідравліка і пневматика*: науковий журнал. 2010. № 2(28). С. 91–95.

3. Veselovska N.R, Rutkevych V.S., Shargorodsky S.A., Yaropud V.M., Kupchuk I.M. Simulation modeling of the adaptive system for hydraulic drives of a stalk forage separator. *Journal of Engineering Sciences: scientific journal*. 2025. Vol. 12(1). P. F8-F17.

4. Ivanov M.I., Rutkevych V.S., Kolisnyk O.M., Lisovoy I.O. Research on the block-portion separator parameters influence on the adjustment range of operating elements speed. *INMATEH - Agricultural Engineering: scientific journal*. 2019. Vol. 57. no.1. P. 37-44.

5. Скрипник В.І. Розробка, виробництво, конструктивні особливості і нової сільськогосподарської техніки: навчальний посібник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти. Київ: Література ЛТД. 2019. 256 с.

6. Борзненко В., Загарний В. Кормороздавачі: коровам – смачного!: веб-сайт. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1206-kormorozdavachi-korovam-smachnoho.html> (дата звернення: 20.03. 2025).

Артур Кожухар³⁵,
студент 3-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СПОСОБІВ СУШІННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація. Стаття присвячена питанню огляду та аналізу способів сушіння зерна. Розглянуто сорбційний, механічний, конвективний, електричний, контактний та променевий способи, визначені їх переваги, недоліки та особливості. Розглянуті відомі конструкції машин для сушіння зерна, та визначені напрямки інтенсифікації даного процесу.

Ключові слова: сушіння зерна, конструкції машин, якість сировини, методи сушіння.

Annotation. The article is devoted to the issue of reviewing and analyzing grain drying methods. The sorption, mechanical, convective, electrical, contact and radiation methods are considered, their advantages, disadvantages and features are determined. The known designs of grain drying machines are considered, and

³⁵Науковий керівник – Шаргородський С.А., кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

directions for intensification of this process are determined in order.

Key words: grain drying, machine designs, raw material quality, drying methods.

Вступ. Протягом усіх часів найважливішим завданням сільського господарства є забезпечення країни зерном і збереження його у високоякісному стані. Тривале зберігання зерна без втрат його якісних показників є важливим завданням сільськогосподарських підприємств. Для забезпечення нормального зберігання зерна його вологість не повинна перевищувати в середньому 14 %.

Сушіння зерна має також важливе значення в борошномельно-круп'яному виробництві. При переробці просушеного зерна забезпечується підвищення продуктивності підприємств, зменшується спрацювання устаткування, значно знижуються витрати енергії (палива).

Під час збирання нерідкі випадки, коли зерно після обмолоту на зберігання надходить вологим внаслідок сирієї погоди, що сприяють підвищенню даного показника. У зв'язку із цим необхідно організовувати таку операцію післязбиральної обробки зерна, як сушіння, яке забезпечить повну схоронність зерна протягом усього строку зберігання.

Виклад основного матеріалу. Про необхідність сушіння зібраного врожаю говорить той факт, що в міру збільшення змісту вологи в зерні зростають складнощі його збереження. Так, наприклад, при вологості зерна 15...16 % його необхідно зберігати шаром не більш одного метра. При подальшому збільшенні вологості зерна (до 17 %) товщина насипного шару не повинна бути більш 20 см, і зерно повинне часто перемішуватися. При цьому приміщень для зберігання зерна потрібно майже в три рази більше, а зерно набагато швидше заражається кліщем.

При вологості зерна вище 18 % воно, крім зараження кліщем, швидко зазнає самозігрівання, здобуває затхлий захід і при відсутності контролю й безперервної вентиляції пліснявіє, швидко втрачає колір, схожість і в найкоротший строк робиться майже непридатним для вживання.

У сільськогосподарській практиці нерідкі випадки, коли врожай зерна, прибраний при несприятливих умовах погоди, що був складений у зерносковище з вологістю вище 20%, уже на другий день починав швидко самозігріватись. У наступні дні негативні властивості в зерні наростали, і через декаду зерно настільки втрачало всі свої позитивні властивості, що робилося майже непридатним до використання навіть на фураж.

Єдиним способом збереження зерна від усіх негативних факторів є сушіння, яке не тільки припиняє подальше його розкладання, але й повністю запобігає всім негативним наслідкам, які знижують насінні й продовольчі якості зерна.

Існує три основні режими сушіння: м'який, нормальний і високотемпературний. Перші два режими вважаються низькотемпературними - у них використовують теплоносії з температурою не більш 100 °С, а при високотемпературному режимі зерно піддають обробці понад 100 °С.

Тому варто враховувати, що чим вище вологість зерна, тим більше м'який режим сушіння слід застосовувати. Для досягнення потрібного значення вологості застосовують способи сушіння зерна, що мають на сьогоднішній день широке різноманіття (рисунок 1.2)

Сорбційний спосіб являє собою змішування зерна, що містить надлишкову вологу, з яким-небудь поглиначем, функцією якого є збір виділеної із зерна вологи. Після деякого часу сорбент відокремлюють від зерна, сушать і повторно застосовують.

Найчастіше даний спосіб використовують при видаленні надлишкової вологи з насіння гороху або бобів, тому що їхня термостійкість досить невисока. До хімічних сорбентів можна віднести хлорид кальцію або силікагель. Однак не з усіма речовинами можна змішувати зерно й не від усяких речовин його можна легко відокремити.

Найбільш підходящим і доступним матеріалом є ошурки деревини. Для зниження вологості однієї тони зерна на 1% потрібно 70 кг ошурок. Крім того, ошурки можна використовувати багаторазово. Для цього необхідно зволожені від поглинання води ошурки просушити й знову пустити в діло.

Даний спосіб не пов'язаний з витратами палива або електрики на сушіння матеріалу, але вимагає 1...2 тижня часу, що є тривалим строком у порівнянні з існуючими способами, а також вимагає додаткових приміщень. Крім того, для повторного застосування сорбентів їх потрібно сушити, що іноді вимагає додаткової витрати енергії.

Механічний спосіб (пресування, фільтрація, центрифугування) зневоднювання застосовують при наявності вільної вологи (неміцний зв'язок вологи із тканинами зерна). При даному способі від вільної вологи позбуваються методом механічного впливу на зерно внаслідок впливу на вологу сили ваги або спільного впливу сили ваги й відцентрової сили.

Як приклад застосування зазначеного вище способу можна привести пристрій для видалення зовнішньої вологи із зерна (рисунок 1). Принцип його роботи полягає в наступному. Подається зерно в ротор і під дією відцентрової сили притискається до його стінок. Ротор виконаний перфорованим для видалення вологи. Також усередині ротора розташована спіраль, яка рівномірно розподіляє зерно по стінках ротора й переміщає висушене зерно до збірника».

Цей спосіб найдешевший, але застосовується тільки при наявності вільної вологи.

Конвективний спосіб. Теплота, необхідна для нагрівання вологого зерна, передається йому конвекцією від газоподібного теплоносія, що рухається (нагрітого повітря або його суміші із продуктами горіння), називаного агентом сушіння. Взаємодіючи із зерновою масою, агент сушіння забезпечує тепло- і масо обмін: зерно нагрівається, волога випаровується, поглинається газами й несеться в навколишнє середовище».

Існують різні способи інтенсифікації конвективного сушіння. Наприклад, спосіб сушіння зерна, полягає в проходженні крізь зерновий шар атмосферного або підігрітого повітря, збагачене аерофонами. Збагачення агента сушіння

аерофонами здійснюють періодично, при цьому періоди збагачення аерофонами залежать від культури зерна й конструктивних особливостей установки для сушіння зерна й змінюються в межах від 5 до 60 хвилин (рисунок 2) [120].

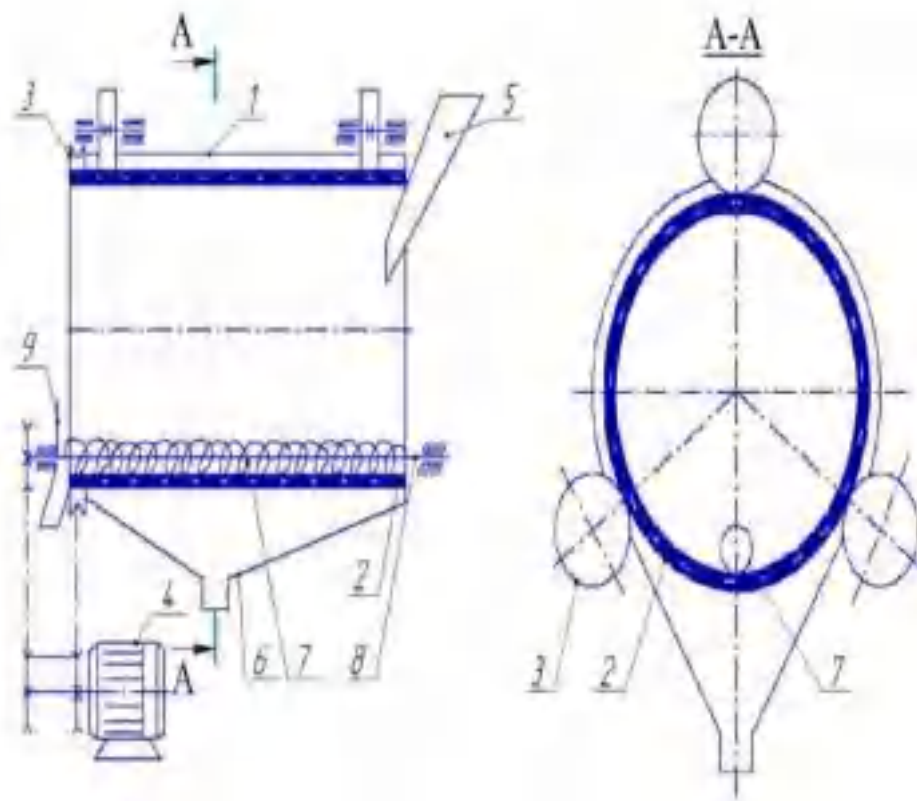


Рис. 1. Пристрій для видалення зовнішньої вологи із зерна:
1 - корпус; 2 - ротор; 3 -ролики; 4 - привод; 5 - ринва для завантаження вологого зерна; 6 - збірник осаду; 7 - спіраль; 8 - стрижень; 9 - збірник сухого зерна.

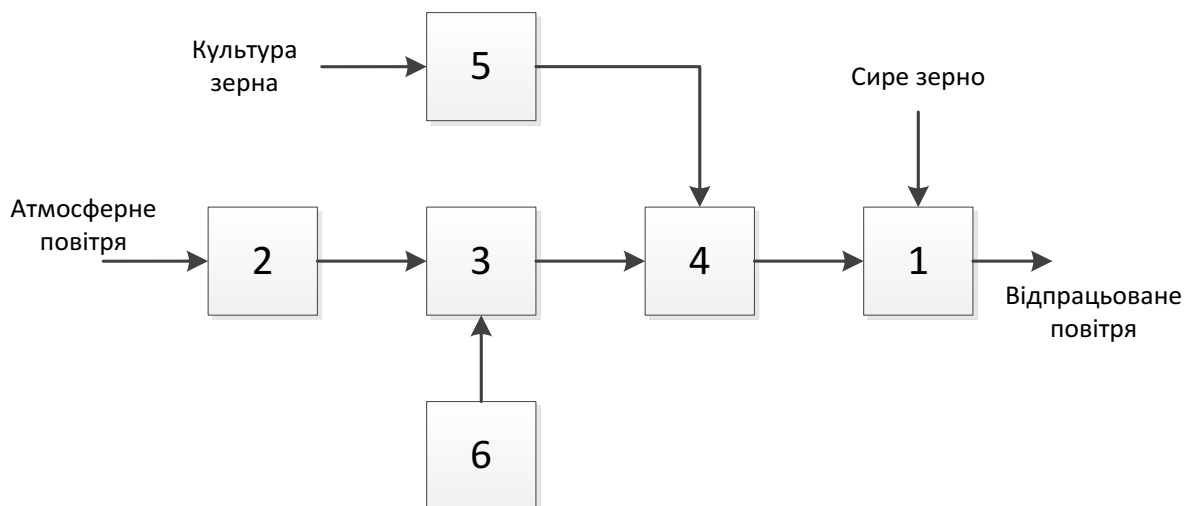


Рис. 2. Конвективний спосіб сушіння зерна:
1 - сушильна установка; 2 - вентилятор; 3 - нагрівальні елементи; 4 - іонізатор; 5 - програмний пристрій; 6 - система керування температурою повітря.

Відомий спосіб сушіння насіння і зерна, схема якого представлена на рисунок 3.

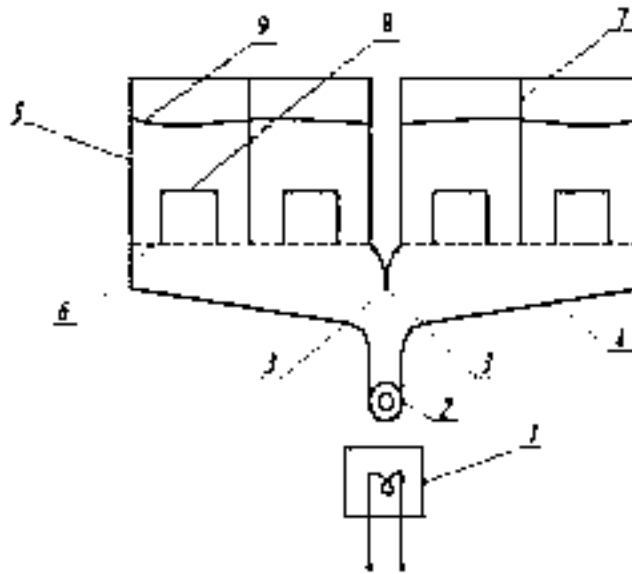


Рис. 3. Конвективний спосіб сушіння:

1 - калорифер; 2 - вентилятор; 3 - заслінка; 4 - повітряний канал; 5 - сушильні камери; 6 - ґрати; 7 - перегородка в сушильних камерах; 8 - розвантажувальні вікна; 9 - насип зерна.

Зазначений спосіб має можливість зберігати найбільшу дозволену температуру агента сушіння. Питома подача агента сушіння визначається залежно від його температури, початкової й кінцевої вологості матеріалу в інтервалі висоти шару від 0,1 м до 0,7 м. Висоту шару обмежують втратами напору в ньому. При визначенні питомої подачі агента сушіння беруть до уваги коефіцієнт випару вологи й питому поверхню зерна.

Конвективний спосіб є найбільш використовуваним серед усіх способів сушіння, але все-таки він має недоліки, такі як випар вологи тільки з поверхні продукту, нераціональне використання енергії установки, а головне - невисокий коефіцієнт теплопередачі від нагрітого повітря зерну.

При електричному способі, вологий матеріал містять у поле струмів високої частоти (ТВЧ) між двома пластинами конденсатора (рисунок 1.6).

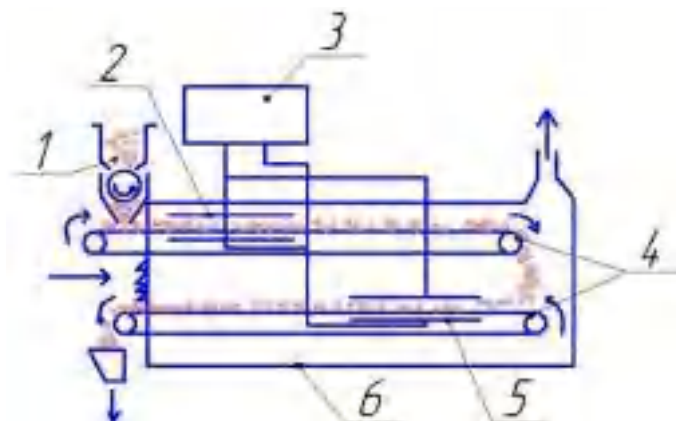


Рис. 4. Схема сушарки ТВЧ для подрібнених матеріалів:

1 - завантажувальний бункер; 2, 5 - пластины конденсаторів; 3 - генератор; 4 - стрічковий транспортер; 6 – корпус.

За рахунок руху стрічкового транспортера продукт переміщається в напрямку вивантаження. У те саме час із переміщенням молекули продукту приводяться в коливальні рухи за рахунок поляризації. Коливання відбуваються одночасно з тертям часток і нагріванням оброблюваного матеріалу. Представлений спосіб дозволяє за короткий строк і рівномірно підняти температуру зерна, що приведе до випару вологи.

Але, незважаючи на його переваги, представлений спосіб не має затребуваності в сільськогосподарських підприємствах, що пов'язано з високими витратами енергії, а також складності встаткування й обслуговування установок.

Контактний спосіб являє собою повідомлення зерну теплоти за допомогою зіткнення його з нагрітою поверхнею. Повітря при застосуванні даного способу виконує функцію вологопоглинача, а саме виведення водяної пари із пристрою. Контактний спосіб є найбільш енергоефективним, однак його головним недоліком є нерівномірна обробка матеріалу, що висушується: шар матеріалу, що має контакт із нагрітою поверхнею, одержує теплоту в надлишковій кількості, у те час як шари, вилучені від поверхні, практично не нагріваються, і процес сушіння в ньому не відбувається.

Променевий (радіаційний) спосіб полягає в передачі теплоти до вологого матеріалу променистою енергією.

Такий вид сушіння розділяють на природню (сонячними променями) і штучну (інфрачервоними променями).

Природнє сушіння (рисунк 5) полягає в розсипанні зерна на току тонким шаром (5...20 см) з періодичним перемішуванням. Чим вологіше зерно, тем його шар повинен бути тонше. Для прискорення процесу сушіння поверхневе шар зерна краще робити хвилеподібним, що створює кращі умови для його обтікання повітрям. Швидкість сушіння зерна таким способом залежить від його вологості, а також від відносної вологості й температури повітря. У середньому за одну година сушіння із зерна віддаляється до 1% вологи (за умови, якщо на вулиці суха, сонячна погода). Однак даний спосіб має такі недоліки, як потреба в більших площах і в постійному перемішуванні зерна, залежність від погодних умов.

Штучне сушіння полягає в підведенні теплоти оброблюваному матеріалу за допомогою інфрачервоних променів.

Даний спосіб застосовується в багатьох пристроях. Приведемо приклад деяких з них. Установка для сушіння насипної рослинної сировини являє собою дворівневий стрічковий транспортер з розташованими над ним інфрачервоними випромінювачами у вигляді кварцових ламп із функціональним керамічним покриттям. При пересуванні по транспортеру вологий матеріал зазнає інфрачервоного випромінювання, завдяки чому втрачає надлишки вологи. Як указує розроблювач, даний пристрій орієнтований на малі підприємства. Запропонована установка забезпечує тривалий строк зберігання оброблюваного продукту, що немаловажне при проведенні сушіння.

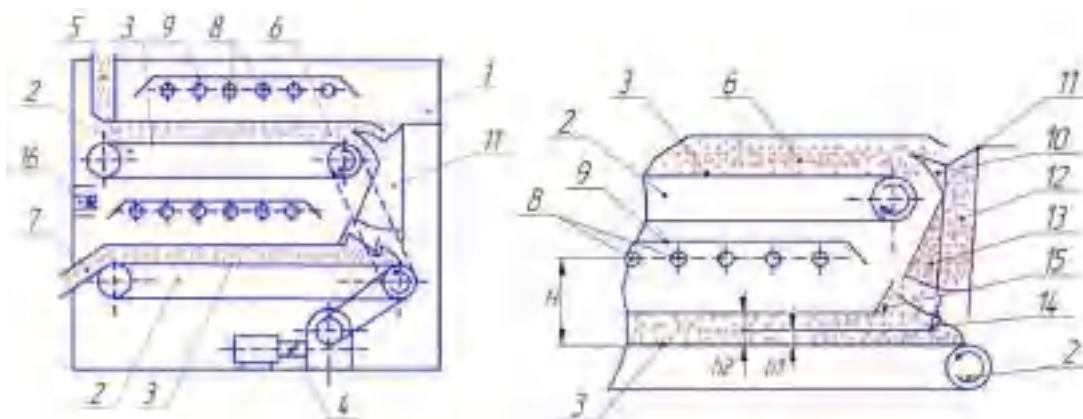


Рис. 5. Установка для сушіння насипної рослинної сировини:

1 - корпус; 2 - транспортер; 3 - стрічка; 4 - привод; 5 - бункер завантаження; 6 - насипний шар; 7 - вивантажувальний лоток; 8 - інфрачервоні випромінювачі; 9 - відбивачі, що екранують; 10 - клиновий дільник; 11 - лоток перевантаження; 12, 13 - струмки насипного шару; 14, 15 - шиберні заслінки; 16 – вентилятор.

Відома інфрачервона сушарка, що являє собою сушильну камеру, у яку встановлені сітчасті піддони з насипаним у них вологим матеріалом. Регулятором установлюється необхідна температура, відповідна до граничного значення нагрівання, що висушується матеріалу, після чого включають ІЧ-Випромінювачі, завдяки яким матеріал опромінюється прямими й відбитими від профілю бічних стінок променями, що сприяє його нагріванню до потрібної температури й виділенню з нього надлишкової вологи (рисунки 1.9).

Як відзначено автором даної установки, при досягненні температури, необхідної для сушіння, інфрачервоні випромінювачі вимикаються по команді датчиків, після чого переходять у режим імпульсного включення в співвідношенні 1/3. Такий підхід до роботи сушарки дозволяє збільшувати обсяг оброблюваного продукту в три рази без збільшення навантаження на електричну мережу.

Незважаючи на всі плюси застосування зазначеного способу в існуючих сушарках він має такі недоліки, як низький ККД, а також високі витрати енергії, що робить використання даного способу недоцільним.

Враховуючи всі плюси й мінуси перерахованих вище способів сушіння зерна, можна зробити висновок: пристрій для сушіння зерна повинен підтримувати оптимальні режимні параметри цього процесу, тобто мати можливість ставити найбільш підходящі при існуючих умовах параметри сушильного агента (температура, вологість і швидкість руху). Варто помітити, що існуючі пристрої для сушіння зерна, принцип яких заснований на конвективному способі, споживають 10 кВт/год і більш електроенергії. Звідси випливає, що конструкція зерносушарки повинна забезпечувати регулювання позначених характеристик процесу з метою скорочення споживання електрики.

Також зерносушарки повинні бути універсальними (сушити зерно різних культур) і без яких-небудь шкідливих викидів, що регламентується вимогами по захисту навколишнього середовища.

У цей час вітчизняні й закордонні аграрні господарства експлуатують

велику різноманітність конструкцій зерносушарок, внаслідок чого з'являється необхідність створити таку класифікацію, яка дозволить охопити весь існуючий спектр зерносушильних пристроїв для структурування їх конструктивно-технологічних схем і виявлення найбільш вигідних шляхів їх наступного технічного поліпшення.

Однак різноманітність існуючих пристроїв не дозволяє скласти класифікацію, яка об'єднає всі пристрої. Розглянувши широкий спектр пристроїв для сушіння зерна по їхніх конкретних параметрах, нами була вироблена класифікація зерносушарок з контактним способом підведення теплоти (рисунок 6).

Дана класифікація включає п'ять основних груп установок: по інтенсифікації процесу сушіння; за формою поверхні, що гріє; по виду нагрівального елемента; по виду транспортуючого робочого органу; по кількості робочих секцій.

У свою чергу, за інтенсифікацією процесу сушіння зерна, контактні зерносушарки можна підрозділити по 5 основних критеріях:

1) ворушіння - це перемішування матеріалу, що висушується, для рівномірності його обробки, що дозволяє одержати якісно просушене зерно;

2) комбінований спосіб теплопідведення - видалення вологи із зерна за допомогою підведення до нього теплого повітря й нагрітої поверхні одним прийманням. Такий спосіб дозволяє добитися необхідної вологості при невеликих витратах часу;

3) чергування процесу сушіння й охолодження зерна полягає в тому, що матеріал, що спочатку висушується, піддають тепловому впливу, а після нагрівання зерно проохолоджують;

4) зміна кута нахилу поверхні, що гріє, з метою забезпечення оборотності зерна, що у свою чергу підвищить якість продукту по закінченню операції сушіння;

5) застосування віброприводу робочого органу призначено для повідомлення робочому органу механічних коливань, амплітуда яких близька до положення рівноваги;

6) повідомлення зворотно-поступальних рухів робочому органу для приведення його в коливання, що сприяє рівномірному сушінню зерна за рахунок постійного перемішування.

За формою нагрівальної поверхні, пристрої для сушіння зерна розділяють на циліндричні, плоскі, східчасті і хвильові.

Східчасті та хвилясті поверхні у свою чергу здатні забезпечити не тільки передачу теплоти оброблюваному матеріалу, але і його переміщення.

Нагрівальні елементи - нагрівальні пристрої різних видів і конструкцій, які здатні обумовити виробіток теплової енергії, застосовуваної при розв'язку інженерних завдань.

Вони можуть бути різноманітної форми залежно від конкретних умов і методів використання при протіканні теплових процесів, а також виготовлятися з різноманітних струмопровідних матеріалів. Процес нагрівання якого-небудь

матеріалу до необхідної температури є витратним і потребуючим, найчастіше, використання більших обсягів енергії. Тому використання нагрівального елемента з високою продуктивністю й безпекою при його експлуатації є важливими факторами. Тим самим можна добитися високих показників ефективності встаткування, робота якого полягає в споживанні теплоти.

Висновки. Розглянувши різні технології, засоби механізації й способи сушіння зерна, ми дійшли висновку, що існуючі пристрої недосконалі. До їхніх основних недоліків відносяться: високі витрати енергії, нерівномірність обробки зерна, висока вартість, низький тепловий КПД і т.д. Отже, актуальним науково-технічним завданням на сьогоднішній день є створення пристрою для сушіння зерна, адаптованого під вітчизняні сільськогосподарські виробництва, що й дозволяє знизити витрати енергії, при цьому підвищивши ефективність процесу сушіння зерна.

Список використаної літератури

1. Ivanov M.I., Rutkevych V.S., Kolisnyk O.M., Lisovoy I.O. Research on the block-portion separator parameters influence on the adjustment range of operating elements speed. *INMATEH - Agricultural Engineering: scientific journal*. 2019. Vol. 57/1. P. 37–44.
2. Іванов М.І., Веселовська Н.Р., Руткевич В.С., Шаргородський С.А. Гідравліка: навч. посіб. Вінниця. 2019. 222 с.
3. Іванов М.І., Шаргородський С.А., Руткевич В.С. Підвищення експлуатаційної ефективності блочно-порційного вивантажувача консервованих кормів шляхом гідрофікації привода робочих органів. *Промислова гідравліка і пневматика: науковий журнал*. 2013. №1(39). С. 91–96.
4. Іскович-лотоцький Р.Д., Зелінська О.В., Веселоська Н.Р., Веселовський Я.П. Оцінювання ефективності функціонування технологічного комплексу з використанням системного підходу. *Техніка енергетика транспорт АПК: науковий журнал*. 2017. №2. С. 109–114.
5. Калетнік Г.М., Чаусов М.Г., Швайко В.М., Пришляк В.М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість. Ч.ІІІ: підручник. Київ.: «Хай-Тек-Прес». 2013. 528 с.
6. Руткевич В.С. Адаптивний гідравлічний привод блочно-порційного відокремлювача консервованого корму. *Техніка енергетика транспорт АПК: науковий журнал*. 2017. №4(99). С. 108–113.
7. Серета Л.П., В.С. Руткевич, М.В. Зінев. Study of the mathematical model of hydraulic drives segment-finger mower unit. *Техніка, енергетика, транспорт АПК: науковий журнал*. 2018. №1(100). С. 111–123.
8. Сисолін П.В, Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва: підручник. К.: Урожай. 2001. 384 с.
9. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини: підручник. К.: Вища освіта. 2004. С. 63-79.

Тимур Осадчий³⁶,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ОБРОБІТОК ҐРУНТУ ТА ПОСІВ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР НА СХИЛОВИХ ПОЛЯХ

***Анотація.** Деградація ґрунтів через водну ерозію, що супроводжується втратою родючості, призводить до зниження врожайності зернових культур. Для запобігання водній ерозії на схилових полях під час обробітку ґрунту та сівби зернових запропоновано технологію та комбіноване знаряддя. Агрегат здійснює обробіток ґрунту та смуговий посів із формуванням міні-терас.*

***Ключові слова:** посів зернових культур, комбіноване знаряддя для обробітку ґрунту та посіву.*

***Annotation.** Soil degradation due to water erosion, accompanied by a loss of fertility, leads to a decrease in grain yields. To prevent water erosion on sloping fields during tillage and sowing of grain crops, a technology and a combined implement are proposed. The unit carries out tillage and strip sowing with the formation of mini-terraces.*

***Key words:** sowing of grain crops, combined tool for tillage and sowing.*

Вступ. За останні два століття близько 2 млрд га земель у світі втратили родючі властивості. Нині площа всіх розорюваних територій становить 1,5 млрд га. Втрата родючості веде до зниження врожайності, завдає шкоди економіці, шкоди екологічній обстановці та спричиняє зміну клімату нашої планети. Причиною втрати родючості є вітрова та водна ерозія ґрунтів природного та антропогенного характеру. Деградація земель сільськогосподарського призначення залежить від клімату, рослинного покриву, рельєфу та геології, характеру використання землі. Рельєф - один з основних чинників, що впливають на ступінь деградації земель. Водна ерозія ґрунтів частіше спостерігається в рельєфній місцевості, де верхній родючий шар землі змивається зливовими водами, що призводить до утворення вимоїн і ярів. У цьому разі водна ерозія ґрунтів прямо залежить від вирівняності поля. Ухил місцевості у 2...4 град. збільшує змив корисних речовин майже в 2 рази порівняно з рівною поверхнею. Зростання ухилу з 4 до 8 град. збільшує змив у 7,2 раза. Підвищує ризик змиву

Виклад основного матеріалу Слабозмиті ґрунти недодають 10...30% врожаю, середньозмиті - 30...50%, сильнозмиті - 50...70% Наслідки водної ерозії наведено на рисунку 1. У Україні деградації ґрунтів за рахунок водної ерозії піддаються близько 36,5 млн га.

³⁶Науковий керівник – Лисенко Р.Д., асистент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.



Рис. 1. Схилові поля, схильні до водної ерозії.

Рілля становить 24,7 млн га. Ерозійні процеси спричиняються таненням снігів і зливами. Руйнівних процесів зазнають ґрунтові покриви і в інших країнах. Так, постраждали території Канади, Китаю, Австралії. Не уникли втрат африканські, європейські та азійські країни. Протягом 300 років пустеля Сахара розширилася на 400 км на південь. У Сполучених Штатах Америки до середини минулого століття деградація торкнулася 40 млн га ріллі. В даний час пошкоджено або повністю знищено до 115 млн га орних земель. До різного ступеня ерозії схильні 313 м. Для вирішення поставленого завдання розроблено технологію та комбіноване знаряддя для посіву зернових культур на гребенях в умовах водної ерозії на схилових ґрунтах, що сприяють зниженню енергоємності технологічних процесів і запобіганню водній ерозії. Технологію висівання зернових культур на схилових полях здійснюють смуговими мінітерасами, ширина яких зумовлена встановленням борознеутворювачів на відстані один від одного, що відповідає ширині висівання 6 рядків насіння (рис. 2). Посів проводять послідовно на трьох рівнях: перші три рядки - на глибину 6...8 см (рис. 2), потім два рядки - на поверхні поля а останній ряд - на глибину 14...15 см (рис. 3). Бороздоутворювачі формують борозенки глибиною 1...9 см над рядками 4 і утворюють гребені 5 над двома рядками 1 з насінням, висіяним на поверхні ґрунту (рис. 3). Гребені та борозенки запобігають процесам водної ерозії на посівах схилових полів. З метою реалізації розглянутої технології запропоновано комбіноване знаряддя для обробки ґрунту та висівання (рис. 4). Комбіноване знаряддя складається з рами 1, ємності для насіння 2, висівних апаратів 3, передніх комбінованих сошників 4 і 6 відповідно для висіву насіння на поверхню поля 5 і на глибину 7 ($a_2 = 6...8$ см), комбінованих сошників другого ряду 8, 9 і 10 відповідно для висіву насіння на поверхню поля 5, на глибину 7 ($a_2 = 6...8$ см) і глибину 11 (14...15 см). При цьому за комбінованими сошниками 10,

що висівають рядки насіння на глибину 14...15 см, встановлено бороздоутворювачі 12, що забезпечують формування гребенів над двома рядками насіння, висіяного на поверхні поля. Бороздоутворювачі 12 встановлено один один від одного на відстані B_m , що відповідає ширині 6 міжрядь рядків висіяного насіння. Комбіновані сошники встановлено на відстанях $b_{родин}$ від одного, а суміжні сошники - у кожному ряду на відстані. Комбіновані сошники 4, 6, 8, 9 і 10 виконані долотоподібними з розпушувальними ножами 13. Нижня кромка



Рис. 2. Профіль поперечного перерізу поля після посіву насіння на трьох рівнях.

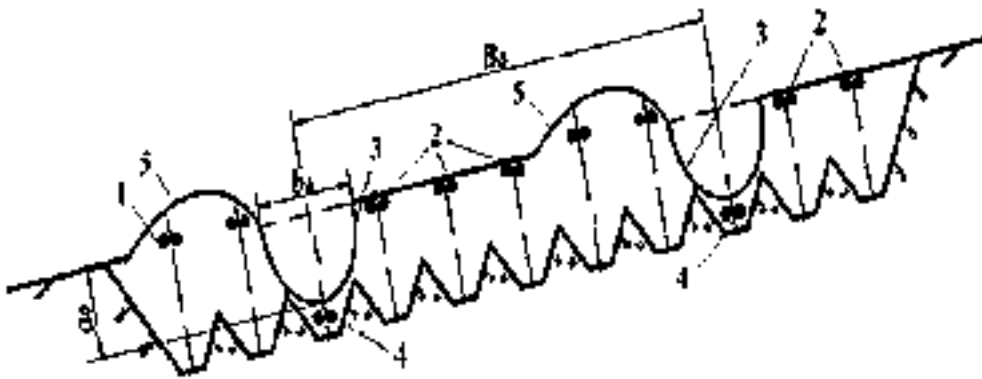


Рис. 3. Профіль поперечного перерізу поля після проходження посівного знаряддя.

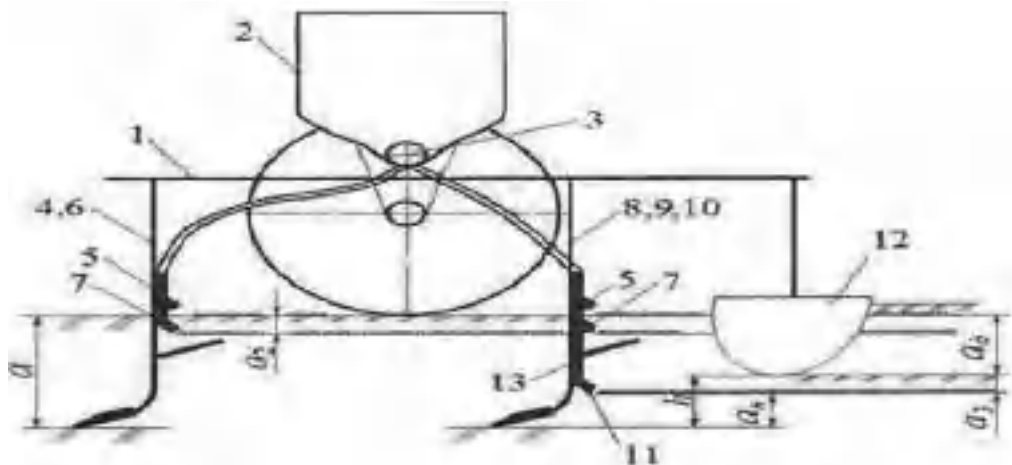


Рис. 4. Схема знаряддя для обробки ґрунту і посіву зернових культур на схилі.

Встановлена на глибину пекло, що вище за загортання насіння відповідних рядків: $a_3 = 6...8$ см. Комбіноване знаряддя для обробки ґрунту і висівання

працює таким чином. Комбіновані сошники 4 і 8 здійснюють посів насіння на поверхні ґрунту; 6 і 9 - на глибину $a_2 = 6...8$ см; 10 - на глибину 14...15 см. Бороздоутворювачі формують борозенки над рядками насіння, висіяного на глибину 14...15 см. Бороздоутворювачі, формуючи протиерозійні борозенки, присипають ґрунтом насіння, висіяне на поверхні поля, й утворюють над ним гребені. Гребені та борозенки запобігають процесам водної ерозії на посівах на схилових полях. Випробування машини успішно пройшли в передгірних районах Республіки. Узбекистан. комбінованого знаряддя в роботі представлений на малюнку 5. Машину обладнано двома рядами розпушувальних лап із ножами, сошниками, розташованими на різній висоті, а також гребенеутворювачами у вигляді напівдисків.



Рис. 5. Комбіноване знаряддя для обробітку ґрунту і посіву, що працює на схиловому полі.



Рис. 6. Вигляд обробленої ділянки поля після проходу агрегату.

Пропоновані технологія та комбіноване знаряддя дають змогу знизити прямі витрати енергії на обробіток ґрунту та посів зернових культур на 32%.

Висновки. Обробіток ґрунту та посів зернових культур на схилових полях є надзвичайно важливими аспектами сучасного сільського господарства, оскільки схилі території мають підвищений ризик водної ерозії, що негативно впливає на родючість ґрунту, екологічну стабільність агроландшафтів. Ерозійні процеси призводять до втрати гумусу, зменшення вмісту поживних речовин і поступового виснаження земель, що зумовлює необхідність застосування спеціалізованих технологій обробітку та сівби. Для підвищення ефективності землекористування схилових полях використовують комплексні заходи, спрямовані на збереження родючого шару ґрунту та мінімізацію негативного впливу природних факторів. Одним із найбільш ефективних методів є контурний обробіток ґрунту, який передбачає виконання всіх польових робіт упоперек схилу, що уповільнює стік води, сприяє її рівномірному розподілу та зменшує ризик ерозії. Також до ефективних технологій обробітку належать смуговий обробіток (strip-till), мінімальний та нульовий обробіток (no-till), які дозволяють зберегти природну структуру ґрунту, зменшити випаровування вологи, знизити витрати на паливе та покращити загальний стан агроєкосистеми. Глибоке розпушування без перевертання пласта сприяє покращенню водопроникності ґрунту та створює оптимальні умови для розвитку кореневої системи рослин. Важливу роль у запобіганні ерозії відіграє впровадження спеціальних комбінованих агрегатів, які поєднують у собі кілька операцій: обробіток ґрунту, формування мікрорельєфу (мікротерасування), внесення добрив та безпосередньо висів зернових культур. Такі агрегати дозволяють значно підвищити продуктивність сільськогосподарських робіт, зменшити витрати праці та мінімізувати негативний вплив механічної дії на ґрунтовий покрив. Додатково важливим є впровадження агролісомеліоративних заходів, таких як створення лісосмуг уздовж схилів, висівання багаторічних трав на найбільш ерозійно небезпечних ділянках та застосування мульчування для збереження вологи та запобігання вітровій ерозії. Отже, правильний вибір технологій обробітку ґрунту та посіву зернових культур на схилових полях сприяє не лише збереженню родючості ґрунту та підвищенню врожайності, а й захисту навколишнього середовища. Впровадження сучасних агротехнічних рішень та адаптація методів обробітку до конкретних умов кожного господарства є важливими кроками на шляху до сталого розвитку сільського господарства та забезпечення продовольчої безпеки.

Список використаної літератури

1. Ґрунтозахисний обробіток під озиму пшеницю: веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com/ua/gruntozahysnyy-obrobitok-pid-ozymu-pshenycyu-na-shylah> (дата звернення 25.03.2025).
2. Обробіток ґрунту навесні: етапи, технології та основні помилки: веб-сайт. URL: <https://superagronom.com/blog/1017-obrobitok-gruntu-navesni-etapi-tehnologiyi-ta-osnovni-pomilki> (дата звернення 22.03.2025).

3. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: веб-сайт. URL: <https://chatgpt.com/c/67e4693f-7140-8003-99de-76fd39439bbb> (дата звернення 21.03.2025).

4. ЗЕМЛЕРОБСТВО: веб-сайт. URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/9842/1/zemlerobstvo-praktichni-roboti.pdf> (дата звернення 22.03.2025).

5. Машини для обробітку ґрунту, посіву, догляду: веб-сайт. URL: <https://chatgpt.com/c/67e46a6c-fe08-8003-96b8-0f16e83bee23> (дата звернення 23.03.2025).

Євгеній ПОСНИЙ³⁷,
студент 2 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КАРТОПЛЕПІДКОПУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ МАЛИХ ФЕРМЕРСЬКИХ ТА ПРИСАДИБНИХ ГОСПОДАРСТВ

***Анотація.** Розглянуті сучасні тенденції розвитку картоплепідкопуючих пристроїв, що використовуються в малих фермерських та присадибних господарствах. Оцінено різні конструктивні підходи та технології, що сприяють підвищенню ефективності збору картоплі при обмежених площах землеволодіння.*

***Ключові слова:** картопля, ґрунт, пристрій, робочий орган, привод, глибина, продуктивність.*

***Annotation.** The current trends in the development of potato digging devices used in small farms and homesteads are considered. Various design approaches and technologies that contribute to increasing the efficiency of potato harvesting in limited land areas are evaluated.*

***Key words:** potatoes, soil, device, working body, drive, depth, productivity.*

Вступ. В останні два десятиліття основним виробником картоплі залишаються особисті підсобні господарства, які дають близько 80 % валового збору картоплі [1]. На цих невеликих ділянках неможливо і економічно недоцільно використання високопродуктивної і дорогої картоплезбиральної техніки. Тракторний парк таких господарств в основному складається з універсальних малогабаритних тракторів і мотоблоків потужністю менше 30 к.с.

³⁷Науковий керівник – Руткевич В.С., к.т.н., доцент кафедр машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

Випускаємі на даному етапі промисловістю картоплезбиральні машини, призначені для великих сільськогосподарських підприємств, з великими посівними площами. Використання механізованого збирання картоплі в особистих підсобних господарствах можливо при створенні малогабаритних картоплекопачів з малим тяговим опором. Одним з можливих шляхів вирішення даної проблеми є оптимізація форми підкопуючих органів, що призведе до зниження енергетичних витрат і підвищення продуктивності.

Виклад основного матеріалу. Питання механізації процесів збирання картоплі розглядались у багатьох наукових працях [1-3]. Технології та машини для збирання картоплі впроваджуються у сільське господарство багатьма світовими фірмами-виробниками техніки для збирання коренебульбоплодів, серед яких відомі Grimme, AVR, WM-Kartoffeltechnik (Німеччина), DeWulf (Бельгія), IMAC (Італія), Juko (Фінляндія), Agrifac, Ploeger (Нідерланди), Lockwood (США), Unia (Польща), Kverneland (Норвегія) та ін [3, 4].

Аналіз літературних джерел та електронних ресурсів показав, що основна частка досліджень припадає на розроблення нових та удосконалення існуючих конструкцій картоплезбиральних машин та їх робочих органів з удосконаленням технологічних процесів. В більшості наукових праць розглядаються агротехнічна, технологічна та економічна ефективність застосування картоплезбиральної техніки в агропромислових господарствах. Проте, незважаючи на те, що основна площа насадження картоплі в Україні зосереджена на невеликих полях в селянських та фермерських господарствах, на сьогодні не достатньо розкрито питання щодо конструкційних особливостей та ефективності застосування малогабаритної картоплезбиральної техніки.

Тому, у цій роботі розглядаються конструкції та ефективність застосування картоплекопалок та малогабаритних картоплезбиральних комбайнів на невеликих ділянках.

В господарствах населення та садово-городніх ділянках викопування картоплі проводять за допомогою картоплекопалок, які агрегатуються з міні-тракторами і мотоблоками середнього і важкого класів. Для збирання врожаю картоплі фермери застосовують одно - та дворядкові картоплекопалки або малогабаритні картоплезбиральні комбайни.

На сьогодні виготовляються різні за конструкцією картоплекопалки: вібраційно-грохотні, елеваторні, роторні тощо.

Вібраційно-грохотні картоплекопалки складаються з рами, позовжнього коливального грохота, викопувального органа, причіпного пристрою, механізму приводу грохота та опорних коліс. Викопувальний орган, як правило, являє собою леміш прямокутної форми, який здійснює коливальний рух і кріпиться до рами шарнірно. Поздовжній коливальний грохот виготовляється з прутків, з'єднаних між собою смугою. Грохот прикріплений шарнірно на чотирьох шатунах, здійснює зворотно-поступальний рух. Механізм приводу грохота виконано на основі клинопасової передачі з приводом від кривошипно-шатунного механізму.

Більшість одно - та дворядкових картоплекопалок обладнано викопувальними лемешами, прутковим сепарувальним елеватором та гребінчастим валкоутворювачем. Викопувальний орган складається з лемеша, який прикріплений до нижньої балки рами. Леміш – плоский, клиноподібної форми. На задній частині лемешів встановлюються шарнірно прикріплені клапани. Така конструкція забезпечує менший забір ґрунту і його нагромадження в передній (приймальній) частині картоплекопалок.

Картоплекопалки можуть обладнуватися одно - або трилемішними викопувальними робочими органами. Деякі моделі картоплекопалок комплектуються відрізними дисками. Поздовжній прутковий транспортер виконано на основі прутків, з'єднаних між собою гумовими стрічками та обладнаними струшувачами полотна транспортера. Прутки транспортера, як правило, мають гумове покриття.

Основними вузлами картоплекопалки роторно-кидального типу є рама, викопувальний леміш, механізм копіювання профілю поверхні гребня, кидальний ротор, кожух ротора, редуктор приводу ротора.

В господарствах застосовуються однорядкові та дворядкові картоплекопалки виробництва вітчизняних та зарубіжних підприємств: КМ-2; КМГ-1 (ПП «Корунд»), ККН-0,7 (БАТ «Ковельсільмаш»), Z-641 (KPMR, Польща), Z-632, (AKPIŁ, Польща), ККН-1,4 (БАТ «Завод Львівсільмаш»), Z 609/02 («ROLMET», Польща), GVR 1700, RL 1500 («Grimme», Німеччина) тощо [3].

Картоплезбиральні машини класифікують за методом агрегування, типом основного сепаруючого органу і числом одночасно підкопуваних рядків.

За методом агрегування розрізняють чотири групи машин: причіпні, навісні на трактори, навісні на самохідні шасі і комбайни.

За кількістю рядків, що збираються, картоплезбиральні машини бувають одно-, дво-, три- і чотирирядні.

По конструкції найбільш простими є копачі-просіваючого типу. В основному мають однакову конструкцію (рис. 1). Копачі розкривають грядку, частково руйнують клубневий пласт і розправляють його по сторонам.



Рис. 1. Копачі-просівального типу: а – з лемешем клиноподібної форми; б – з леміж плугоподібної форми; 1 – сошка; 2 – леміш; 3 – просівальні прутки.

Принцип роботи полягає в наступному: за допомогою сошки 1 пристосування закріплюється на зчіпці мотоблока, клубнева маса підводиться лемешем 2, частина якої сепарується на прутках 3. При цьому бульби піднімаються на поверхню ґрунту. Відмінність цих моделей в призначенні, в залежності від типу ґрунту, важкої або легкої. Лемеші мають клиноподібну або плугоподібну форму, що дозволяє розправляти і обертати пласт. Ці пристрої отримали широке застосування за рахунок простоти конструкції і невеликій вартості, хоч мають великий недолік у вигляді закопування підкопаних бульб.

Копачі кидального типу (рис. 2) підкопують клубневий пласт коритоподібним лемешем і подають його до пруткового обертаючого ротора, який подрібнює, просіює ґрунт і кидає бульби на поверхню поля. Основний недолік таких копачів – велике пошкодження бульб.



Рис. 2. Картоплекопач кидального типу:

1 – коритоподібний леміш; 2 – ротор; 3 – опорно-копіююче колесо.

Копачі не тільки підкопують клубневий пласт, а й просівають ґрунт в сепаруючих пристроях, укладають їх у валок або вантажать їх у ємності. Попутно відбувається відділення бульб від залишків будення та ґрунту. За типом сепаруючого органу ці картоплекопачі підрозділяються на вібраційні, елеваторні і бітерного типу.

Широке поширення отримали вібраційні картоплекопачі грохотного типу (табл 1., рис. 3). Вони мають раму з ходовими колесами, на які встановлені леміш і просівні решітки. Принцип роботи такого картоплекопача заснований на передачі зворотно-поступального руху лемішу і просіваючому решету через важіль і шатун з вала відбору потужності. Процес роботи такої картоплекопальної техніки наступний: леміш підрізає клубневий пласт, піднімає на певну висоту і за рахунок поступального руху мотоблока потрапляє на решітку, де механічно просівається. Залишені на решітці бульби потрапляють на поверхню ґрунту, звідки їх вручну укладають в тари [2-4].

У картоплекопачах вібраційного типу застосовують в основному лемеші ножовподібної форми. Основна перевага копачів такого типу - активний леміш, що запобігає скиданню клубневої маси перед копачем.

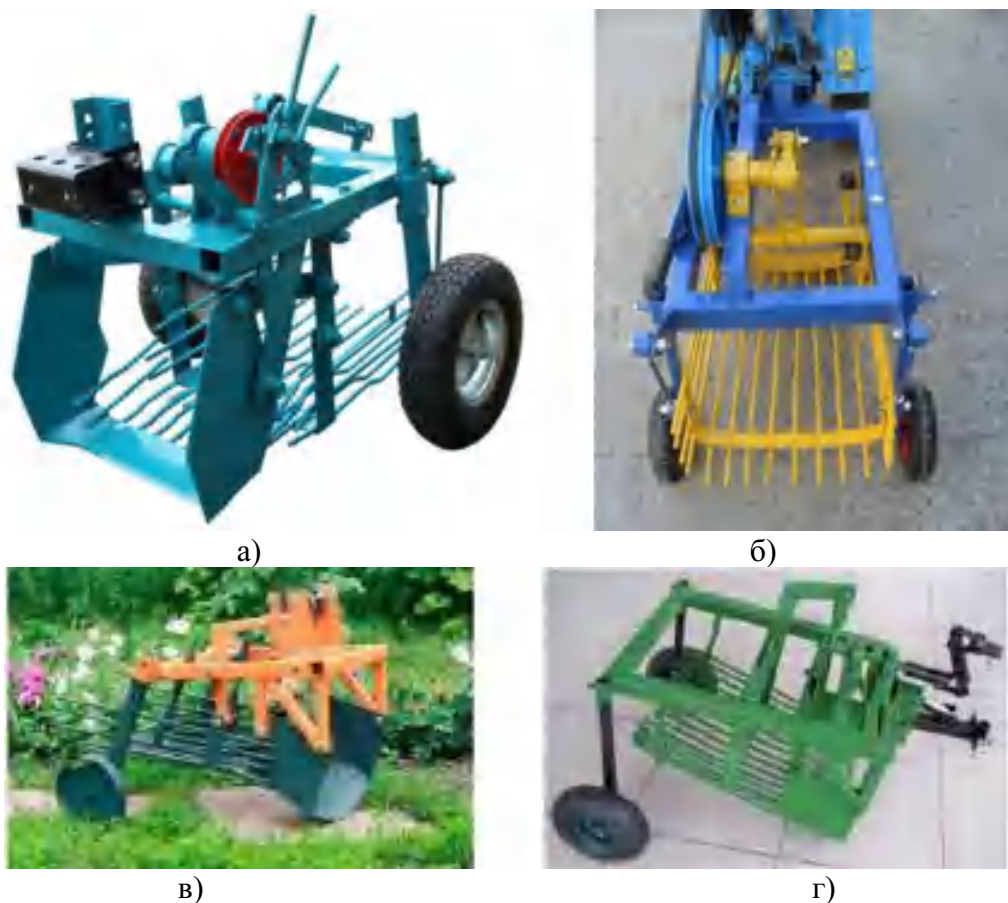


Рис. 3. Картоплекопачі для мотоблоків: а – ККМ-1; б – для мотоблоків Нива; в – KBM-3; г – для мотоблока Garden Scout.

Основний недолік - змінення глибини підкопування, що відбувається через те, що леміш для підкидання клубневої маси повинен здійснювати складний рух з певною амплітудою. Другий недолік - малий кут нахилу решета до горизонту, що зменшує якість просіювання ґрунту.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика найбільш популярних для мотоблоків вібраційних картоплекопачів грохотного типу.

Модель картоплекопача	Продуктивність, га/год	Ширина захвату, м	Глибина підкопування, см	Робоча швидкість, км/год
Картоплекопач KBM-3	0,1-0,2	0,37	20	1-2
Картоплекопач для мотоблоку Нива	0,15-0,2	0,36	20	1-2
Картоплекопач ККМ-1	0,05-0,2	0,37	20	1-2
Картоплекопач виробництва Полтавчанка	0,2	0,39	18	2-3
Картоплекопач Garden Scout	0,2	0,4	28	1,5-2,5

Картоплекопачі бітерного типу (рис. 4) мають дуже великий коефіцієнт просіювання ґрунту. Але не набули великого поширення через основного свого недоліку - великий відсоток пошкоджуваності бульб, за рахунок застосування активних обертових бітерів. Переважно комплектуються пасивними лемішами коритоподібними або плоскими лемішами.



Рис. 4. Картоплекопач бітерного типу:
1 – пасивний леміш; 2 – обертові бітери; 3 – привід бітерів.

Картоплекопачі елеваторного типу (рис. 5) також знайшли широке застосування при агрегуванні з тракторами менших тягових класів і мотоблоками на збиранні картоплі з малих площ.



Рис. 5. Картоплекопач елеваторного типу:
1 – підкопуючий робочий орган; 2 – рама; 3 – привод пруткового елеватора; 4– пристрій навішування на трактор; 5 – прутковий елеватор; 6 – ходові колеса.

Основна перевага картоплекопача елеваторного типу – якісне відділення бульб від залишків будення і столонів, повне просіювання ґрунту між прутами. Є можливість збільшення кута нахилу елеватора до горизонту, що дозволяє встановлювати за елеватором накопичувальний бункер. Недолік - пошкодження бульб за рахунок контакту зі сталевими прутами елеватора, і контакт холостої гілки елеватора з поверхнею ґрунту. Перший недолік можна усунути, застосовуючи елеватор з прогумованими прутами. Другий недолік за рахунок застосування вилчатих підкопуючих органів, що дозволяють встановлювати передній барабан вище.

У картоплекопачі елеваторного типу застосовують різноманітні види підкопуючих органів, що підрозділяються за принципом дії на клубневий пласт: пасивні, активні і комбіновані.

Серед них найпростішим за конструкцією і надійним в експлуатації є плоский леміш. На рис. 6 а представлений прямою плоский леміш. Недоліком

даної конструкції і обмеженням в застосуванні є те, що при роботі на сильно засмічених рослинними залишками ділянках, спостерігається скидання клубневого пласта перед підкопуючим робочим органом, через обмотування його рослинами. Тому для сильно забруднених рослинними залишками ґрунтів застосовують лемішні, які мають двосторонній скіс ріжучої кромки (рис. 6, б).

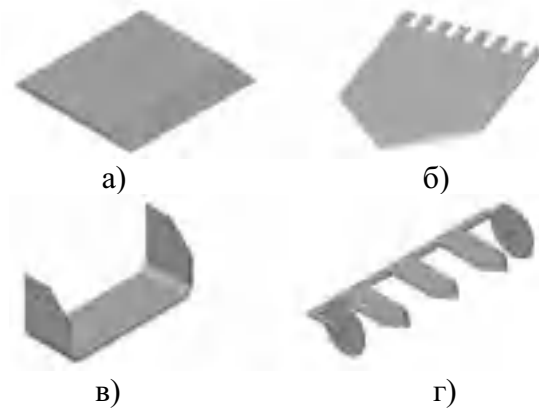


Рис. 6. Пасивні підкопувальні робочі органи: а) прямий плоский леміш, б) плоский леміш зі скошеними краями, в) коритоподібний леміш, г) багатосекційний леміш.

Коритоподібний леміш складається з лемеша і боковин (рис. 6, в). Перевагою коритоподібних лемешів, в порівнянні з плоскими, є менший зрізаємий шар клубневого пласта. Отже, на наступні сепаруючі органи передають менше ґрунтових частинок в складі клубневого пласта. Недоліком їх є часте забивання внаслідок залипання ґрунтових частинок в місцях вигину [3].

Цей недолік коритоподібних лемешів усунутий при застосуванні багатосекційних лемешів, в яких замість боковин встановлюють підрізаючі диски (рис. 6, г).

На сьогодні виготовляються причіпні і навісні малогабаритні комбайни.

В українських фермерських господарствах найбільшого застосування набули причіпні малогабаритні комбайни Z 643/1 «Bolko», Z 644 «Anna» та Z 642 «Karlik» (рис. 7 а) виробництва польських фірм Unia та SIPMA S.A, які агрегатуються з тракторами класу 0,6 та 0,9. Малогабаритні картоплезбиральні комбайни складаються з рами, підкопувального пристрою, сепарувально-транспортувальних механізмів, бункера, гідро - і електросистем, ходової частини. Останнім часом на український ринок техніки починають поставлятися навісні малогабаритні комбайни виробництва китайських підприємств, зокрема навісні mini SS-1 (рис. 7 б) та причіпний mini SS-11 (Sanei Kogyo).

Українські виробники техніки виготовляють низькопродуктивні, прості за конструкцією однорядкові картоплекопалки. Продуктивність за годину змінного часу – від 0,12 га/год до 0,18 га/год.



Рис. 7. Малогабаритні картоплезбиральні комбайни: а – Z 642 “Karlik”; б – mini SS-1.

Висновки. Вибір та використання картоплепідкопуючих пристроїв для малих фермерських та присадибних господарств має значний вплив на ефективність збирання картоплі, що є важливою складовою сільськогосподарської діяльності. Сучасні тенденції розвитку цих пристроїв орієнтовані на зниження енергетичних витрат, поліпшення якості збору та підвищення продуктивності при обмежених площах землеволодіння.

Аналіз показав, що найбільш ефективними є конструкції, які забезпечують легкість в управлінні, адаптацію до різних умов ґрунтів та забезпечують мінімальні механічні пошкодження бульб. Технічні вдосконалення, такі як удосконалені системи регулювання глибини підкопу та покращення матеріалів, з яких виготовляються робочі органи пристроїв, сприяють підвищенню їх надійності та довговічності.

Таким чином, для малих господарств важливо вибирати картоплепідкопуючі пристрої, які не лише відповідають агротехнічним вимогам, а й оптимально співвідносяться з можливостями господарства, забезпечуючи економічність і зручність у використанні. Перспективи розвитку цих технологій вказують на необхідність постійного вдосконалення конструкцій для досягнення ще більшої ефективності та зниження трудомісткості процесу збирання картоплі.

Список використаної літератури

1. Булгаков В.М., Гуцол Т.Д., Новак Я.В. Сучасний стан виробництва картоплі та перспективи розвитку картоплезбиральних машин. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*: науковий журнал. 2012. Вип.11. Т.1. С.103–109.
2. Синій С.В., Вознюк С.В., Варголяк М.Я. Нові конструкції картоплезбиральних машин та методика дослідження їх робочих органів. *Збірник наукових праць «Сільськогосподарські машини»* : науковий журнал. 2013. Вип. 24. С.78–84.
3. Думич В.В. Дослідження ефективності роботи картопле-збиральних машин на різних площах посадок: веб-сайт. URL: [lfndipvt.org.ua](http://fndipvt.org.ua). (дата звернення: 20.03.2025).
4. Синій С.В., Гевко Р.Б. Тенденції розвитку однорядної картопле-збиральної техніки. *Вісник Львівського національного аграрного університету*: науковий журнал. 2011. №15. С. 379–390.

Ігор ПОСВАЛЮК³⁸,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

СИСТЕМИ ДОПУСКІВ І ПОСАДОК: ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ

***Анотація.** Системи допусків і посадок відіграють ключову роль у забезпеченні взаємозамінності та надійності деталей у машинобудуванні. У статті розглянуто основні принципи стандартизації допусків і посадок, їхню класифікацію та вплив на точність і експлуатаційні характеристики механізмів.*

***Ключові слова:** допуски, посадки, взаємозамінність, точність, машинобудування, стандартизація, шорсткість, геометричні відхилення.*

***Annotation.** Tolerance and fit systems play a key role in ensuring the interchangeability and reliability of parts in mechanical engineering. The article discusses the basic principles of standardization of tolerances and fits, their classification and impact on the accuracy and performance of mechanisms.*

***Key words:** tolerances, fits, interchangeability, precision, engineering, standardization, roughness, geometric deviations.*

Вступ. У сучасному машинобудуванні висока якість і надійність механізмів значною мірою залежать від точності виготовлення та якості складання деталей. Одним із основних аспектів, що забезпечують належне функціонування вузлів і агрегатів, є правильний вибір системи допусків і посадок. Ці параметри визначають можливі відхилення розмірів деталей та їх взаємне розташування у з'єднаннях, що безпосередньо впливає на експлуатаційні характеристики машин.

Системи допусків і посадок регламентуються національними та міжнародними стандартами, такими як ДСТУ та ISO. Вони дозволяють забезпечити взаємозамінність деталей, зменшити витрати на механічну обробку та контролювати якість складання виробів. У залежності від умов експлуатації в машинобудівні з'єднання можуть мати різні посадки: з натягом, з зазором або перехідні. Кожен із цих видів має свої особливості та застосовується відповідно до вимог міцності, довговічності та функціональності конструкцій.

Незважаючи на загальну стандартизацію, вибір і призначення оптимальної посадки для конкретного виробу залишається складним інженерним завданням. Воно потребує врахування багатьох факторів, включаючи матеріал деталей,

³⁸Науковий керівник – Луц П.М., кандидат технічних наук, старший викладач кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

технологічні можливості виробництва, умов експлуатації та допустимі деформації під навантаженням.

У статті описано особливості застосування систем допусків і посадок у машинобудуванні, їх вплив на якість і надійність виробів, а також сучасні підходи до вибору оптимальних з'єднань для різних умов експлуатації.

Виклад основного матеріалу. Посадка — у машинобудуванні це спосіб з'єднання деталей, які поєднуються між собою для забезпечення одного вузла. Існують кілька типів посадок [1]:

1) Рухомі — у з'єднанні є зазор. Завдяки цьому деталі, наприклад, поршень у циліндрі, можуть вільно рухатися відносно одна одної під час функціонування механізму.

2) Нерухомі — навпаки, зазору немає, але є натяг, або примусове з'єднання. Такий спосіб посадки повністю унеможливорює взаємне переміщення деталей. Приклад: втулка в шатуні.

Посадки за типом з'єднання складових розподіляються на 3 категорії (ДСТУ ISO 286-1-2002) [1]:

- Посадки з (гарантованим) проміжком - з'єднання, де завжди присутній проміжок. Найменший можливий діаметр отвору перевищує або дорівнює найбільшому граничному діаметру вала. У системі отвору досягаються на основі основних відхилень валів від a до h (в системі валу використовуються основні відхилення отворів від A до H).

- Перехідні посадки – це з'єднання, в яких залежно від фактичних розмірів валу та отвору може утворюватися як зазор, так і натяг. У системі отвору вони визначаються основними відхиленнями від j до n , а в системі вала – від J до N .

- Посадки з гарантованим натягом – це з'єднання, де натяг забезпечено напевне. Максимально припустимий розмір отвору є меншим, ніж найменший допустимий розмір вала, або дорівнює йому. Основні відхилення валів в системі отвору розміщуються від r до z (у системі вала – від P до Z).

У 1977 році, задля сприяння зміцненню взаємин між державами, а також задля потенційного уніфікування державних стандартів, країни РЕВ ухвалили рішення про повний перехід до уніфікованої системи допусків та посадок (ЄСДП РЕВ).

Система допусків та посадок являє собою упорядкований комплекс допусків і посадок, сформованих логічно на основі досвіду виробництва та укладених у стандарт.

Єдина система допусків та посадок (ЄСДП) застосовується до різноманітних з'єднань у машинобудуванні: гладких (циліндричних і плоских), конічних, різбових, шліцьових, зубчастих передач та інших. ЄСДП сприяє забезпеченню у міжнародному масштабі: взаємозамінності деталей, вузлів і машин; уніфікації технічної документації; єдиних інструментів контролю та вимірювань. Це сприяє досягненню наступних цілей [3]:

1. Збільшення віри у стабільність міжнародної спеціалізації під час створення машин та компонентів.

2. Покращення результативності проектних та конструкторських операцій з огляду на міжнародні норми в машинобудівній сфері.

3. Створення передумов для розгалуженої співпраці у сфері технічного оснащення.

4. Скорочення часу на підготовку та виготовлення товарів за технічною документацією, отриманою з-за кордону (наприклад, згідно з ліцензійними угодами).

5. Підвищення здатності вітчизняних машинобудівних виробів до конкуренції на світовому ринку, завдяки відповідності міжнародним стандартам.

6. Спрощення умов реалізації ліцензій та технічної документації на машини та обладнання за кордоном.

7. Зменшення витрат на обслуговування імпортованого устаткування.

8. Активізація ефективності науково-технічного взаємообміну між різними країнами.

Розмірно-геометричні допуски забезпечують відповідність деталі її функціональному обов'язку та гарантують взаємозамінність. Недотримання заданих допусків може створити труднощі під час складання вузлів або призвести до збоїв у роботі механізму. З цієї причини, при розробці функціонально важливих деталей, відповідно до стандартів, встановлюються допуски на відхилення геометричних параметрів, що має вирішальне значення для якості кінцевого продукту [4].

Європейська система допусків та посадок (ЄСДП) впорядковує типи посадок на три основні категорії, що визначаються взаємним розташуванням полів допусків вала та отвору: Посадки з гарантованим зазором, посадки з натягом та проміжні посадки (рис. 4.1). Посадки з зазором передбачають найменший зазор між отвором та валом, що потрібно для утворення гідравлічного опору при роботі з'єднання, а також (для надточних пар) для забезпечення правильного центрування та стабільного обертання валу. У разі посадок із зазором, межа допуску отвору перебуває над межею допуску вала. Головна задача посадок із натягом — гарантувати точне центрування деталей та безвідмовне передавання зусилля (крутного моменту або осьового навантаження) протягом всього періоду експлуатації з'єднання. При посадках із натягом межа допуску вала розташовується вище за межу допуску отвору. Перехідні посадки характеризуються можливістю одержання як зазорів, так і натягів у з'єднанні, що залежить від дійсних величин граничних розмірів деталей. У характерній для перехідних посадок схемі розташування поля допусків отвору та вала перетинаються [6].

Щоб гарантувати мінімальну кількість посадок, потрібних для полегшення виробництва й експлуатації машинобудівної продукції, було розроблено систему допусків і посадок.

Система допусків і посадок – це організований, на основі практичного досвіду, теоретичних та експериментальних досліджень набір посадок і допусків, поданий у вигляді стандартів.

Стандарти системи допусків і посадок розроблені для різноманітних типових з'єднань деталей машин (конічних, з'єднань з підшипниками кочення, різьбових, шпонкових, шліцьових з'єднань). Вони забезпечують взаємозамінність деталей, створюють передумови для стандартизації кінцевої продукції, комплектуючих виробів, інструменту для різання та вимірювання, сприяють поліпшенню якості продукції [7].

Машини та механізми конструюються з частин, які об'єднуються у структурні вузли, а вже з них розробляються різні агрегати. У процесі функціонування механізмів елементи цих агрегатів або переміщуються один відносно одного, або повинні бути повністю нерухомими (сталеві стягуючі кільця, обшивка гребних валів тощо). Таким чином, стає очевидним, що кожна деталь взаємодіє з іншою. В кожній парі деталей одна деталь визнається як отвір, а інша – валом.

Номінальний розмір – це величина, щодо якої обчислюються відхилення. Вказуючи на кресленнях номінальні розміри та з'єднання.

Виготовити вал або отвір в абсолютній відповідності до номінального розміру, вказаного на кресленні, є надзвичайно важким завданням. Під час обробки матеріалів постійно виникають похибки або відхилення, які повністю передбачити чи цілком усунути неможливо [4].

Уніфіковану систему допусків та посадок, відому як ЄСДП, представлено у стандарті ДСТУ 2500-94. Цей стандарт було офіційно затверджено та введено в дію згідно з наказом Держстандарту України №119, датованим 24 травня 1994 року.

Цей стандарт встановлює термінологію, визначення та умовні позначення для допусків та посадок, разом з формулами розрахунку допусків та початкових відхилень для розмірів до 3150 мм, включаючи його також, а також їхні числові значення.

Стандарт поширюється на гладкі конструктивні елементи деталей, що мають циліндричну форму або обмежені певними паралельними площинами, а також він впливає на з'єднання, які утворені ними.

Основні засади побудови ЄСДП.

Відповідно до ДСТУ 2500-94, ЄСДП використовується для розмірів від 0 до 3150 мм. Однак, переважна більшість з'єднань у загальному машинобудуванні мають розміри до 500 мм, тому розглянемо основні засади формування системи допусків та посадок саме для цих розмірів.

Інтервали розмірів.

Розміри, до котрих застосовується ЄСДП, розділені на відрізки. Для розмірів від 0 до 500 мм визначено 13 головних та 22 проміжні інтервали розмірів (діаметрів).

Проміжні інтервали ділять основні на два або три проміжні. Проміжні інтервали застосовуються для розмірів, котрі більші за 10 мм.

Наприклад, в головному інтервалі понад 10 до 18 мм включно є два проміжні інтервали – понад 10 до 14 мм та понад 14 до 18 мм включно.

Проміжні інтервали створені для відхилень, що утворюють посадки з значними зазорами та натягами, задля забезпечення більш однорідних значень зазорів і натягів у з'єднаннях [7].

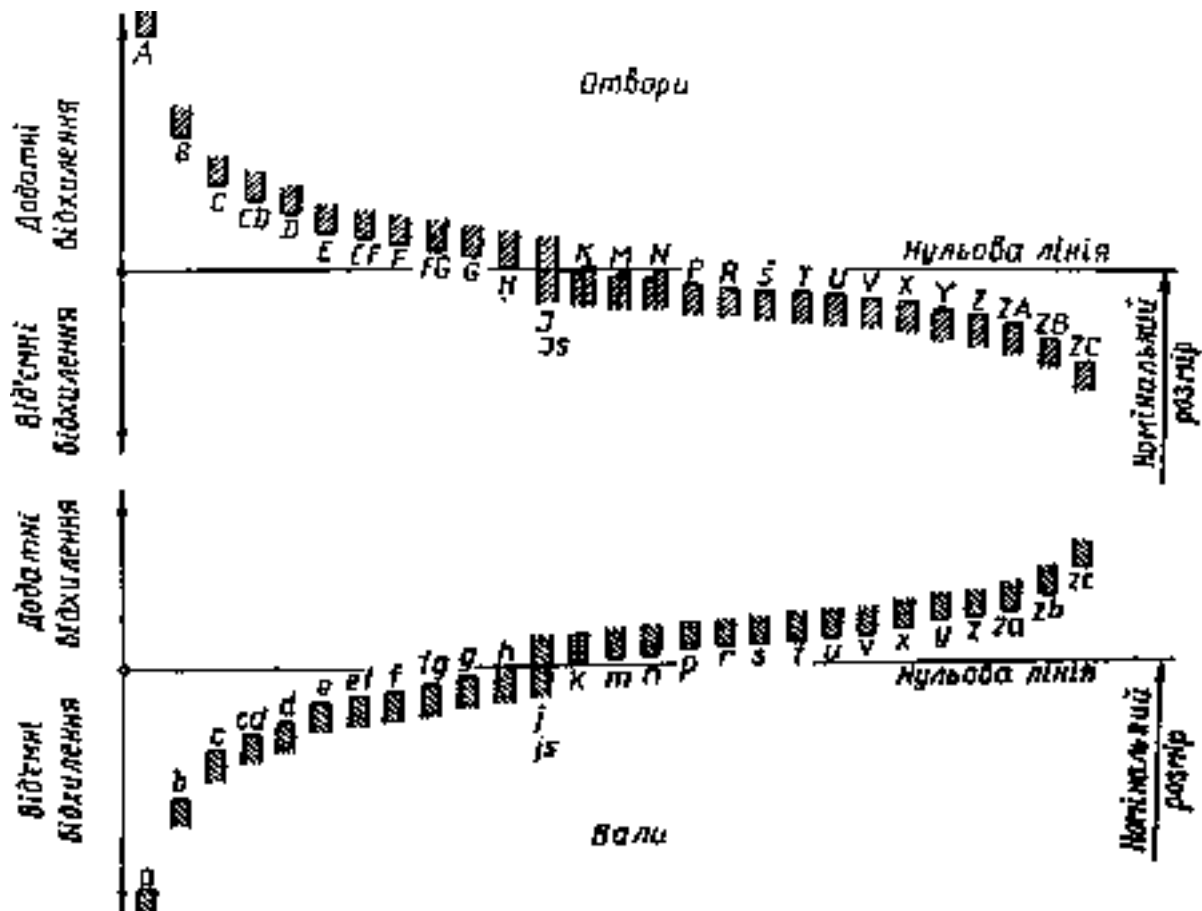


Рис. 1. Схема розташування основних відхилень отворів і валів.

Сучасні технології відкривають двері до всебічних вимірювань геометрії деталей завдяки оптичним вимірювальним системам GOM Zeiss та програмному забезпеченню GOM Inspect з розширеним функціоналом GD&T (Geometric Dimensioning and Tolerancing) відповідно до вимог стандартів ISO та ASME. Це надає низку переваг [5]:

- Візуальна наочність, оскільки вимірювання здійснюються безпосередньо на 3D-моделі;
- Реальне зіставлення з номінальним значенням конкретного параметра або цілої деталі;
- Здатність комбінувати допуски, враховуючи різні вимоги;
- Можливість вимірювання будь-якої частини деталі, геометричної форми або перерізу;
- Простота вимірювання складних деталей довільної форми, що значно прискорює процес;
- Аналіз тенденцій для серійних вимірювань, що дозволяє відслідковувати зміни.



Рис. 2. Використання сучасного програмного забезпечення у машинобудуванні.

Сьогодні системи допусків і посадок широко застосовуються в автоматизованому виробництві, 3D-друку, авіабудуванні та мікроелектроніці. Завдяки цифровим технологіям і CAD/CAM-системам стало можливим точне моделювання і контроль параметрів ще на етапі проектування, що підвищує якість та ефективність виробничих процесів [2].

Найбільшими перевагами використання систем допусків і посадок є:

- Забезпечення взаємозамінності – стандартизовані допуски дозволяють виготовляти деталі, які можуть бути використані без додаткового припасування, що спрощує складання та ремонт;
- Підвищення точності та надійності – правильний вибір допусків і посадок зменшує люфти та забезпечує стабільну роботу механізмів;
- Економія матеріалів і ресурсів – оптимізація розмірних відхилень дає змогу знизити витрати на виготовлення та обробку деталей;
- Спрощення контролю якості – завдяки чітко визначеним параметрам легко перевірити відповідність деталей стандартам, що підвищує ефективність виробництва;
- Зниження виробничих витрат – зменшення потреби в ручному припасуванні та підгонці деталей скорочує час і фінансові затрати [4].

Висновок. Система допусків і посадок відіграє ключову роль у забезпеченні точності, надійності та взаємозамінності деталей у машинобудуванні. Вибір оптимальних посадок для з'єднань суттєво впливає на експлуатаційні характеристики механізмів, їхню довговічність та ефективність роботи. Стандартизація цих параметрів, зокрема відповідність міжнародним

нормам ISO та національним стандартам, дозволяє підвищити якість виробництва та зменшити витрати на механічну обробку.

У статті розглянуто основні принципи системи допусків і посадок, класифікацію та методи контролю. Отримані результати можуть бути корисними для конструкторів, технологів та інженерів проектувальників машинобудівної галузі.

Список використаної літератури

1. Посадка (машинобудування): веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Посадка_%28машинобудування%29 (дата звернення 10.03.2025).
2. Система допусків і посадок: веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Система_допусків_і_посадок (дата звернення 11.03.2025).
3. Адаменко Ю.І., Герасимчук О.М. Майданюк С.В., Мініцька Н.В., Пасічник В.А., Плівак О.А. Допуски, посадки та технічні вимірювання: навчальний посібник. НТУУ «КПІ». 2016. 166 с
4. Основні терміни та визначення Єдиної системи допусків і посадок: електронний посібник. URL: https://buklib.net/books/36021/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення 11.03.2025).
5. Сучасна методика технічного контролю розмірів, допусків і посадок в машинобудуванні по єскд, iso та asme: веб-сайт. URL: https://3dees.kiev.ua/blog/suchasna-metodyka-tehnichnogo-kontrolyu-rozmiriv-dopuskiv-i-posadok-v-mashynobuduvanni-po-yeskd-iso-ta-asme/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення 17.03.2025).
6. Шворінь М.С., Гнат'єв О.П., Іванов Г.О., Полянський П.М Основні положення єдиної системи допусків і посадок (ЄСДП). *Сучасні проблеми взаємозамінності та стандартизації у машинобудуванні: навчальний посібник*. Миколаїв. 2015. С. 21-22.
7. Системи допусків і посадок гладких циліндричних з'єднань: веб-сайт. URL: <https://vseosvita.ua/library/embed/0100fo9y-75a3.docx.html> (дата звернення 21.03.2025).

Іван ЗАХАРЧУК³⁹,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МЕХАНІЗОВАНОЇ ОПЕРАЦІЇ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ТИПУ ОБПРИСКУВАЧА ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ БУР'ЯНІВ У МІЖРЯДДЯХ МАЛИНИ ГЕРБІЦИДОМ

***Анотація.** Стаття присвячена обґрунтуванню елементів механізованої операції та вибору раціонального типу обприскувача для ефективного знищення бур'янів у міжряддях малини гербіцидом. Проаналізовано конструктивні особливості обладнання, технологічні параметри та їх вплив на точність і ефективність обробки.*

***Ключові слова:** знищення бур'янів, обприскувач, висота розпилення, кут розпилення, коефіцієнт варіації.*

***Annotation.** The article is devoted to the substantiation of the elements of a mechanized operation and the choice of a rational type of sprayer for the effective destruction of weeds in the raspberry aisles with herbicide. The design features of the equipment, technological parameters and their impact on the accuracy and efficiency of processing are analyzed.*

***Key words:** weed killing, sprayer, sprayer installation height, sprayer inclination angle, coefficient of variation*

Вступ. Згідно з прогнозом на 2024-2028 роки, в Україні щорічно зростатиме попит на свіжу малину. В рамках державної програми «Розвиток сільського господарства і регулювання ринків сільськогосподарської продукції, сировини і продовольства» виробникам надається субсидія.

В Україні в комплекс операцій по догляду за ягідними насадженнями входить хімічний захист в основному від хвороб і шкідників [3]. Технічні засоби хімічного захисту рослин малини постійно вдосконалюються: оптимізується конструкція стрижнів і їх кріплення до енергетичного середовища; розробляються конструкції машин, що виконують кілька технологічних операцій; Створюються різні типи розпилювачів. Однак відомі конструкції садових обприскувачів не розраховані на обробку гербіцидів в малинових рядах. Агротехнічний спосіб знищення бур'янів в рядах промислових малинових плантацій відрізняється низьким рівнем механізації і високою трудомісткістю, що значно підвищує собівартість продукції. Наприклад, вартість виконання ручних і механізованих робіт на малиновому плантації площею 4 га становить 45,2% від загальних витрат [4]. В Україні, на відміну від інших країн, при

³⁹Науковий керівник – Дацюк Д.А., старший викладач кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК.

виращуванні малини не використовується застосування гербіцидів для боротьби з бур'янами, а застосовуються різні агротехнічні прийоми. У зв'язку з цим конструктивні параметри і режими роботи обприскувачів для роботи зі знищення бур'янів в малинових рядах хімічним шляхом вивчені недостатньо.

Мінімізувати негативний вплив хімічних засобів захисту на навколишнє середовище можна за рахунок підвищення рівномірності розподілу пестицидів по поверхні оброблюваних рослин і шляхом створення роботизованих пристроїв для диференційованого застосування засобів захисту рослин, здатних розпізнавати корисні сільськогосподарські культури і бур'яни.

Основним робочим органом розпилювачів, що забезпечує якісне розпилення і рівномірність нанесення препарату на оброблюваний об'єкт, є обприскувач.

Виклад основного матеріалу. Проведено аналіз праць основоположників наукового напрямку та сучасних джерел.

Аналіз зовнішніх умов, що впливають на якість роботи, проводився з урахуванням просторове розташування нелистової і облиственной вегетативної частини рослин малини, ширина рядів і захисних зон. Також враховувалося розташування обприскувача щодо культурних і бур'янів.

Технічні вимоги до проведення операції розробляються з урахуванням зовнішніх умов виконання і вимог, що забезпечують гарантоване знищення бур'янів в рядах малини.

З метою вибору раціонального типу розпилювача була проаналізована геометрія розпилювальних шлейфів відомих типів розпилювачів.

Раніше в лабораторних умовах проводилися порівняльні випробування розпилювачів ОС-0,1 і ІС на щільність покриття краплями оброблюваної поверхні. Оцінювали дисперсність крапель, що осідають на обробленій поверхні. Випробування проводилися в лабораторії на оригінальному стенді.

Розсіювання спрею і розподіл крапель по поверхні моделі ряду малини були зафіксовані за допомогою розгорнутих реєстраційних карток відповідно до ОСТ 106.1-2000.

Розподільний стенд (рис. 1) складається з столу 1, розділеного ребрами жорсткості на канали шириною 0,05 м, блоку вимірювальних циліндрів 2 для збору рідини з кожного каналу, насосного вузла, що забезпечує подачу рідини в розпилювач під тиском, рекомендованим виробниками для кожного випробуваного розпилювачем, виміряного манометром 3, штока 4, встановленого над ребристою поверхнею столу. Розпилювач кріпився на штанзі з напрямком полум'я уздовж і поперек каналів лавки з можливістю зміни висоти і кута установки у відповідних реалізаціях експерименту.

Вивчено процес осадження крапель на поверхні стенду в поперечних і поздовжніх розрізах розпилювального полум'я, а також вивчено особливості розподілу рідини, що заливається розпилювальним соплом, по ширині полум'я.

Експериментальні дослідження проводилися в статичному режимі за методом проектування експерименту за відомою методикою.

Експериментальний план являв собою матрицю ортогонального центрального композиційного плану третього порядку (табл.).

Модифікованими факторами та рівнями їх варіації були:

X_1 - висота установки розпилювача (h) над оброблюваною поверхнею, 0,1 ... 0,7 м;

X_2 - кут нахилу розпилювача (α) до оброблюваної поверхні у вертикальній площині, поперечній каналам стенду, 0... 5 град.

X_3 – швидкість вітру V_b , 0... 5 м/с.



Рис. 1. Тип розподільного стенду:

1 – стіл; 2 – блок вимірювальних циліндрів; 3 – манометр; 4 – штанга.

Вивчено процес осадження крапель на поверхні стенду в поперечних і поздовжніх розрізах розпилювального полум'я, а також вивчено особливості розподілу рідини, що заливається розпилювальним соплом, по ширині полум'я.

Експериментальні дослідження проводилися в статичному режимі за методом проектування експерименту за відомою методикою.

Таблиця 1. Ортогональний центральний композиційний план третього порядку.

Зміст плану	№ досліду	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2
План типу 2^3	1 2 3 4	+1 +1	+1 +1	-1	-1	+1 +1	+1 +1	+1 +1
	5 6 7 8	+1 +1	+1 +1	+1	-1 -1	+1 +1	+1 +1	+1 +1
		+1 +1	+1 +1	+1	-1	+1 +1	+1 +1	+1 +1
		+1 +1	+1 +1	-1 -1	+1 +1	+1 +1	+1 +1	+1 +1
«Зіркові» точки	9	+1 +1	-1,215	0 0	0 0 0	1,476	0 0	0 0 0
	10	+1 +1	+1,215	-1,215	0	1,476	1,476	0
	11	+1 +1	0 0 0	+1,215	-1,215	0 0 0	1,476	1,476
	12 13 14	+1 +1	0	0 0	+1,215	0	0 0	1,476
Нульова точка	15	+1	0	0	0	0	0	0

Відповідями були обсяги рідини, що заливається розпилювачем, на кожні 5 см робочої ширини (в кожен окремий канал стенду).

Лабораторні досліди проводились відповідно до проектної матриці експерименту в трикратній повторюваності з точністю вимірювання робочої рідини до 1 мл.

Показником рівномірності осадження рідини по ширині захвату розпилювача є коефіцієнт варіації V (%), що визначається за формулою:

$$V = \frac{\sigma}{q} \cdot 100, \quad (1)$$

де σ - стандартне відхилення кількості рідини, що набирається в вимірювальних циліндрах, від середнього значення; q - середня кількість рідини, зібраної в окремих вимірювальних циліндрах в кожному експерименті.

За результатами аналізу наукових публікацій встановлено основні фактори, що впливають на якість внесення гербіцидів у малинові ряди нижче листової частини рослин: ширина малинових рядів, висота нижніх листків малини над поверхнею ґрунту, тип обприскувача, тиск у розпилювачі, розсіювання розпилення, швидкість роботи обприскувача, швидкість вітру, висота установки обприскувача над поверхнею ґрунту, кут нахилу розпилювача в поперечно-вертикальному та поздовжньо-вертикальному положенні Літаки. Проаналізуємо ці фактори, використовуючи дані на рисунку 2.

Середня ширина рядів малини при різних технологіях вирощування становить 0,35... 0,60 м, середня нижня межа k розташування листя рослин малини становить близько 0,13 м, а середня ширина захисної зони A становить близько 0,15 м [6].

Як видно з малюнка 2, необхідно використовувати розпилювач, що рухається в сторону малинового ряду, що створює зміщене розпилювальне полум'я, наприклад, американську плоску розпилювальну насадку типу OS від Teejet або розпилювач типу IS від німецької фірми LECHLER.

При використанні таких обприскувачів умова відкладення гербіциду в межах смуги шириною $1 + 2a$ може бути досягнуто за рахунок регулювання кута нахилу α розпилювача в поперечно-вертикальній площині (рис. 2а).

Висота від плоского розпилювального полум'я менше висоти k розташування нижніх листків малини шляхом регулювання висоти h розташування розпилювача над поверхнею ґрунту і кута нахилу розпилювача β поздовжньо-вертикальній площині (рис. 2б).

Важливим фактором, що впливає на якість знищення бур'янів, є рівномірний розподіл крапель робочої рідини по поверхні бур'янів по всій оброблюваній площі. Повинна бути забезпечена мінімально допустима щільність (щільність) покриття (МДРП), нижче якої не досягається достатня біологічна ефективність застосування засобів захисту рослин. Для гербіцидів МДП 7 7 становить в середньому 30 крапель на 1 см^2 .

Номінальний тиск в обраному типі розпилювача має відповідати його технічним характеристикам, встановленим виробником, і не підлягає нашому вивченню.

Виходячи з перерахованих вище умов, повинні бути встановлені такі технічні вимоги до операції нанесення гербіцидів на малинові ряди, спрямованих на знищення бур'янів:

- частота обертання агрегату 8 повинна бути рівномірною в межах 1,4... 1,7 м/с;
- розпилювачі повинні переміщатися в сторону ряду малини (рис. 1а) на відстань, не зачіпаючи рослини під час коливань агрегату, і копіювати макро- і мезорельєф поверхні поля, зберігаючи задану висоту над ґрунтом;
- полум'я розпилювача має бути плоским і мати обмеження по висоті;
- розпилення робочої рідини повинно бути з мінімальною пропорцією дрібних і великих крапель.

В результаті випробувань атомайзерів ОС-0,1 і ІС були отримані реєстраційні картки зі слідами крапель робочого розчину (рис. 3).

Статистичну обробку характеристик слідів крапель проводили за допомогою комп'ютерної програми Droplet Analyzer [13].

Найкращу дисперсність розпилення і щільність осадження крапель показав торцевий розпилювач LECHLER IS в жовтому кольорі, який був відібраний для подальших досліджень на розподільному стенді.

Провівши регресійний аналіз результатів експериментів і проаналізувавши отримані рівняння регресії, ми встановили залежність коефіцієнта варіації в рівномірності осадження рідини по ширині робочої ширини розпилювачів ІС.

За результатами проведених досліджень були отримані характеристики процесу осадження крапель рідини розпилювачем ІС в поперечних і поздовжніх розрізах розпилювального полум'я. Вплив кута нахилу розпилювача ІС на осадження кількості рідини q в кожному каналі стенду у відсотках від загального обсягу рідини, що осідає при відсутності вітру, показано на рисунку 4.

Варіаційні криві осадження рідини жовтим розпилювачем ІС з поздовжніми і поперечними повтореннями мають широку рівномірну зону в центрі, а по краях відкладається невелика кількість рідини. Це дає можливість при оптимальному розташуванні обприскувача щодо рядів малини домогтися рівномірного осідання крапель по площі рядка і мінімальних втрат гербіцидів в міжряддях і навколишньому середовищі.

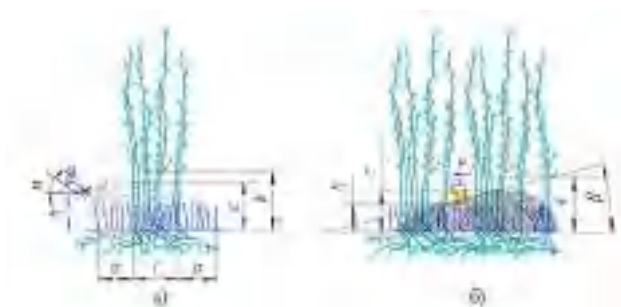


Рис. 2. Схема внесення гербіциду в ряди малини в поперечно-вертикальній (а) і поздовжньо-вертикальній площинах (б):

а – ширина захисної зони; l – ширина рядів; k – нижня межа розташування листя; с – висота плоского розпилювального полум'я; h, α , β – висота і кути нахилу розпилювача.



Рис. 3. Тип облікової картки зі слідами крапель, що випали в опад.

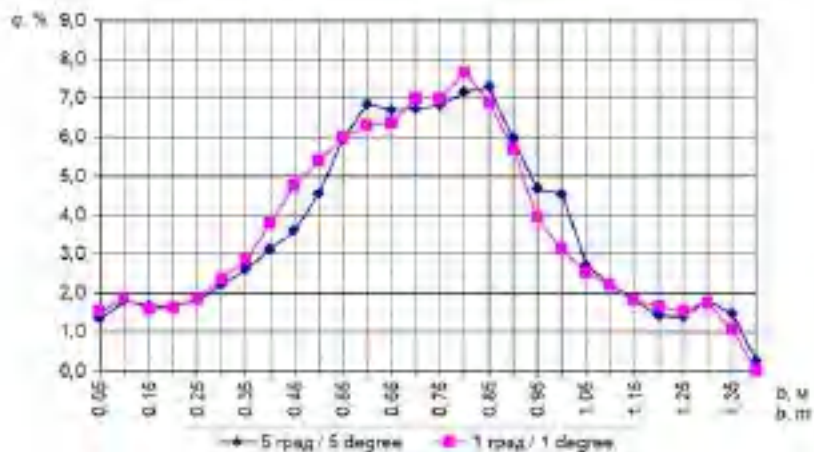


Рис. 4. Розподіл осідає рідини в поздовжньому розрізі полум'я розпилювача ІС під різними кутами нахилу в поперечно-вертикальній площині.

Висновок. Зовнішніми умовами, що впливають на якість внесення гербіциду в малинові ряди нижче листової частини, є: ширина малинових рядів в межах 0,35... 0,60 м; середня нижня межа розташування листя рослин малини, яка становить 0,13 м; середня ширина захисної зони – 0,15 м; Напрямок вітру і допустима швидкість 0... 5 м/с.

Найбільш раціональним з точки зору геометричних параметрів сформованого крапельного шлейфу для умов застосування гербіциду в малинових рядах, з точки зору розпилення розпилення і кількості крапель, що вносяться на 1 см², є обприскувач з щілинами ІС жовтого кольору.

Різне поєднання швидкості вітру, висоти розпилювача над оброблюваною поверхнею і кутів нахилу обприскувача в поздовжній і поперечній площинах призводить до зміни коефіцієнта варіації рівномірності осадження гербіциду в межах малинового ряду від 68 до 10%.

Вплив чотирьох перерахованих вище факторів на коефіцієнт варіації є нелінійним, що свідчить про існування глобального екстремуму і необхідність подальших випробувань з використанням методики проектування чотирьохфакторного експерименту.

Список використаної літератури

1. Швець Л.В. Розробка малогабаритного обприскувача сільськогосподарських культур: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/24676.pdf> (дата звернення 25.03.2025).

2. Борисюк Д.В., Твердохліб І.В., Франчук О.А. Підвіска обприскувача: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/9367.pdf> (дата звернення 25.03.2025).

3. Вергелес П.М. Шкідники і хвороби малини: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/9491.pdf> (дата звернення 25.03.2025).

4. Зіменко Д.В. Розробка та обґрунтування параметрів ріжучого апарата для обмеження висоти стебел промислових насаджень малини: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/15008.pdf> (дата звернення 25.03.2025).

5. Члек І.П. Розробка технології вирощування садивного матеріалу малини в умовах правобережного Лісостепу: веб-сайт. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/13955.pdf> (дата звернення 25.03.2025).

Михайло КЛЕКІТ⁴⁰,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ПРИ ОБРОБІТКУ СХИЛОВИХ ЗЕМЕЛЬ

***Анотація.** Розглянуто теоретичні основи вибору та обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів ґрунтообробного агрегату для схилових земель, що дозволяє підвищити ефективність обробітку та запобігти деградації ґрунтів. Отримано аналітичні залежності, що описують рух полотна із зубами з урахуванням основних параметрів агрегату.*

***Ключові слова:** ґрунтообробний агрегат, ґрунт, розрахункова схема, параметри.*

***Annotation.** The theoretical foundations of the selection and justification of the design and technological parameters of a soil tillage unit for sloping lands are considered, which allows increasing the efficiency of cultivation and preventing soil degradation. Analytical dependencies were obtained that describe the movement of the blade with teeth, taking into account the main parameters.*

***Key words:** soil tillage unit, soil, calculation scheme, parameters, speed.*

Вступ. Обробіток ґрунту на схилових землях є важливим завданням сучасного сільськогосподарського виробництва, оскільки значна частина орних

⁴⁰Науковий керівник – Руткевич В.С., к.т.н., доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

земель розташована на ділянках зі складним рельєфом [1]. Використання традиційних ґрунтообробних знарядь у таких умовах часто призводить до активізації ерозійних процесів, ущільнення ґрунту та зниження його родючості. Це зумовлює необхідність розробки спеціалізованих ґрунтообробних агрегатів, здатних забезпечити якісний обробіток ґрунту з мінімальним негативним впливом на агроєкосистему.

Одним із ключових аспектів проектування таких агрегатів є визначення їхніх конструктивно-технологічних параметрів, які мають відповідати особливостям схилів. Важливо враховувати не лише агротехнічні вимоги, а й механіко-технологічні характеристики ґрунту, кут нахилу поверхні та умови експлуатації техніки.

Виклад основного матеріалу. Для обробітки складних схилів земель пропонуємо використовувати ґрунтообробне знаряддя з активними робочими органами з машинно-тракторним агрегатом. Розглянемо основні конструктивно-технологічні параметри агрегату ланцюгового типу рис.1.

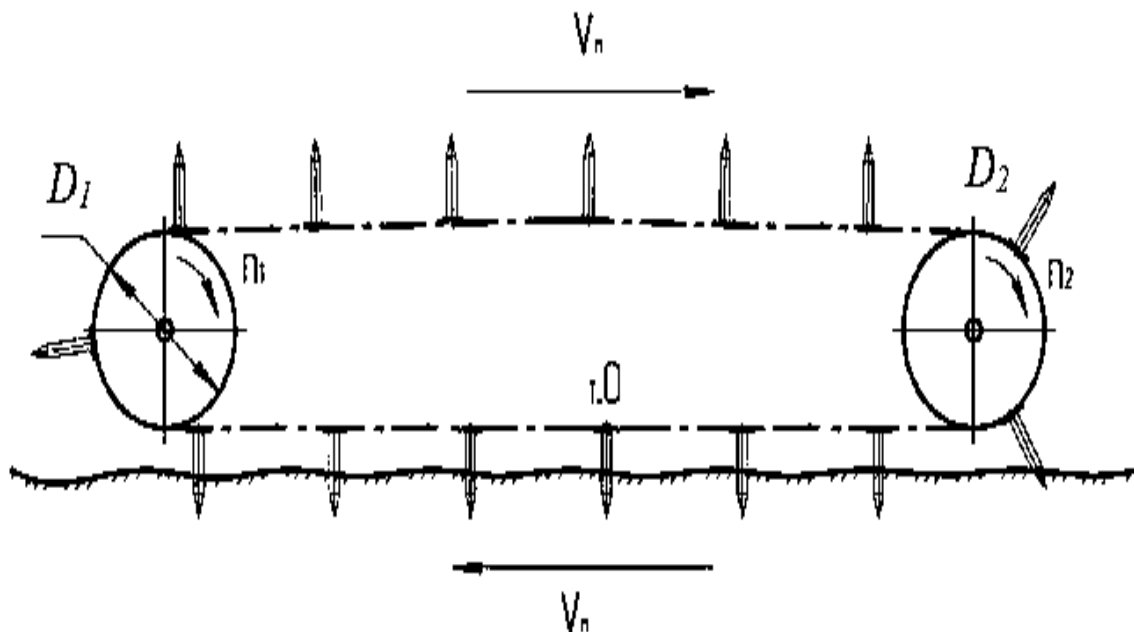


Рис. 1. Принципова схема ґрунтообробного агрегату:

D_1 – діаметр привідної зірочки; D_2 – діаметр веденої зірочки; n_1 – частота обертання привідної зірочки; n_2 – частота обертання веденої зірочки; V_n – поперечна швидкість руху зуба.

Приймаємо $D_1 = D_2$, $n = n_1 = n_2$.

При обробці простих схилів з постійним ухилом та рівнинних поверхонь знаряддя працює як пасивне. Робочі органи агрегату не переміщуються.

При обробці складних схилів зі змінним ухилом знаряддя впливає на ґрунт рухомими робочими органами за рахунок обертання ланцюгового полотна ($n > 0$) від приводу машинно-тракторного агрегату. Поверхня ґрунту буде утворена борознами певної кривизни щодо корпусу агрегату після його проходження.

Розглянемо кінематику руху робочого органу ґрунтообробного агрегату (рис. 2).

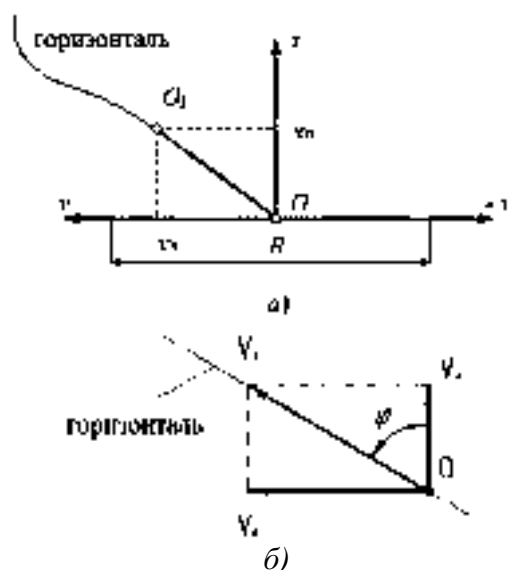


Рис. 2. Розрахункова схема взаємодії зуба агрегату з ґрунтом на складному схилі: а) – траєкторія переміщення точки O вздовж горизонталі схилу у системі координат; б) – вектор швидкості руху точки O .

У процесі роботи робочий орган бере участь у поступальному русі разом з машинно-тракторним агрегатом та у поперечному рух на ширину агрегату (рис. 2. а). За законом руху точки представимо систему рівнянь

$$\begin{cases} x = V_M t; \\ y = V_{\Pi} t; \end{cases} \quad (1)$$

де x – переміщення точки по осі OX , м; y – переміщення точки по осі OY , в межах ширини знаряддя від $-B/2$ до $B/2$, м; V_M – поздовжня швидкість зуба, що дорівнює швидкості машинно-тракторного агрегату, м/с; t – час, с; V_{Π} – поперечна швидкість руху зуба, м/с.

Для розрахунку величини абсолютного переміщення робочого органу скористаємося відомим виразом [2].

$$S = \sqrt{x^2 + y^2} = t \sqrt{V_M^2 + V_{\Pi}^2}, \quad (2)$$

де S – абсолютне переміщення зуба, м.

Виходячи з виразу (1), визначивши поздовжню і поперечну складові швидкості руху точки O , розташованої на планці ланцюгового полотна (рис. 2 б), можна отримати фактичну швидкість зуба V_3 за рівнянням:

$$V_3 = \sqrt{V_M^2 + V_{\Pi}^2}, \quad (3)$$

де V_3 – фактична швидкість зуба, м/с.

Поперечна швидкість зуба може бути прирівняна до швидкості руху ланцюгового полотна. Швидкість руху ланцюгового полотна визначається за виразом [3]:

$$V_{\Pi} = z \cdot p \cdot n, \quad (4)$$

де z – число зубів ведучих зірочок; p – крок ланок ланцюга, м; n – частота обертання ведучих зірочок, с^{-1} .

Крок зубів зірочки визначається за рівнянням [4-5]:

$$p = d_o \cdot \sin\left(\frac{180}{z}\right), \quad (5)$$

де d_o – діаметр ділильного кола ведучої зірочки, м.

Підставляючи вираз (5) у рівняння (4), отримаємо формулу для визначення поперечної швидкості зуба:

$$V_{\Pi} = z \cdot d_o \cdot \sin\left(\frac{180}{z}\right) \cdot n. \quad (6)$$

Використовуючи вираз (6), виразимо фактичну швидкість зуба:

$$V_z = \sqrt{V_M^2 + (z \cdot d_o \cdot \sin\left(\frac{180}{z}\right) \cdot n)^2}. \quad (7)$$

Кут відхилення вектора фактичної швидкості зуба (див. рис. 2) можна визначити за виразом:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{V_{\Pi}}{V_M}, \quad (8)$$

де φ – кут відхилення вектора фактичної швидкості робочого органу від вектора швидкості поздовжнього руху машинно-тракторного агрегату (МТА), град.

З урахуванням рівняння (6) отримаємо тангенс кута відхилення вектора фактичної швидкості зуба і його величину [5]:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{z \cdot d_o \cdot \sin\left(\frac{180}{z}\right) \cdot n}{V_M} \quad (9)$$

Або

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{z \cdot d_o \cdot \sin\left(\frac{180}{z}\right) \cdot n}{V_M} \quad (10)$$

За отриманим виразом (10) представлено графічну залежність зміни кута відхилення швидкості зуба відносно поздовжнього руху МТА (рис. 3), а за виразом (7) отримано залежність зміни фактичної швидкості зуба (рис. 4) під час зміни частоти обертання приводної зірочки для різних її діаметрів.

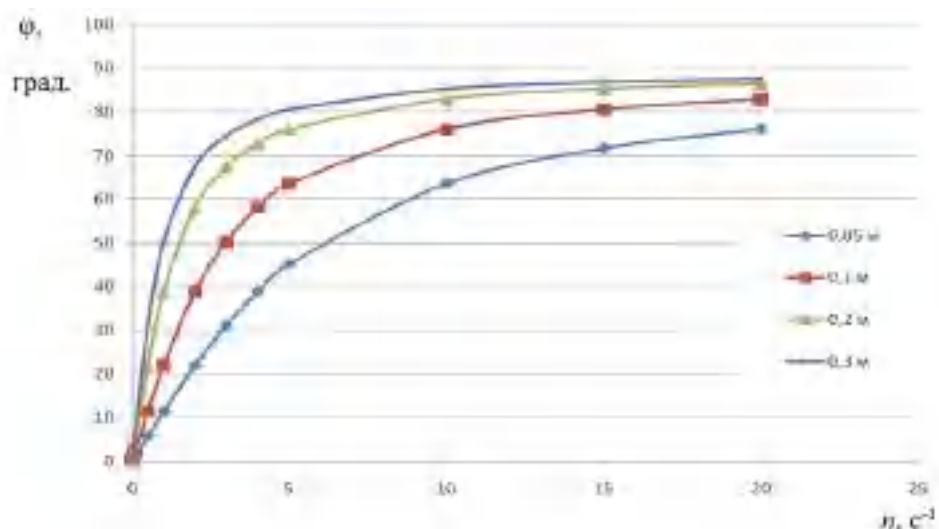


Рис. 3. Графічна залежність зміни кута відхилення швидкості зуба щодо поздовжнього руху МТА при зміні частоти обертання приводних зірочок для різних діаметрів зірочок.

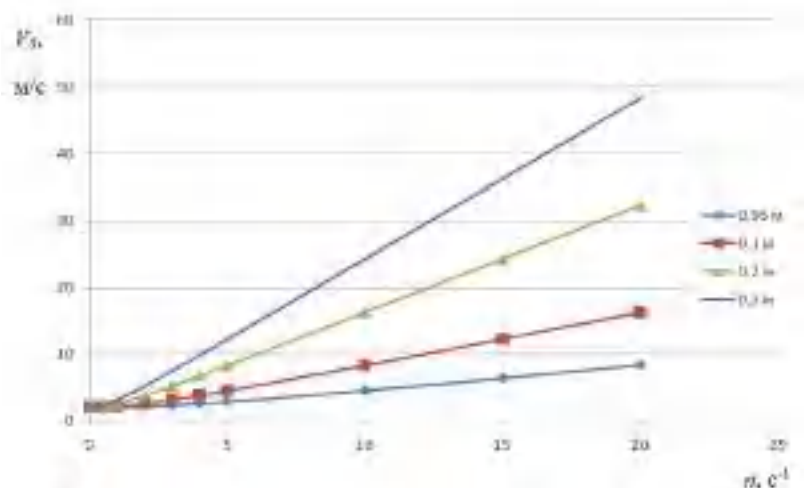


Рис. 4. Графічна залежність зміни фактичної швидкості зуба при зміні частоти обертання приводних зірочок для різних діаметрів зірочок.

За виявленими залежностями можна визначити основні конструктивно-технологічні параметри розробленого агрегату для виконання контурного обробітку ґрунту. Слід зазначити, що за графіком на рис.3, за невеликих величин частоти обертання зірочок знаряддя (менше 5 с^{-1}), відбувається динамічна зміна кута відхилення швидкості зуба щодо поздовжнього руху МТА для різних діаметрів зірочок, але не досягає відхилення 90 градусів. Величина відхилення, наближена до 90 градусів, досягатиметься при частоті обертання зірочок $10 \dots 15 \text{ с}^{-1}$ для діаметрів зірочок $0,2 \text{ м}$ та $0,3 \text{ м}$. Виходячи з цього, згідно з графічними залежностями, представленими на рис. 4, при частотах обертання від 0 до 15 с^{-1} та діаметрах приводних зірочок $0,2 \text{ м}$ та $0,3 \text{ м}$, зміна фактичної швидкості зуба складе $2 \dots 25 \text{ м/с}$ та $2 \dots 36 \text{ м/с}$ відповідно.

Отримані значення конструктивно-технологічних параметрів знаряддя, для обробітку ґрунту на схилах, забезпечують можливість спроектувати раціональну конструкцію, що відповідає необхідним технологічних режимів роботи МТА.

Отримання інформації про рельєф поверхні, що обробляється можливо до обробки за цифровою моделлю рельєфу, або в період обробки ґрунту на схилі використовуючи гіроскопи та акселерометри, розміщені або на тракторі, або безпосередньо на рамі розроблюваного знаряддя.

Висновки. Отримано аналітичні залежності (1)...(10), що описують рух полотна із зубами з урахуванням основних параметрів ґрунтообробного агрегату для обробітку ґрунту. Зміна фактичної швидкості зуба досягається при частотах обертання від 0 до 15 с^{-1} , діаметрах приводних зірочок $0,2 \text{ м}$ та $0,3 \text{ м}$, і становить відповідно від 2 до 25 м/с і від 2 до 36 м/с . Вага агрегату 800 Н , довжина зубів $0,10 \text{ м}$, відстань між зубами – $0,15 \dots 0,25 \text{ м}$.

Список використаної літератури

1. Гунько І.В., Грибик Р.І. Математичне моделювання процесу роботи комбінованого ґрунтообробного агрегату. *Вібрації в техніці та технологіях: науковий журнал*. 2022. № 2(105). С. 115–121.

2. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підруч. для студ. вузів. Київ: Друк. 2005. 464 с.

3. Тищенко С.С., Дубровін В.О., Теслюк В.В., Волянський М.С. Сільськогосподарські машини. Теорія і розрахунок робочих органів машин для поверхневого обробітку ґрунту: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» та «Машинобудування». Київ: ЦП "Компринт". 2015. 158 с.

4. Скрипник В.І. Розробка, виробництво, конструктивні особливості і нової сільськогосподарської техніки: навчальний посібник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти. Київ: Література ЛТД. 2019. 256 с.

5. Войтюк Д.Г., Барановський М.В., Булгаков В.М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: навчальний посібник. К.: Вища освіта. 2005. 464 с.

В'ячеслав ОСАВОЛЮК⁴¹,

студент 2 курсу,

факультет інженерно технологічний,

Вінницький національний аграрний університет,

Вінниця, Україна.

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБКИ ІНЖЕНЕРНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ВІДГОДІВЛІ СВИНЕЙ

***Анотація.** Зростання обсягів виробництва у свинарстві потребує дворазового збільшення продуктивності праці та зниження витрат на 20% і більше. Досягнення цих цілей можливе через впровадження управлінських систем з автоматичним регулюванням процесів у реальному часі.*

***Ключові слова:** сільське господарство, тваринництво, свинарство, система господарювання.*

***Annotation.** The growth of production volumes in pig farming requires a twofold increase in labor productivity and a reduction in costs by 20% or more. Achieving these goals is possible through the implementation of management systems with automatic regulation of processes in real time.*

***Key words:** agriculture, livestock, pig farming, management system.*

Вступ. На сьогоднішній день розвиток аграрної галузі безпосередньо пов'язаний з впровадженням цифрових технологій (Інтернет речей, робототехніка, штучний інтелект, аналіз великих даних, електронна комерція і т.д.), що обумовлено необхідністю подвоєння продуктивності праці на одного

⁴¹Науковий керівник – Єленич А.П., асистент кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК

працівника при одноразовому зниженні частки матеріальних витрат в собівартості продукції на 20% і більше [1].

У підгалузі свинарства спостерігається тенденція підприємств до збільшення виробничих потужностей, що обґрунтовує необхідність впровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами, що забезпечують суворе дотримання вимог щодо контролю значень факторів, від яких залежить продуктивність тварин [2].

Існуючі системи здійснюють управління на основі нормативних заздалегідь визначених значень, які залишаються незмінними протягом тривалого періоду часу, таких як витрата корму, води, виходу гною, необхідний повітрообмін, температура повітря і т. Д., Без урахування фізіологічного і психоемоційного стану тварин, що не дозволяє досягти необхідного рівня ефективності виробництва через нераціональне використання виробничих ресурсів, великої кількості стресових ситуації, а також неповна реалізація генетичного потенціалу високопродуктивних тварин [3,4].

Для вирішення цієї проблеми необхідно розробити сучасні інноваційні системи контролю, які відстежують зміни стану самої тварини (температура, вага, відсоток жирової тканини, фізіологічна активність, насичення киснем, апетит, спрага і т.д.), що дозволить знизити витрати на виробництво за рахунок задоволення потреб тварин в кормах, воді, оптимальному мікрокліматі в режимі реального часу, що в свою чергу дозволить скоротити кількість стресових ситуацій, що виникають в результаті конкуренції за корм і воду, а також різкої зміни температури, повітрообміну і освітленості у виробничому приміщенні.

Виклад основного матеріалу. При побудові математичних моделей виходять з того, що цикл відгодівлі свиней становить 100 днів при відгодівлі поросят у віці 90 днів.

Визначення витрати корму проводиться з урахуванням зміни живої маси свині, що визначається на підставі стандартних даних середньодобового споживання корму (табл. 1) і коефіцієнта його перерахунку, що дорівнює 2,8.

Таблиця 1. Показники середньодобового споживання корму свинями у різні проміжки циклу відгодівлі.

Відгодівельний день	90-100	101-105	106-117	118-129	130-141	142-153	154-165	166-177	178-189
Середньодобова норма корму, (кг/голову)	1,25	1,55	1,65	1,75	2	2,15	2,25	2,35	2,55

За наведеними значеннями середньодобового споживання корму визначимо середньодобовий приріст однієї свині в кожному часовому інтервалі циклу відгодівлі:

$$\Delta M = \frac{m_{\text{к.норм}}}{K} \quad (1)$$

де: ΔM - середньодобовий приріст свині на відгодівлі, (кг/добу); $m_{\text{к.норм}}$ - середньодобова норма споживання корму свинею на відгодівлі, (кг/добу); K - коефіцієнт конверсії корму.

Отримані значення середньодобового приросту маси тіла наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Середньодобовий приріст свиней на відгодівлі.

Відгодівельний день	90-100	101-105	106-117	118-129	130-141	142-153	154-165	166-177	178-189
Середньодобова норма корму, (кг/голову)	0,45	0,55	0,59	0,63	0,71	0,77	0,8	0,84	0,91

Запишемо цільову функцію зміни живої маси свині за цикл відгодівлі виходячи з пропорційності ваги кількості днів кожного інтервалу циклу, коефіцієнт пропорційності в даному випадку є показником середньодобового приросту в кожному часовому інтервалі циклу.

$$M(t) = \begin{cases} M(90) + \Delta M_{91-100} \cdot (t - 90), \text{ якщо } 91 \leq t \leq 100 \\ M(100) + \Delta M_{101-105} \cdot (t - 100), \text{ якщо } 101 \leq t \leq 105 \\ M(105) + \Delta M_{106-117} \cdot (t - 105), \text{ якщо } 106 \leq t \leq 117 \\ M(117) + \Delta M_{118-129} \cdot (t - 117), \text{ якщо } 118 \leq t \leq 129 \\ M(129) + \Delta M_{130-141} \cdot (t - 129), \text{ якщо } 130 \leq t \leq 141 \\ M(141) + \Delta M_{142-153} \cdot (t - 141), \text{ якщо } 142 \leq t \leq 153 \\ M(153) + \Delta M_{154-165} \cdot (t - 153), \text{ якщо } 154 \leq t \leq 165 \\ M(165) + \Delta M_{166-177} \cdot (t - 165), \text{ якщо } 166 \leq t \leq 177 \\ M(177) + \Delta M_{178-189} \cdot (t - 177), \text{ якщо } 178 \leq t \leq 189 \end{cases} \quad (2)$$

де: M - жива маса свині на відгодівлі, (кг), - день відгодівлі, (добу).

На рисунку 1 наведено графік зміни живої маси свині з урахуванням середнього значення цього показника при відгодівлі, що становить 37 кілограмів [7,8].

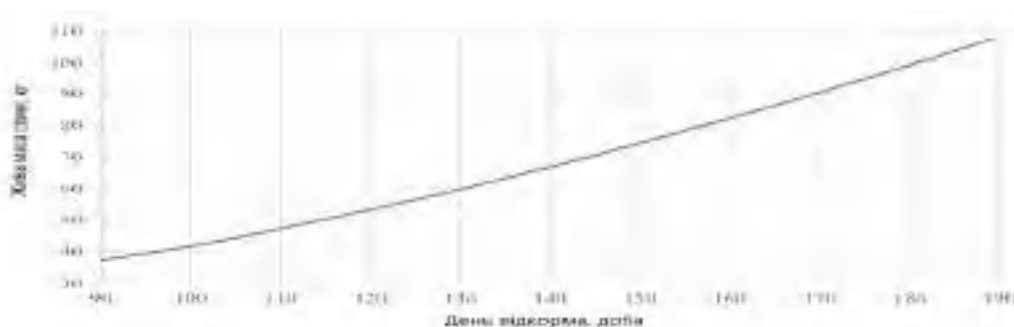


Рис.1. Зміна живої маси свині протягом циклу відгодівлі.

Для визначення споживання корму свинею запишемо цільову функцію, припускаючи, що споживання корму в кожному з часових інтервалів циклу відгодівлі прямо пропорційно кількості днів в цьому інтервалі, і коефіцієнт пропорційності Δm_{np} – середньодобовий приріст споживання корму в кожному часовому інтервалі постійний:

$$m(t) = \begin{cases} M(90) + \Delta M_{(91-100)} \cdot (t-90), & \text{якщо } 91 \leq t \leq 100 \\ M(100) + \Delta M_{(101-105)} \cdot (t-100), & \text{якщо } 101 \leq t \leq 105 \\ M(105) + \Delta M_{(106-117)} \cdot (t-105), & \text{якщо } 106 \leq t \leq 117 \\ M(117) + \Delta M_{(118-129)} \cdot (t-117), & \text{якщо } 118 \leq t \leq 129 \\ M(129) + \Delta M_{(130-141)} \cdot (t-129), & \text{якщо } 130 \leq t \leq 141 \\ M(141) + \Delta M_{(142-153)} \cdot (t-141), & \text{якщо } 142 \leq t \leq 153 \\ M(153) + \Delta M_{(154-165)} \cdot (t-153), & \text{якщо } 154 \leq t \leq 165 \\ M(165) + \Delta M_{(166-177)} \cdot (t-165), & \text{якщо } 166 \leq t \leq 177 \\ M(177) + \Delta M_{(178-189)} \cdot (t-177), & \text{якщо } 178 \leq t \leq 189 \end{cases} \quad (3)$$

де: m - маса корму, (кг); t - день відгодівлі, (день).

Запишемо вираз для визначення середньодобового приросту споживання корму в кожному часовому інтервалі циклу відгодівлі:

$$\Delta M = \frac{m_{\text{к.норм}}}{\Delta T} \quad (4)$$

де: $m_{\text{к.норм}}$ - різниця нормативних показників витрати корму в наступні проміжки часу, (кг/добу); ΔT - кількість днів у циклі відгодівлі, (днів)

Отримані значення середньодобового приросту споживання корму наведені в таблиці 3.

Таблиця 3. Середньодобовий приріст споживання корму.

Відгодівельний день	90-100	101-105	106-117	118-129	130-141	142-153	154-165	166-177	178-189
Середньодобова норма корму, (кг/голову)	0,027	0,02	0,008	0,02	0,013	0,008	0,008	0,017	0,02

На малюнку 2 представлений графік зміни добового споживання корму свинею протягом циклу відгодівлі

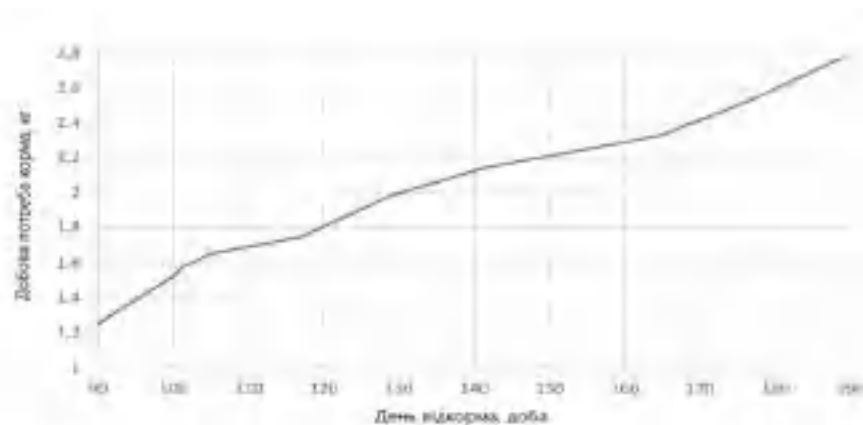


Рис. 2. Зміна добового споживання корму свинею за цикл відгодівлі.

На сьогоднішній день витрата кормів, води, виходу гною, повітрообмін, температура виробничого приміщення і його освітленість в процесі відгодівлі свиней визначається за нормативними значеннями, наведеними для тривалих часових інтервалів, протягом яких відбуваються значні зміни фізіологічного стану тварин, що призводить до нераціонального використання виробничих ресурсів і сприяє виникненню стресових ситуацій, наприклад, кількості. На початку певного часового проміжку кількість корму може бути надмірною для тварин, що призводить до його неповного поїдання, розкидання і потрапляння в гній, тим самим збільшуючи витрати на виробництво, в той час як в кінці цього часового проміжку кількість корму виявляється недостатньою, що пов'язано зі збільшенням живої маси тварин, що призводить до зниження продуктивності і збільшення конкуренції за корми.

Згідно з думкою, зазначеною в ряді публікацій, визначення основних техніко-технологічних показників повинно проводитися регулярно і залежати від змін фізіологічного стану тварин на певному етапі виробничого циклу.

Реалізація такого підходу можлива завдяки розробці систем контролю, принцип роботи яких заснований на відстеженні фізіологічного стану тварин (наприклад, зміни живої маси) і оперативному визначенні відповідних значень техніко-технологічних показників.

У даній роботі представлені математичні моделі зміни витрати корму, води, виходу гною, повітрообміну, температури виробничого приміщення і його освітленості в залежності від зростання живої маси свині. Отримані в результаті моделювання залежності будуть використані в подальшому для розробки програми функціонування системи управління процесом відгодівлі свиней на підприємствах різних типорозмірів.

Висновки. Розроблені моделі залежності витрати корму, води, виходу гною, зміни повітрообміну, температури та освітленості від приросту живої маси свині протягом циклу відгодівлі дозволять розробити систему управління виробничими процесами свинарського підприємства, що забезпечує зниження собівартості продукції за рахунок задоволення потреб тварин у кормах, воді, оптимальному мікрокліматі в режимі реального часу, що в свою чергу дозволить знизити кількість стресів ситуації, що виникли в результаті конкуренції за корм

і воду, а також різкої зміни температури, повітрообміну і освітлення у виробничому приміщенні.

Список використаної літератури

1. Фесенко В.Ф, Каркач П.М., Опенько Ю.А., Кузьменко П.І., Машкін Ю.О. Теоретичні та практичні аспекти інноваційних технологій у свинарстві: посібник. Біла Церква. 2020. 142 с.
2. Полуектов А. Впровадження енергозберігаючої технології виробництва свинини на фермі приватного сільськогосподарського підприємства «Банівка» Приморського району Запорізької області: пояснювальна записка до дипломної роботи. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/13222/1/Poluektov.pdf> (дата звернення 15.03.2025).
3. Системи та способи утримання свиней: веб-сайт. URL: https://uvt.com.ua/systemy-ta-sposoby-utrymannia-svynei/?srsltid=AfmBOoqmcLniL6XgW7fjNc50_L0dSKKDmbaYtXC6cEf5a6gwbPLxpw7u (дата звернення 28.02.2025).
4. Свинарство в Україні: технологія, рентабельність та перспективи: веб-сайт. URL: <https://agroapp.com.ua/uk/blog/svinarstvo-v-ukraini-tekhnologiya-rentabelnist-ta-perspektivi/> (дата звернення 19.03.2025).
5. Технології виробництва свинини: веб-сайт. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/8058-tekhnolohii-vyrobnytstva-svynyny.html> (дата звернення 19.03.2025).

Maksym STEPANENKO⁴²,

2nd year student,
Faculty of Engineering and Technology,
Vinnytsia National Agrarian University,
Vinnytsia, Ukraine

PERSPECTIVE DIRECTIONS FOR THE IMPLEMENTATION OF RENEWABLE ENERGY IN THE AGRICULTURAL INDUSTRY

Annotation. *The article is devoted to the analysis of the role of biofuels in the agricultural industry, its advantages and challenges faced by the industry. Special attention is paid to the issues of sustainable biofuel production, its impact on the environment.*

Keywords: *biofuel, environment, energy resource, biodiesel, bioethanol, prospects, development, efficiency.*

⁴²Науковий керівник – Труханська О.О., кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

Анотація. Стаття присвячена ролі біопалива в сільськогосподарській промисловості, її перевагам та проблемам, з якими стикаються галузь. Особлива увага приділяється питанням сталого виробництва біопалива, його впливу на навколишнє середовище та економіку.

Ключові слова: біопаливо, навколишнє середовище, енергетичний ресурс, біодизель, біоетанол, перспективи, розвиток, ефективність.

Introduction. Biofuels are one of the promising areas of development of modern energy, which has significant potential for the agricultural industry.

In the modern world, which has encountered such challenges as climate change, the exhaustion of traditional energy sources and the rapid increase in demand for energy, the development of alternative energy sources, including biofuels, is becoming especially relevant. Biofuel, as an environmentally friendly and renewable energy source, is considered not only as an energy alternative, but also as an important tool for achieving carbon neutrality and energy security [1].

In the realities of growing global demand for energy and the need to reduce dependence on traditional fossil resources, biofuels are becoming an important alternative. The use of biomass and agricultural waste to obtain energy not only reduces greenhouse gas emissions, but also contributes to increasing the efficiency of resource use in the agricultural sector. This article examines the role of biofuels in the agricultural industry, its main types, advantages and challenges, as well as development prospects in the context of sustainable agriculture [2].

Goal of topic is analysis of the current state, prospects and challenges of introducing biofuels in the agricultural sector.

Presentation of the main material. Biofuels are fuels derived and produced from organic materials, such as plants and their residues (wood, crops, waste, etc.), which can be used to produce energy in bioenergy.

The use of biofuels can significantly reduce greenhouse gases compared to fossil fuels. In particular:

- bioethanol and biodiesel secrete less CO₂ during combustion;
- production of biofuels from agricultural and industry waste helps to reduce waste, which also has a positive effect on the environment;
- the expansion of growing energy crops (rapeseed, corn, soybeans, miscanthus) contributes to the absorption of carbon dioxide from the atmosphere.

Biofuels are produced using modern technological processes from biomass, unlike other natural resources such as oil and coal, which are produced by very slow geological processes. Like coal and oil, biomass is a form of stored solar energy. One advantage of biofuels over other types of fuels is that they are completely biodegradable by microorganisms and are therefore relatively safe for the environment [2].

The development of the biofuel industry has a positive impact on the agricultural sector, especially in rural areas:

- creation of new jobs;
- the use of agricultural waste as raw materials;

- increase of profitability of cultivation of individual crops;
- increase in investment in agrarian science and biotechnology.

Agricultural products grown for use as biofuels include corn, soybeans, flax, rapeseed, sugarcane, and palm oil. Microbially degraded industrial, agricultural, forestry, and municipal wastes can also be used to produce bioenergy, such as straw, wood, agricultural and food industry by-products, wastewater, and food waste [3].

Using the latest technologies, biofuels are produced from specially selected algae, yeasts and other microorganisms. Moreover, such microorganisms are specially modified using genetic and cellular engineering methods to increase efficiency and reduce costs in biofuel production.

Biofuels are divided into solid, liquid and gaseous. Solid fuels are traditional firewood (often in the form of woodworking waste) and fuel pellets (pressed small woodworking residues) and vegetation residues [4]

Liquid fuels - alcohols (methanol, ethanol, butanol), esters. Biodiesel is made from vegetable oils or fatty acids and can be used in diesel engines. It is popular in the automotive industry and can be more environmentally friendly compared to traditional diesel fuel [4].

Bioethanol is produced from plants, usually corn or sugarcane. It is used as a biofuel for gasoline engines and can help reduce greenhouse gas emissions. Biobutanol is a butyl alcohol made from biomass that can be used in carburetor and injection internal combustion engines both in pure form and in mixed fuel. It can be used in an unmodified gasoline engine. Unlike ethanol, biobutanol is more calorific and less expensive to produce, and, like bioethanol, biobutanol can be produced from corn, wheat, sugar beets, sugarcane, sorghum, etc. Biofuel is a type of biofuel made from biomass, such as straw, wood, corn husks, hay, and other organic materials. Biofuel is used for heating and heat generation in households and industries. May be promising for regions where large amounts of biomass are available. Gaseous fuels are various gas mixtures with carbon monoxide, methane, hydrogen, which are obtained as a result of thermal decomposition of raw materials in the presence of oxygen (gasification), without oxygen (pyrolysis) or by microbial fermentation (fermentation). Biogas is produced from organic materials, such as organic waste and plant residues. It can be used to generate electricity and fuel for vehicles. Biogas is considered promising in terms of energy production from waste. Biomethane is a natural gas, a component of biogas, produced from organic materials. It is used as a substitute for natural gas in everyday life and industry. It is a clean source of energy and can help reduce dependence on natural gas extraction. Biohydrogen is a biofuel produced using microorganisms that produce hydrogen from waste biomass or other organic materials; often together with biobutanol. Biohydrogen can be used as a source of hydrogen for electric generators, or in hydrogen engines and systems, hydrogen cars, or other hydrogen-powered equipment (Fig. 1) [4-6].

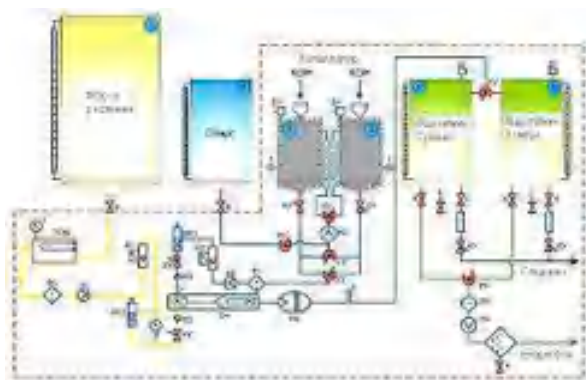


Fig. 1. Schematic diagram of a mini-plant for continuous biodiesel production in a flow [7].

The main difference and environmental advantage of biodiesel is its biodegradability, recovery, environmental cleanliness, biological harmlessness, soil purification from radionuclides, etc. Waste from rapeseed oil production is also used for animal feed. One of the properties of such a crop as rapeseed is that 1 ha of rapeseed in the growth phase can absorb about 20 tons of carbon per season [7].

The rating of EU countries in which renewable energy is successfully developing is represented by such countries as Finland, Sweden, Austria, France, and Germany. At the same time, among the producers of liquid fuels (biodiesel and bioethanol) in the EU, Germany, Italy, France, and the Czech Republic are in the lead. In total, 4.23 million tons of biodiesel were produced in these Western European countries. The European Economic Commission adopted a resolution on the transfer of 20% of European motor vehicles to biofuels by 2020 [7].

A number of Ukrainian companies in Vinnytsia, Chernivtsi, Ternopil, and Lviv regions are producing experimental batches of biodiesel. However, the process has not yet reached an industrial scale [7, 8].

Advantages and disadvantages of biofuels:

1. All non-drying vegetable oils are suitable for biodiesel production.
2. Expenditure esterification of oil.
3. Rapeseed acreage is limited and its productivity is not yet high. Biofuel is produced from plant raw materials, the amount of which is limited by the growing needs of the food industry.
4. Due to the presence of oxygen in biodiesel fuel, it has poorer energy-intensive characteristics compared to its hydrocarbon counterpart. This affects the efficiency of using biofuel, especially in cold weather.
5. The use of biodiesel does not guarantee a reduction in toxic and greenhouse gas emissions. Emissions from the combustion of biofuels made from corn or rapeseed are more destructive to the planet's atmosphere than emissions from the combustion of a similar amount of oil and gas. Biofuels create from 50% to 70% of the greenhouse gases that lead to warming of the atmosphere.
6. Homogeneous biodiesel production technology has disadvantages. The resulting mixture of products must be separated, neutralized and thoroughly washed. The technology involves the formation of a large amount of salts, soap and wastewater,

which must be disposed of. Glycerin, a by-product of biodiesel production, is proposed to be either buried in the ground (as fertilizer) or burned.

7. Problems with the sale of glycerin. There are almost no consumers of glycerin in Ukraine, and Western markets need such glycerin only after purification. The methyl ether contained in glycerin can get into groundwater or the atmosphere. All this increases the cost of biodiesel, which reduces the competitiveness of this technology.

8. Rapeseed oil has a freshness indicator - "acid number," a measure of rancidity. The shelf life of biodiesel is no more than 3 months, which limits its use.

9. Biodiesel cannot be transported by pipeline, so the raw material must be transported to the point of sale using rail cars or trucks. This increases the cost as well as the overall demand on the transportation system.

10. Increased consumption (up to 9%) compared to the consumption of fuel produced from oil.

11. Biodiesel is more expensive than regular gasoline. In winter, at sub-zero temperatures, pure biodiesel fuel stops flowing through pipes and hoses and can clog the engine, pumps, and filters [7, 8].

As is known, biodiesel fuel is more aggressive towards rubber and polymer engine parts than conventional petroleum fuel; if biofuel gets on the paintwork of the body, it must be wiped off as soon as possible, as it corrodes its top layer quite quickly.

In addition, biofuels slightly change the technical and operational parameters of diesel engines. Engine power during operation in nominal mode using biofuels decreases by 6-8%. At the same time, fuel consumption increases by approximately 5-8%. Biodiesel is widely used in many countries in Europe and the world. Its use in its pure form requires considerable additional capital investments. Therefore, in most countries, mixing petroleum diesel with rapeseed oil is practiced or it is used as an additive (from 5 to 30%) to traditional diesel fuel [9].



Fig. 2. Scientific and technical program "Bioraw materials" [4].

A promising direction for the introduction of renewable energy in transport is also the production and consumption of biomethane. By 2050, the potential for biogas production as a motor fuel can increase to 4.7 million tcoe/year mainly due to the use of cover crops as raw materials for biogas production (Fig. 3) [9].



No.	No.	Crop	Oil yield per ha	Oil yield per ha	Oil yield per ha
No.	No.	Crop	Oil yield per ha	Oil yield per ha	Oil yield per ha
1	1	Oil flax	1.0	1.0	1.0
2	2	Coconut	1.37	1.37	1.37
3	3	Cashewnut	2.5	2.5	2.5
4	4	Cottonseed	3.5	3.5	3.5
5	5	Corn	1.5	1.5	1.5
6	6	Rapeseed	1.9	1.9	1.9
7	7	Sunflower	2.0	2.0	2.0
8	8	Peanut	1.8	1.8	1.8
9	9	Safflower	1.2	1.2	1.2
10	10	Sunflower	1.8	1.8	1.8
11	11	Sunflower	1.8	1.8	1.8
12	12	Sunflower	1.8	1.8	1.8
13	13	Sunflower	1.8	1.8	1.8
14	14	Sunflower	1.8	1.8	1.8
15	15	Sunflower	1.8	1.8	1.8

Fig.3. Comparative potential of oilseed crops, Scientific and Technological Research Center "Bioraw materials" [9].

Conclusion. Biofuels in the agricultural industry play a key role in ensuring sustainable development of the agricultural sector and energy independence. The use of biofuels allows to reduce greenhouse gas emissions, improve energy efficiency and reduce dependence on traditional fossil fuels. Modern technologies for biofuel production, in particular from agricultural waste, contribute to increasing the profitability of agricultural enterprises and solving the problems of biomass utilization.

Biofuel is a key element of a sustainable energy future. Its development is a response to the global challenges of the 21st century, including climate change and the need for new energy sources. With the support of scientific innovations, state regulation and international cooperation, the biofuel industry has every chance to become one of the leading directions of the "green" transformation of the world economy.

At the same time, the development of the biofuel sector requires investments in research, infrastructure development and improvement of the regulatory framework. The implementation of innovative solutions and support from the state will allow to expand the scale of biofuel use and increase the competitiveness of the agricultural industry in the international market.

Thus, biofuels in the agricultural industry are not only an important source of energy, but also an important factor in economic and environmental stability.

References

1. Kaletnik G.M. Biofuels: efficiency of their production and consumption in the agricultural sector of Ukraine: a textbook. K: Agrarna nauka. 2010. 327 p.
2. Tokarchuk D.M. Production and use of biogas in Ukraine: economic and social prospects. Collection of scientific works of the Tavria State Agrotechnological University: scientific works .2013. Collection 22. Vol. 3. P. 338-346.
3. Tkachenko S.Y., Resident N.V. Modeling the intensity of heat transfer to multicomponent organic mixtures. *Bulletin of the Institute of Inorganic Chemistry: scientific journal*. 2005. No. 6. P. 187–193.

4. Fleming J.G. Novel simulation of anaerobic digestion using computational fluid dynamics: textbook. 2022. 134 p.

5. DSTU 7721:2015 “Gaseous fuel. Biogas. Technical requirements and control methods”. [Valid from 01.08.2016]. Official edition. Kyiv: Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine. 2015. (date of access 18.03.2025).

6. DSTU 4516: 2006. Renewable energy sources. Biogas plants. [Valid from 01.10.2007]. Official edition. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine. 2007. 8p. (date of access 18.03.2025).

7. Equipment and main components of a biodiesel or biodiesel production plant: website. URL: <http://www.biodiesel.co.ua/oborudovanie.htm>. (date of access 18.03.2025).

8. Scientific and technical program "Bioraw materials".: website. URL: <https://a7d.com.ua/958-naukovo-tekhnichna-programa-biosirovina.html> (date of access 18.03.2025).

9. Prospects for the production of advanced biofuels in Ukraine: website. URL: <https://saf.org.ua/news/1774/> (date of access 18.03.2025).

Олександр СВИДЕРСЬКИЙ⁴³,

студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ДІАГНОСТИЦІ ДВИГУНІВ ЕНЕРГОЄМНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Анотація. *Стаття розглядає застосування цифрових технологій у діагностиці двигунів енергоємної сільськогосподарської техніки. Аналізуються сучасні методи моніторингу, зокрема IoT, машинне навчання та віртуальні сенсори, що підвищують точність діагностики, зменшують витрати на ремонт і покращують ефективність експлуатації техніки.*

Ключові слова: *використання цифрових технологій, діагностика параметрів ДВЗ, технічне обслуговування та ремонт машин.*

Annotation. *The article discusses the use of digital technologies in diagnosing engines of energy-intensive agricultural machinery. The article analyzes modern monitoring methods, including IoT, machine learning, and virtual sensors, which increase diagnostic accuracy, reduce repair costs, and improve the efficiency of machinery operation.*

⁴³Науковий керівник – Кравець С.М., асистент кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК.

Key words: *use of digital technologies, diagnostics of engine parameters, maintenance and repair of machines.*

Вступ. Цифровізація процесів діагностики парку сільськогосподарської техніки за допомогою інтелектуальних систем спрямована на підвищення експлуатаційних характеристик та ефективності використання машинно-тракторного парку (МПП) в агропромисловому комплексі.

Згідно зі статистикою Мінсільгоспу, близько 40% парку сільськогосподарської техніки містить в своїх конструкціях інтелектуальні рішення, в тому числі і у вигляді електронних блоків управління як для всієї машини в цілому, так і окремо для двигуна, трансмісії та інших агрегатів.

Основними показниками роботи двигуна є потужність, крутний момент, ККД і ККД, контроль яких дозволяє охарактеризувати технічний стан його систем в процесі експлуатації.

Розробка інноваційного методу дистанційної діагностики, адаптованого до цифрових технологій, дозволить в режимі реального часу отримувати інформацію про роботу двигуна (витрата палива, потужність, тиск масла, температура, вібрації і т.д.), обробляти його виміряні параметри за допомогою стандартних мов програмування з використанням масиву навчених нейронних мереж для прогнозування технічного стану енергонасиченого агрокомплексу. Розробка нових інноваційних методів і систем на основі цифрових технологій контролю технічного стану обладнання в цілому і окремих його вузлів є актуальним завданням удосконалення інжинірингового сервісу агропромислового комплексу.

Використання цифрових технологій у сервісній підтримці енергонасиченої сільськогосподарської техніки дозволить знизити експлуатаційні та економічні витрати при її експлуатації, підвищити коефіцієнт її технічної готовності.

Виклад основного матеріалу. Розвиток цифрових технологій в діагностиці сільськогосподарських тракторів і прогнозування виникнення несправностей або збоїв дають можливість підтримувати сільськогосподарську техніку в робочому стані.

Аналіз цифрових методів моніторингу сільськогосподарської техніки проводився на основі вивчених матеріалів дилерських послуг для провідних виробників техніки, онлайн-платформ, нормативних документів з дистанційної діагностики, а також наукових праць у цій сфері.

Залежно від характеру поставлених завдань використовувався графічний метод дослідження, методи математичного аналізу з використанням програмного забезпечення, методи системного та статистичного аналізу з використанням пакетів Python, Microsoft Office Excel 2020 та ін.

Створена цифрова платформа для діагностики енергоємної сільськогосподарської техніки здатна аналізувати отриману інформацію в режимі онлайн та обробляти її за допомогою навченої нейронної мережі.

В результаті онлайн-моніторингу сільськогосподарської техніки за допомогою діагностичного пристрою розглядається взаємодія вхідних і вихідних

нейронів в нейронній мережі з використанням великого масиву даних, отриманих в ході діагностики. Цей метод дозволяє визначити причину несправностей трактора і спрогнозувати відмови, а також оцінити ефективність роботи досліджуваного об'єкта в цілому 1.

На малюнку 1 показаний алгоритм визначення можливого виходу з ладу деталей і вузлів систем двигуна.

Розробка алгоритму дистанційного керування необхідна для його подальшої реалізації у вигляді програми на основі нейромережевого моделювання в системі цифрового моніторингу технічного стану сільськогосподарської техніки та прогнозування відмов. Для цього необхідно сформувати банк даних про технічні несправності двигуна, який становить основу системи моніторингу обладнання для виявлення несправностей і прогнозування відмов. Якщо в процесі контролю умови роботи вузлів двигуна ідентичні еталонним, то умови експлуатації не фіксуються в банку даних. В іншому випадку враховуються умови, що використовуються для діагностичних параметрів (електричних, теплових, екологічних і т.д.), рекомендованих виробником. Тому для отримання більш достовірного прогнозування збоїв необхідно використовувати алгоритм машинного навчання у вигляді нейронної моделі, вбудованої в базу даних сервера на основі індикаторів несправностей. Програмне забезпечення Python для обробки даних, отриманих в режимі онлайн від систем двигуна внутрішнього згоряння, за допомогою нейронної мережі дозволяє виявляти несправності та прогнозувати виникнення збоїв під час роботи двигуна, визначати його залишковий ресурс за технічним станом деталей та вузлів його систем.

Моніторинг двигуна внутрішнього згоряння, який передбачає постійний контроль параметрів двигуна, являє собою систему впорядкованого збору інформації, коли порядок збору визначається в першочерговому порядку. Модуль реагування сповіщає про несправності та оцінює технічний стан об'єкта в цілому.

Блок-схема прогнозування збоїв в онлайн-моніторингу показана на рисунку 2.

Розроблена платформа для цифрової діагностики енергонасиченої сільськогосподарської техніки, представлена в позиції 1 рисунку 3, дозволяє використовувати спеціальний пристрій для збору та передачі інформації через CAN-інтерфейс 2, отримувати дані про діагностичні параметри ДВС за допомогою спеціального адаптера через роз'єм OBD.

За даними Мінсільгоспу, близько 40% сільськогосподарської техніки оснащено інтелектуальними рішеннями, зокрема електронними блоками управління як для всієї машини, так і для окремих вузлів, таких як двигун, трансмісія та інші агрегати.

Основні параметри роботи двигуна — це потужність, крутний момент та коефіцієнт корисної дії (ККД), контроль яких дозволяє оцінити технічний стан його систем під час експлуатації.

Застосування цифрових технологій у сервісному обслуговуванні енергонасиченої сільськогосподарської техніки сприятиме зниженню експлуатаційних і фінансових витрат, а також підвищенню коефіцієнта її технічної готовності.

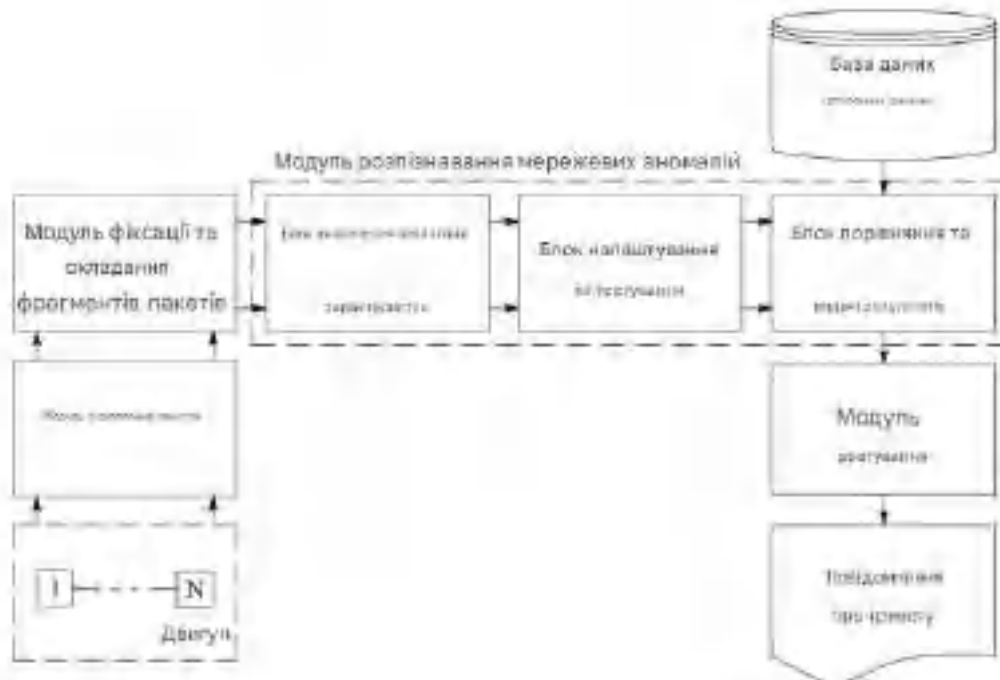


Рис. 1. Алгоритм роботи цифрової системи дистанційної діагностики.

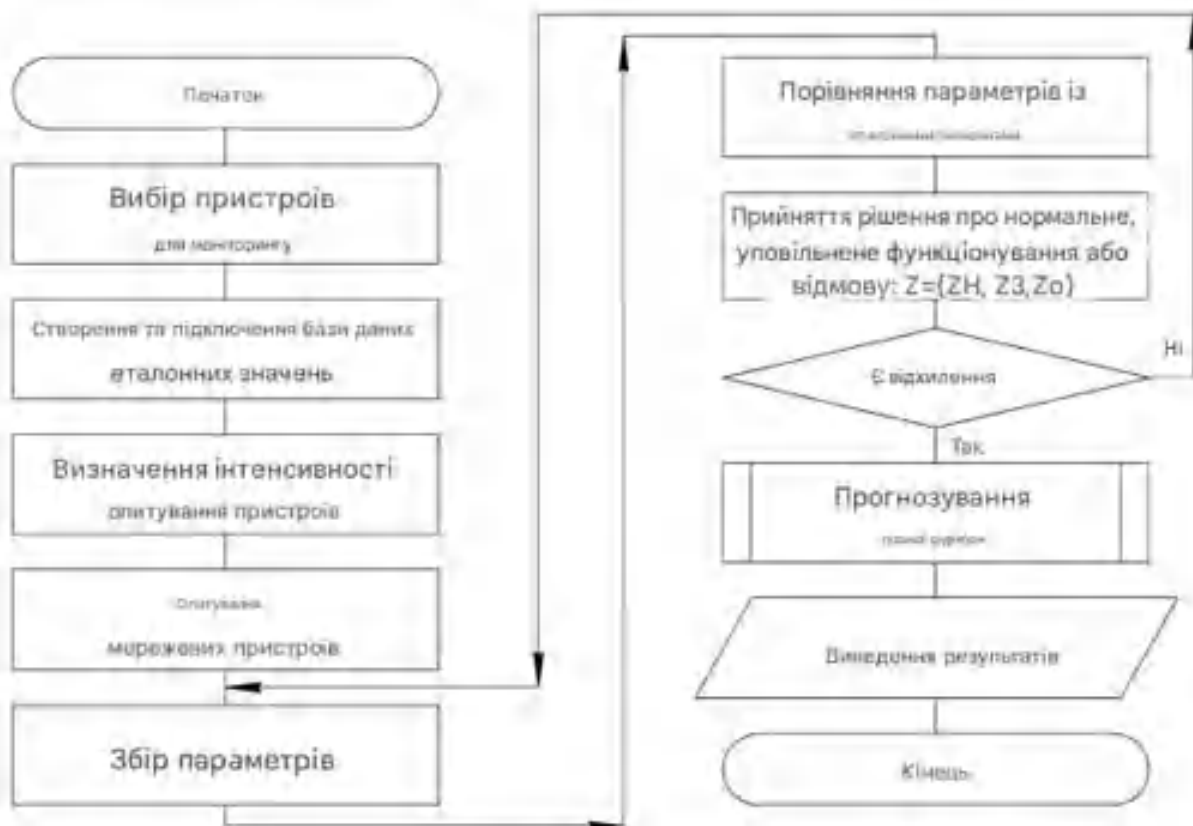


Рис. 2. Блок-схема моделі прогнозування збоїв онлайн-моніторингу.



Рис. 3. Цифрова платформа для діагностики енергоємної сільськогосподарської техніки.

Фрагмент отриманої зашифрованої інформації показаний на рисунку 4.

Отримана інформація у вигляді зашифрованих даних віддалено передається на сервер 4 за допомогою зв'язку GPS/GSM 3 та оцифровується в банку даних 5, де отримані дані структуруються та аналізуються за допомогою розробленої штучної нейронної мережі моделі 6, 7.

1.1.4 Engine Hours, Revolutions: HOURS

F004					
65,253					
1000 ms					
Data Byte 1	Data Byte 2	Data Byte 3	Data Byte 4	Data Byte 5	Data Byte 6
Engine total hours of Operation	Engine total hours of Operation	Engine total hours of Operation	Engine total hours of Operation	Not used for (Bus) FMS Standard	Not used for (Bus) FMS Standard
0.05 s / Bit gain, 0 k offset	0.05 s / Bit gain, 0 k offset	0.05 s / Bit gain, 0 k offset	0.05 s / Bit gain, 0 k offset		
SPN 247	SPN 247	SPN 247	SPN 247		

Рис. 4. Фрагмент отриманої зашифрованої інформації за протоколом CAN.

Декодовані дані відправляються за допомогою GPS/GSM на персональний комп'ютер або мобільний телефон оператора^{2,3}.

Оператор бачить інформацію у вигляді структурованих графіків 8 параметрів технічного стану енергонасиченої сільськогосподарської машини, які при необхідності можуть бути відправлені на повторний аналіз через нейронну мережу з персонального комп'ютера за допомогою спеціального програмного

забезпечення 9, або є можливість отримувати звіти про прогнозування 10 можливих відмов деталей двигуна внутрішнього згоряння.

Для оптимізації та структурування діагностичної інформації, отриманої в результаті моніторингу, був використаний конструктор нейронної мережі 4 234 з можливістю використання до 10 вхідних і вихідних параметрів (рис. 5).

Кожен нейронний зв'язок має свою вагу, яка визначає домінування тих чи інших нейронів у загальному масиві штучної нейронної мережі.

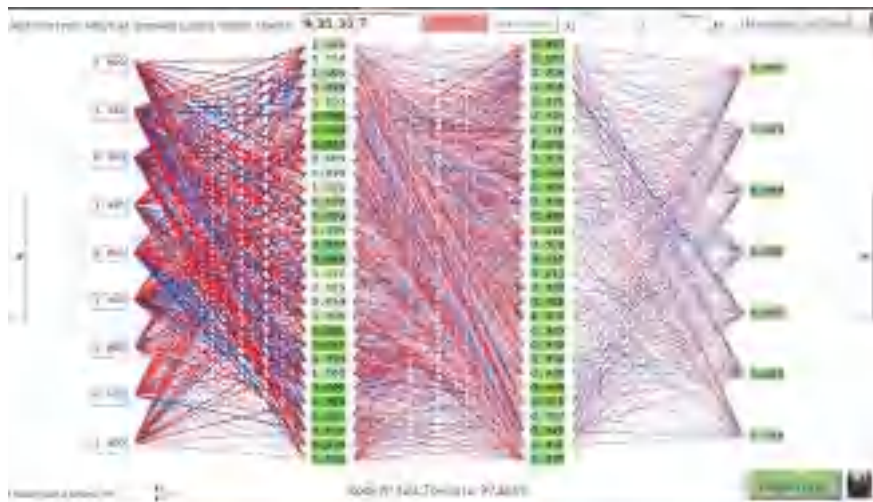


Рис. 5. Загальний вигляд конструктора нейронної мережі.

В результаті була отримана незначна зміна ваг перших шарів, а тому для забезпечення корекції ваги нейронного зв'язку було потрібно значне число тренувальних епох.

Завданням навчання багатошарових нейронних мереж є оптимізація, у зв'язку з чим використовувався метод багатовимірних функцій.

За допомогою діагностичного пристрою збирається діагностична інформація про несправності і несправності двигуна і формується база даних. На цьому етапі остаточно формується банк даних на основі експериментальних значень та інших достовірних джерел інформації. Цей набір навчальних зразків, що описують ознаки і прояви дефектів, подається на вхід нейронної мережі. Створена база даних має практичне значення для навчання нейронних мереж при виявленні помилок. У такій базі необхідно мати не менше 3... 5 довідкових діагностичних параметрів, а в кращому випадку для повного опису технічного стану об'єкта, що діагностується - кілька сотень. Основною причиною такого рішення є технічні можливості розробленого приладу для збору діагностичної інформації. В даний час ведуться активні роботи по розширенню спектра можливостей пристрою в плані збільшення контрольованих параметрів. Наприклад, на основі експериментальних даних, отриманих в результаті онлайн-моніторингу (таблицю), для нейронної мережі сформовано дві залежності, що характеризують нормальну роботу мотора під час роботи (рис. 6, 7).

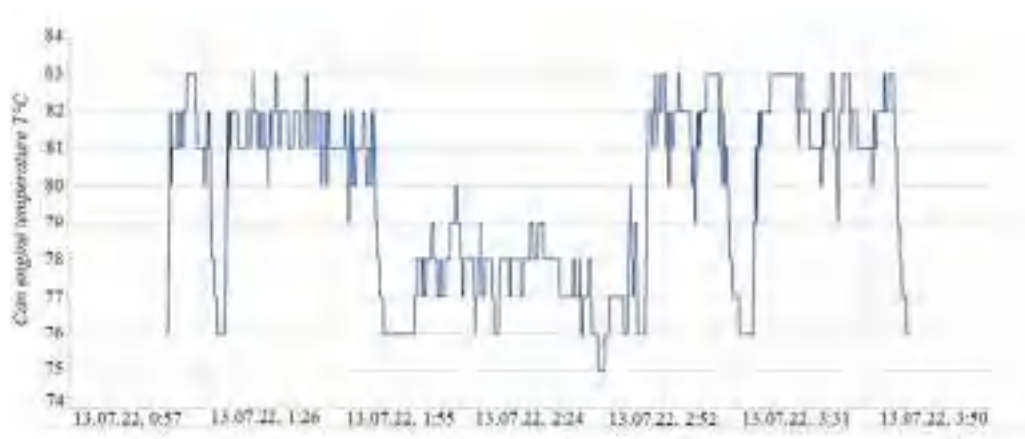


Рис. 6. Температура охолоджуючої рідини двигуна в розрізі 4 години роботи.

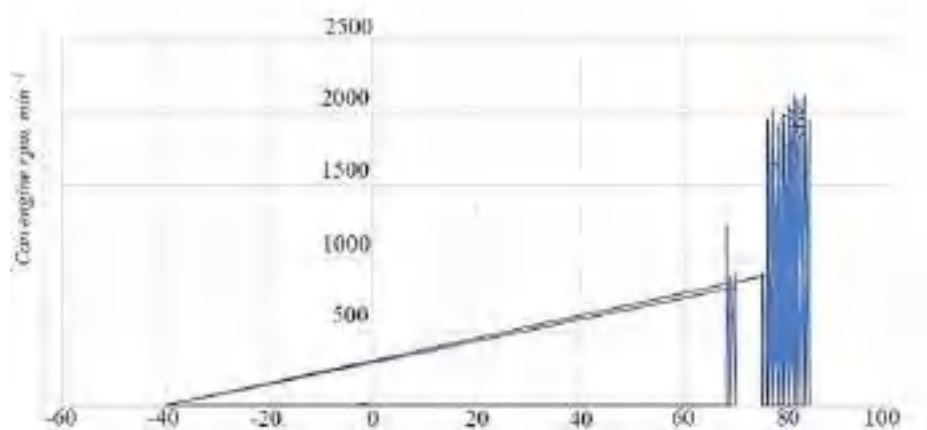


Рис. 7. Значення температури та частоти обертання двигуна під час онлайн-моніторингу.

Висновок. Розроблена цифрова платформа з неймережевим моделюванням діагностики енергонасиченої сільськогосподарської техніки дає можливість завчасно виявляти несправності і прогнозувати настання відмов, своєчасно проводити технічне обслуговування і ремонт машин на всіх рівнях.

Список використаної літератури

1. Твердохліб І.В. Розробка конструкції станда для розбирання-складання автотракторних дизельних двигунів: дипломний проект. Вінниця. 2024. 44 с.
2. Граняк В.Ф., Кожушко О.В. Експрес метод визначення моментних характеристик асинхронних електродвигунів. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. Вінниця. 2023. №3(122). С.124-130.
3. Гончарук І.В., Граняк В.Ф., Токарчук О.А., Токарчук Д.М. Спектро-аналітична система діагностування технічного стану асинхронних електродвигунів: патент. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/35521.pdf> (дата звернення 25.03.2025).
4. Ніщаків Ігор Віталійович Дизель, методика діагностування, способи діагностування, засоби діагностування, потужність, характеристики двигуна: робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр». Вінниця. 2023. 95 с.

5. Возняк О.М., Штуць А.А., Тихонов В.К. Дослідження пускових режимів асинхронних двигунів та розробка пристрою плавного пуску. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. Вінниця. 2022. №3(118). С.110-121.

6. Борисюк Д.В., Зелінський В.Й., Твердохліб І.В., Полєвода Ю.А. Математична модель автоматизації процесу діагностування двигунів внутрішнього згорання сімейства ЯМЗ-238. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. Вінниця. №4(115). С. 12-23.

7. Бурлака С.А. Використання екологічних показників дизельних двигунів для визначення їх технічного стану: патент. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/25122.pdf> (дата звернення 25.03.2025).

Вікторія БАБІЙ⁴⁴,
студентка 3-го курсу,
факультет технології виробництва,
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ІНФРАЧЕРВОНОГО СУШІННЯ

Анотація. У статті розглянуто процес інфрачервоного сушіння як ефективний метод обробки різних матеріалів, зокрема продуктів харчування, деревини та полімерів. Проаналізовано основні фізико-хімічні аспекти процесу, механізм теплопередачі та випаровування вологи.

Ключові слова: інфрачервоне сушіння, теплопередача, випаровування вологи, довжина хвилі, енергетична ефективність, швидкість сушіння, якість матеріалу, промислове застосування.

Annotation. The article discusses the process of infrared drying as an effective method of processing various materials, including food, wood, and polymers. The main physical and chemical aspects of the process, the mechanism of heat transfer and moisture evaporation are analyzed.

Key words: infrared drying, heat transfer, moisture evaporation, wavelength, energy efficiency, drying speed, material quality, industrial application.

Вступ. Сушіння є однією із найважливіших технологічних операцій, яка дуже широко використовується в багатьох галузях промисловості, особливо у харчовій, деревообробній, хімічній, фармацевтичній та текстильній. Основна мета сушіння – видалення вологи з матеріалу для підвищення його стійкості до

⁴⁴Науковий керівник – Бурлака С.А., кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК.

зберігання, зменшення ваги та об'єму, запобігання мікробіологічному псуванню та покращення фізико-механічних властивостей. Традиційні методи сушіння, такі як конвекційне, контактне, вакуумне та діелектричне, мають певні недоліки, серед яких високе енергоспоживання, тривалість процесу, нерівномірний розподіл температури всередині матеріалу та можливе погіршення його якісних характеристик.

В останні десятиліття значної уваги набувають енергоефективні методики сушіння, де неабияке місце посідає інфрачервоне (ІЧ) сушіння. Ця технологія базується на використанні інфрачервоного випромінювання, яке забезпечує безконтактну передачу теплової енергії безпосередньо до вологи, що міститься у матеріалі. Завдяки цьому процесу значно скорочується час сушіння, підвищується рівномірність прогрівання та зменшуються втрати корисних властивостей продуктів.

Ефективність інфрачервоного сушіння залежить від багатьох факторів, таких як довжина хвилі випромінювання, потужність джерела тепла, фізико-хімічні властивості матеріалу, початкова вологість та температура навколишнього середовища. Розуміння основних закономірностей цього процесу дозволяє не тільки поліпшити якість кінцевої продукції, але й оптимізувати енергетичні витрати, що є актуальним питанням у сучасній промисловості.

У даній статті розглянуто принципи роботи інфрачервоного сушіння, його переваги та недоліки у порівнянні із звичними методами, а також досліджено ключові параметри, що впливають на ефективність цього процесу. Отримані результати можуть бути корисними для розробки нових технологічних рішень у галузі сушіння та подальшої модернізації існуючих виробничих систем.

Виклад основного матеріалу. Інфрачервоне випромінювання (скорочено ІЧ, від латинського "infra" – під, нижче) – це електромагнітне випромінювання, що має місце у спектральній області між червоною межею видимого світла з довжиною хвилі $\lambda = 700$ нм (що еквівалентно частоті приблизно 430 ТГц) і мікрохвильовим випромінюванням, у якому довжина хвилі λ сягає приблизно 1 мм (частота близька до 300 ГГц). Інколи таке випромінювання також називають інфрачервоним світлом [1].

Зображення зоряного неба в інфрачервоному діапазоні, отримане за допомогою космічного телескопа (умовні кольори): блакитний, зелений та червоний кольори відповідають довжинам хвиль 3,4, 4,6 та 12 мкм.

Людське око не може бачити інфрачервоне випромінювання. У той самий час, органи чуття деяких тварин, зокрема, змії та кажанів, можуть його сприймати, що дає їм змогу добре орієнтуватися у темряві [1].

Інфрачервоне випромінювання дуже часто можуть називати "тепловим випромінюванням". Це пов'язано з тим, що його спектр та інтенсивність залежать від температури, а також з тим, що шкіра людини відчуває його як тепло. Довжини хвиль, які випромінюються тілом, безпосередньо залежать від температури нагрівання: чим вищою є температура, тим меншою є довжина хвилі та вищою є інтенсивність випромінювання. Таким чином, зі зростанням

температури максимальна інтенсивність випромінювання переміщується до коротших хвиль, у напрямку видимого спектра. Спектр випромінювання абсолютно чорного тіла при порівняно невисоких температурах (до кількох тисяч кельвінів) здебільшого міститься саме у такому діапазоні. Джерелом інфрачервоного випромінювання є збуджені атоми чи іони.

Інфрачервоне (ІЧ) випромінювання здобуло широке застосування в процесах сушіння різноманітних речовин, що зумовлено його здатністю ефективно передавати енергію на пряму волозі, котра міститься в оброблюваному об'єкті. Цей спосіб дозволяє досягти швидкого випаровування вологи, забезпечує рівномірний прогрів матеріалу та суттєво знижує втрати енергії, що робить його привабливим для застосування у багатьох сферах промисловості [1].

Процес висушування – це комплексний теплофізичний технологічний процес, у якому взаємодіють процеси тепло- та масоперенесення. Сушіння є ключовим етапом виробництва багатьох продуктів хімічної, нафтопереробної, харчової та інших промислових галузей. Воно використовується як на стадії підготовки сировини, так і на заключній стадії виробництва з метою поліпшення якості матеріалу, зміни фізичних властивостей, збільшення терміну зберігання, а також для подальшої переробки сировини з меншою вологістю. Сировину для виготовлення шлакового гравію (шлак і глину) піддають висушуванню перед подальшим гранулюванням, а сирі гранули — для покращення характеристик під час випалювання у печі [2].

Розвиток технологій сушіння висуває актуальні, більш амбітні запити до технологічних особливостей, екологічного аспекту та економічних показників обладнання сучасних підприємств. На сучасному етапі промислового розвитку актуальним питанням, що вимагає розв'язання, є пошук енергоефективних методів сушіння [5].

Інфрачервоне сушіння сипучої сільгосппродукції характеризується як великою інтенсивністю підведення енергії, так і ймовірністю термічного пошкодження поверхневого шару, що спричиняє потребу в процесі транспортування сировини в робочій зоні здійснювати перемішування її шарів.

За допомогою інфрачервоного випромінювання здійснюється передача енергії. Це відбувається без фізичного контакту між зерном та джерелом. Повітря не заважає інфрачервоним променям, тому вони вільно проходять.

Швидкий та потужний вплив інфрачервоного випромінювання на поверхневий пласт сировини викликає водночас ризики перегріву та нерівномірності шарової обробки. Отже, вкрай важливо при переміщенні продукції в зоні обробки застосовувати віброконвеєрні та хвильові технології, котрі дозволяють [3]:

- створити сприятливі передумови для посилення виробничого процесу та застосування ефективних методів впливу на його об'єкт;
- забезпечити технологічний рух у безперервному циклі;
- зменшити або повністю уникнути залучення непродуктивної праці, особливо під час виконання допоміжних операцій;

- організувати загальний контроль динамічного стану системи, у якій відбувається технологічний вплив;
- мінімізувати механічні пошкодження об'єкта.

При ІЧ-обробці нагрівання відбувається миттєво, проте тільки поверхнево, тобто впливає переважно на оболонку насіння. Цей ефект є корисним при підготовці насіння соняшнику до лущення. Адже під впливом інфрачервоних променів шкірка насіння соняшнику швидко нагрівається, водночас ймовірність перегрівання серцевини зводиться до мінімуму. Підсушування оболонки значно впливає на ефективність лущення та відсоток лущиння після обробки. Особливо важливим цей аспект є при виробництві ядра соняшнику для потреб кондитерської промисловості.

Використання інфрачервоного випромінювання у помірних дозах на насіння сільгоспкультур сприяє покращенню їхніх посівних властивостей. Інфрачервоне випромінювання також застосовується як заміна повітряно-термічному або сонячному нагріванню для зменшення частки твердого насіння під час передпосівної підготовки. Інфрачервоне випромінювання стимулює активність ензимів у зародку, що збільшує енергію проростання насіння та врожайність зернових культур. Крім того, інфрачервоне сушіння при температурі 40–60 °C знищує небезпечну мікрофлору, яка присутня на поверхні зерна [5].

Інфрачервоні випромінювачі широко використовуються у виробництві для сушіння лакофарбових покриттів. Метод інфрачервоного сушіння демонструє суттєві переваги у порівнянні зі звичним конвекційним способом. Передусім, це, без сумніву, економічна вигода. Тривалість процесу та споживання енергії при використанні інфрачервоного випромінювання значно менші, ніж при традиційних методах. До позитивних наслідків належить також стерилізація харчових продуктів, а також підвищення корозійної стійкості фарбованих поверхонь. Мінусом, навпаки, є значна нерівномірність нагрівання, що у деяких технологічних процесах є неприйнятним [2].

Специфікою використання ІЧ-випромінювання в харчовій галузі є здатність електромагнітних хвиль проникати у капілярно-пористі матеріали, такі як зерно, крупи, борошно, на глибину до 7 мм. Цей показник залежить від характеристик поверхні, структури, властивостей матеріалу та частотних параметрів випромінювання. Електромагнітні хвилі деякого частотного діапазону мають не лише термічний, а й біологічний вплив на продукт, сприяючи прискоренню біохімічних процесів у біополімерах (крохмаль, білок, ліпіди). Конвеєрні сушильні транспортери успішно застосовуються при закладці зерна у зернохосвища та на борошномельних підприємствах [3].

Одним з недоліків інфрачервоного сушіння є тривале утримання вологи всередині, оскільки поглинання тепла починається з зовнішнього шару зерна. Запропоноване рішення (рис. 1) дозволяє звести нанівець цей недолік, забезпечуючи рівномірне опромінення зерна з двох боків водночас. Розроблена віброконвеєрна сушарка, що працює на принципі двостороннього інфрачервоного опромінення виробів, вдало поєднує переваги ІЧ сушарки та

вібраційного лоткового транспортера. Її ключова особливість полягає в комбінованій кінематиці, яка забезпечує вібраційні коливання.



Рис. 1 Робоча камера конвеєрної інфрачервоної сушарки.

Експерименти здійснювалися на конвеєрній стрічці, обладнаній інфрачервоними випромінювачами, котрі знаходилися над шаром продукції (рис. 1). Під час сушіння насіння ріпаку за допомогою випромінювача на 500 Вт (див. рис. 2, а), показник видалення вологи становить 0,56 %/хв вже після 80 секунд роботи. Важливим є той факт, що температура зернової поверхні в цей момент досягала позначки 40 °C [4].

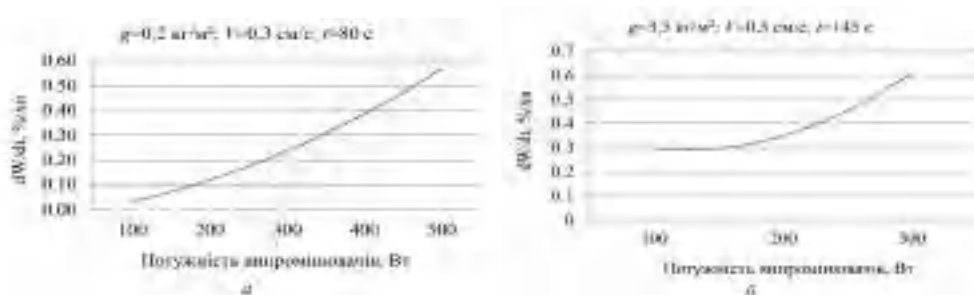


Рис. 2. Графіки залежності швидкості видалення вологи від інтенсивності випромінювання під час інфрачервоного сушіння зернових: а – ріпак; б – соя.

Пролонговане сушіння з використанням зазначеної потужності може спричинити перегрів зернової поверхні, що може негативно вплинути на збереження показників якості. Відтак, доцільніше використовувати декілька випромінювальних пристроїв з меншою потужністю для забезпечення рівномірнішого прогрівання зерна. В даному випадку інтенсифікуючим чинником буде збільшення площі обробки зерна за допомогою опромінення з різних сторін, а також застосування вібрації, що сприятиме формуванню віброзваженого шару продукту.

Вплив вібрації на масу продукту забезпечує суттєве оновлення поверхонь тепломасообміну під час коливання лотка, на якому розміщено продукцію, та сприяє рівномірній тепловій обробці сипких матеріалів [18, 19]. Окрім того, відбувається запобігання перегріванню поверхневого шару, а також зменшення внутрішнього тертя та в'язкості в робочому середовищі. Опромінювання шару продукту з двох сторін забезпечує одночасну обробку кожної зернини по всій

поверхні, що веде до інтенсифікації прогрівання та видалення вологи. Також це дозволяє використовувати меншу амплітуду коливань робочого органу сушарки, порівнюючи з конструкціями, де інфрачервоні випромінювачі розміщені лише над шаром продукту (рис. 1). У цих конструкціях для значного збільшення площі обробки при вібраційному перемішуванні зерна необхідно використовувати велику амплітуду коливань робочого органу, що призводить до збільшення енерговитрат електроприводу та значного розсіювання дрібнозернистої продукції. Зменшення амплітуди коливань дозволяє зменшити енергоспоживання приводу та збільшити термін служби опорних вузлів машини, а також забезпечує кращий контроль за швидкістю переміщення продукту в робочій зоні [4].

Для розв'язання поставлених завдань було сконструйовано конвеєрну лоткову інфрачервону сушарку (див. рис. 3). Специфікою цієї конструкції вібраційної інфрачервоної сушарки є використання в якості робочого елемента лотка 1 з прозорого скляного листа, котрий закріплений на сталевій платформі 2 з бортиками 3. Остання розташовується на пружних елементах 4. Інфрачервоні випромінювачі, позначені як 5 та 6, розташовані відповідно зверху та знизу лотка. Ексцентриковий вал (7) закріплено на опорному вузлі (8) віброзбуджувача, який через пружні елементи (9) з'єднано з рамою усієї установки. Рама, в свою чергу, спирається на віброопори, що необхідно для гасіння шкідливих вібрацій, що передаються на неї. Противаги 10 використовуються для балансування інерційних сил в кінематичному віброзбуджувачі. Привід віброзбуджувача здійснюється двигуном 11 через еластичну муфту 12. Продукт 13 потрапляє на жолоб конвеєра 1. Далі вмикаються електродвигун 11 та випромінювачі 5 і 6. Крутний момент від електродвигуна 11 через еластичну муфту 12 передається на ексцентриковий приводний вал 7, що викликає вібрацію лотка 1. Це полегшує формування умов, ніби оброблюваний матеріал 13 знаходиться в стані невагомості, та його поступове просування шляхом нахилу лотка на заздалегідь визначений кут α . Кінематичний віброзбуджувач сприяє зменшенню вібраційної маси приводу та передбачає ліквідацію небажаних вібрацій через пружні елементи 9 [4].

Через стрімке передавання енергії до кожної насінини, волога з них випаровується миттєво, що спричиняє утворення конденсату в середині сушильної камери 16. Щоб уникнути цього, сушарка обладнана вентиляторами 14 та 15 для активного руху повітря. Швидкість обертання лопатей цих вентиляторів можна налаштовувати, забезпечуючи найбільш відповідну швидкість повітряного потоку усередині камери для сушіння. Це враховує інтенсивність ІЧ-випромінювання та розміри й масу оброблюваних зернин. Продування зерна горизонтальним повітряним потоком у псевдозрідженому шарі допомагає ефективно видаляти вологу, що випаровується, та запобігає утворенню конденсату [4].

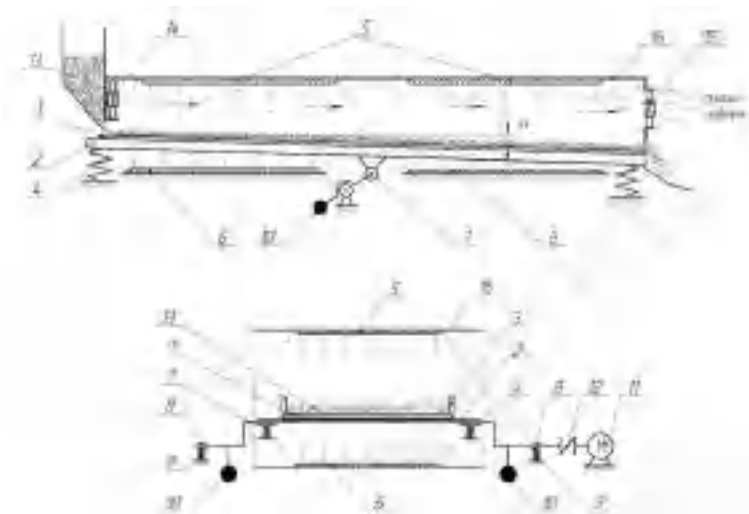


Рис. 3. Схема конвеєрної лоткової інфрачервоної сушарки: 1 – лоток; 2 – підпружинена платформа; 3 – реборди; 4, 9 – пружні елементи; 5, 6 – інфрачервоні випромінювачі; 7 – ексцентриковий вал; 8 – опорні вузли вібробуджувача; 10 – противаги; 11 – електродвигун; 12 – пружна муфта; 13 – зернова продукція; 14, 15 – вентилятори; 16 – робоча камера сушарки; α – кут нахилу вібраційного лотка.

Висновок. У результаті проведеного дослідження встановлено, що інфрачервоне сушіння є ефективним та енергоощадним методом видалення вологи з різних матеріалів. Завдяки глибокому проникненню випромінювання та спрямованому нагріванню, цей метод дозволяє суттєво скоротити тривалість сушіння порівняно з традиційними технологіями, такими як конвекційне або контактне сушіння.

Аналіз основних параметрів процесу показав, що ефективність інфрачервоного сушіння залежить від довжини хвилі випромінювання, інтенсивності теплопередачі, фізико-хімічних властивостей матеріалу та початкової вологості. Оптимізація цих параметрів дозволяє досягти максимального рівня енергозбереження та збереження якісних характеристик висушеного продукту [6].

Встановлено, що інфрачервоне сушіння має широкий спектр застосувань у харчовій, фармацевтичній, деревообробній та текстильній промисловості. Завдяки високій швидкості обробки, рівномірному висушуванню та мінімальним втратам корисних властивостей матеріалів, цей метод є перспективним для впровадження в промислових умовах.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення експериментальної бази, розробку комбінованих методів сушіння з використанням інфрачервоного випромінювання, а також аналіз економічної ефективності цього процесу в умовах масового виробництва.

Список використаної літератури

1. Інфрачервоне випромінювання. Веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%84%D1%80%D0%B0%D1%87%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%BE%D0%BD%D0%B5_%D0%B2%D0%B

8%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F

2. Барна І.Р. Енергозберігаючий та екологічно чистий метод сушіння сировинних матеріалів виробництва шлакового гравію. *Енергетика і енергозбереження*: науковий журнал. 2012. №6/1(8). С. 21-22.

3. Паламарчук І.П., Кюрчев С.В., Верхоланцева В.О., Кюрчева Л.М., Стручаєв М.І. обґрунтування кінематичних параметрів міжопераційного віброхвильового транспортування сої за її інфрачервоного сушіння. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*: науковий журнал. 2019. Том 19(№2). С. 86-93.

4. Паламарчук В.І., Гирич С.В., Василюшина О.В., Пахомська О.В. Інтенсифікація потокового процесу сушіння зерна за допомогою двостороннього інфрачервоного опромінювання. *Хімічна інженерія*: науковий журнал. 2021. Вип. 1, №3(57). 10 с.

5. Погожих М.І., Потапов В.О., Пак А.О., Жеребкін М.В. Енергоефективні технології та техніка сушіння харчової сировини: навчальний посібник. Харків, ХДУХТ. 2016. 234 с.

6. Вольвач Т.С., Савойський О.Ю., Сіренко Ю.В. способи сушіння продуктів харчування: переваги, недоліки та тенденції розвитку. *Вісник Сумського національного аграрного університету*: науковий збірник. 2024. Вип.2(56). С. 21-26.

Дмитро ДАЦЮК⁴⁵,
студент 3-го року навчання,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АНАЛІЗ ВІДОМИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗМІШУВАЧІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ ДОБРІВ

Анотація. У публікації розглянуті відомі конструкції змішувачів, що використовуються у сільськогосподарському виробництві. Виявлені їх переваги та недоліки та запропоновано альтернативний варіант конструкції, який дозволить забезпечити якісне та швидке приготування сумішей добрив.

Ключові слова: змішувачі, конструкції, С/Г виробництво, суміші добрив.

Annotation. The publication examines known designs of mixers used in agricultural production. Their advantages and disadvantages are identified and an alternative design is proposed that will ensure high-quality and fast preparation of fertilizer mixtures.

⁴⁵Науковий керівник – Шаргородський С.А., кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

Key words: *mixers, structures, agricultural production, fertilizer mixtures.*

Вступ. Питання вирощування зернових культур є особливо актуальним для нашої країни. Одним із факторів, які суттєво впливають на якість майбутнього урожаю є своєчасне внесення добрив, змішаних у відповідній пропорції. Суміш добрив виготовляють за допомогою механізованого змішування попередньо підготовлених однокомпонентних або комплексних добрив, які можуть бути як гранульованими, так і негранульованими. Цей процес здійснюється на спеціалізованих підприємствах, великих складах або безпосередньо в господарствах. Також можливе виготовлення змішаних добрив шляхом комбінування гранульованих і порошкоподібних (пилоподібних) компонентів. Це значно знижує трудомісткість внесення добрив порівняно із застосуванням окремих однобічних добрив, а також підвищує їх ефективність і продуктивність.

Виклад основного матеріалу. Суміші адаптуються до вимог конкретних культур і ґрунтово-кліматичних умов, що вигідно відрізняє їх від складних добрив зі стабільним складом.

Ключовим аспектом є висока якість сумішей і хороші фізико-механічні властивості компонентів.

Процес підготовки сумішей складається із наступних етапів:

1. Підготовчий: очищення, подрібнення та попереднє просіювання.
2. Етап дозування: встановлення пропорцій компонентів за масою або об'ємом.
3. Етап змішування: рівномірне поєднання компонентів механічними засобами.
4. Етап завантаження: транспортування готових сумішей у транспортні засоби для подальшого внесення.

Одним із найпоширеніших методів, що використовується у міжнародній практиці завдяки простоті та економічності є метод сухого змішування.

Даний метод забезпечує рівномірний розподіл поживних речовин у добривах, низькі витрати енергії та можливість швидкого приготування сумішей на місці.

Виробничі процеси та відповідні операції у сільському господарстві реалізуються через транспортування та обробку матеріалів, що потребує застосування сотень типів робочих органів машин. Більшість із них є вузькоспеціалізованими, а також метало- та енергоємними.

Спирально-гвинтові транспортери використовуються вже давно, і багато світових виробників включають даний вид пристроїв в асортимент своєї продукції. Однак вітчизняні виробники машин та обладнання для сільськогосподарського виробництва тільки нещодавно почало розробляти й виготовляти такі транспортери.

Дані пристрої являють собою трубу із розташованим у середині шнеком, з'єднаним за допомогою передатних механізмів із двигуном. Головною особливістю конструкції є відсутність елементів, що можуть створювати перешкоди для вільного руху матеріалу всередині корпусу. Завдяки цьому

транспортувальний продукт рухається практично без втрат до виходу з агрегату, що мінімізує ризик утворення застійних зон або переущільнених ділянок. Окрім переміщення, такі транспортери можуть виконувати функцію змішувачів сипких матеріалів або сумішей сипучих речовин із рідинами, а також використовуватися як дозатори [5, 6, 7, 8].

Відсутність центрального валу дозволяє збільшити ступінь заповнення транспортера матеріалом порівняно зі шнековими аналогами. Простір, який раніше займав вал, тепер може бути повністю заповнений матеріалом, що транспортується, що дозволяє переміщувати більший обсяг за один оберт гвинта.

Простота конструкції спіральних транспортерів забезпечує меншу кількість деталей, які контактують із матеріалом, що транспортується. Це сприяє підвищенню надійності та довговічності таких машин.

Класифікація пристроїв для вивантаження, транспортування або змішування сипких матеріалів.

За способом створення сили для переміщення матеріалу:

1. Приводяться у дію за допомогою механізмів (двигунів). Активно застосовуються для переміщення матеріалу шнекові, стрічкові, скребкові робочі органи.

2. Самопливні пристрої. У цих пристроях матеріал переміщається під дією власної ваги (гравітаційні вивантажувачі).

3. Пневматичні пристрої. Працюють за допомогою енергії стисненого повітря або розрідження.

За принципом прикладення сили та конструкції:

1. З тяговим механізмом. Активно застосовуються такі робочі органи як шнеки, спіралі або стрічки.

2. Без тягового механізму. Переміщення матеріалу здійснюється безпосередньо за рахунок потоку повітря, гравітації або іншої сили.

За напрямком і траєкторією руху матеріалу:

1. Вертикально зімкнуті - переміщують матеріали у вертикальному напрямку, з одним або декількома прямими відрізками шляху.

2. Горизонтально зімкнуті - розташовуються горизонтально та забезпечують переміщення матеріалів у межах однієї площини.

3. Об'ємні - переміщують матеріал у складних просторових траєкторіях, які включають горизонтальні, похилі та вертикальні складові.

За функціями та розташуванням на виробничій ділянці:

1. Нерухомі - закріплені стаціонарно, виконують функцію постійного вивантаження в одному місці.

2. Спонукувані розподільні пристрої - забезпечують циклічний рух із можливістю розподілу матеріалу на різні ділянки.

3. Пересувні - можуть змінювати своє положення, переміщуючи матеріал у різні зони ділянки.

4. Мобільні - оснащені колісними або гусеничними шасі для транспортування між різними об'єктами.

Наведена вище класифікація пристроїв для вивантаження та змішування сипких матеріалів дає змогу врахувати специфіку технологічних процесів, властивості матеріалів і просторово-логістичні вимоги. Правильний вибір такого обладнання забезпечує ефективність роботи систем транспортування та зменшує витрати на експлуатацію.

Відома конструкція змішувачів добрива, що випускаються та застосовуються сьогодні являють собою сипучі матеріали у вигляді порошків або дрібних порошкоподібних матеріалів, гранул. У зв'язку із чим, господарства, у яких передбачається готування попередньої суміші, закуповують для цієї мети змішувачі порошкоподібних матеріалів різних модифікацій. У більшості випадків такі змішувачі запозичаються з харчовий, хімічної й інших галузей промисловості.

У якості таких змішувачів часто використовують змішувачі конусні вертикальні серії ВКВ і змішувачі лопатеві горизонтальні серії СВГ. Серед горизонтальних змішувачів також одержали поширення змішувачі з бункером у вигляді усіченого циліндра утримуючі вивантажувальний отвір, вал з радіально встановленими на ньому стрижнями, на яких кріпляться лопатки й елементи стрічкової спіралі (рис. 1).

Стрічкові спіралі, утворюючи шнеки, установлюються у два або три рівні радіально щодо приводного вала. Шнеки мають різний напрямок навивки. Комбінація шнеків в обсязі змішувача реалізується таким чином, щоб забезпечувати як осьове, так і радіальне переміщення часток матеріалу, що змішується. Комбінація шнеків також забезпечує вивантаження готової суміші через спеціальний отвір у дні змішувача оснащене затвором. Конструктивна схема й загальний вид змішувача для готування зерносумішей, показано на рис. 1.2. Змішувач містить корпус 1, коритоподібну камеру змішування 2, стрічковий шнек 3, завантажувальний патрубок 4, вивантажувальний патрубок 5, електродвигун 6, редуктор 7, завантажувальний шнек 8 і шнек вивантаження 9.

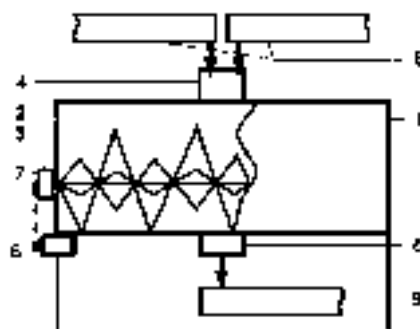


Рис. 1. Конструктивна схема змішувача.

Такий тип змішувачів добре зарекомендував себе при готуванні сумішей зерна. Найкраща якість суміші - 89,9% однорідності досягається при тривалості змішування 13 хвилин і величині питомої енергоємності 3,8 квт-год/т. Недоліком пристрою є неможливість одержання якісної суміші при малій частці окремих компонентів суміші.

На рис. 2 показано двохвальний горизонтальний шнеко-лопатевий змішувач періодичної дії [5]. Змішувач складається з бункера 1, двох приводних мотор-редукторів 2 і двох шнеко-лопатевих валів. Вали складаються із двох частин 3 і 4, що обертаються в різні сторони. На першій частині вала розташована шнекова навивка й лопатки 6. На другій частині вала розташовані лопатки 7 і 8.

Випробування горизонтального шнеколопатєвого змішувача показали високу ефективність його роботи. При долі ключового компонента 1% найкраща якість суміші, що готується, склало 93,6% при тривалості змішування 360 з і коефіцієнті заповнення 0,3. Змішувач призначений для готування вологих кормосумішей і має тихохідний режим роботи, що у випадку з порошкоподібними матеріалами не забезпечить достатньої циркуляції суміші.



Рис. 2. Загальний вид комбінованого шнека.

Відомий шнеколопатєвий змішувач, що забезпечує можливість використання рідких компонентів у процесі кормоприготування (рис. 3).

Змішувач показав високу ефективність змішування при готуванні корму з побічних продуктів крохмального виробництва. Однорідність суміші при змішуванні віджатої кукурудзяної мезги й згущеного екстракту склало 92-94%, що досягається за рахунок подачі екстракту безпосередньо в зону змішування.

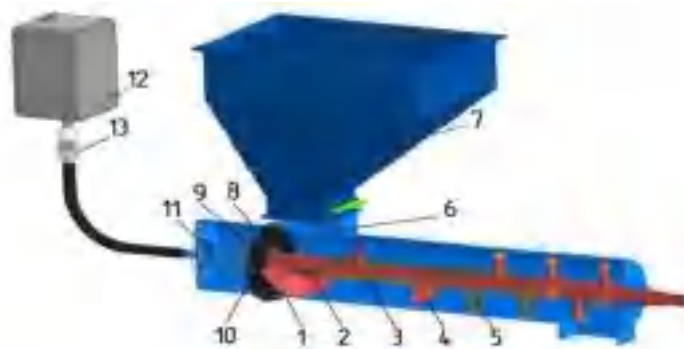


Рис. 3. Схема шнеколопатєвого змішувача:

1 - корпус; 2 - робочий орган; 3 - вал порожній; 4 - конвеєр шнековий; 5 - лопата порожня; 6 - вхідна горловина; 7 - бункер; 8 - камера екстракту.

На рис. 4 показаний змішувач-збагачувач концентрованих кормів. Змішування відбувається за рахунок спільної роботи вертикального шнека й електромеханічного активатора. Активатор приводиться за допомогою

електродвигуна з редуктором і кривошипно-шатунного механізму, який повідомляє активатор коливальний рух.

Матеріал, що змішується, завантажується в робочу камеру 2 через горловину 17. Після заповнення робочої камери включається шнек і починається процес змішування. Матеріал переміщається нагору по шнеку й надходить на лопаті активатора 13. Вплив активатора руйнує потік матеріалу й тим самим досягається інтенсифікація процесу змішування. Спільна робота шнека й активатора дозволяє за 4 хвилини приготувати порцію корму масою 50 кг і однорідністю більш 85%, при долі ключового компонента 15%. До недоліків змішувача слід віднести складність конструкції, а також неможливість одержання якісних сумішей при низькій концентрації окремих компонентів.

На рис. 5 показана конструктивна схема горизонтального змішувача кормів з робочим органом у вигляді гвинтової спіралі [9]. Змішувач складається з корпусу 1, горловини 2, вікна для вивантаження готової суміші 3, бункера 4, що полягає з окремих секторів 5, розділених перегородками 6, під якими розташовані дозуючі заслінки 7. Усередині корпусу по всій його довжині розміщена гвинтова спіраль 8, яка одним кінцем з'єднано із провідною цапфою 9 за допомогою шарніра 10, а іншим закріпиться до відомої цапфи 11. Корпус змішувача встановлено на рамі 14. Гвинтовий механізм 15 дозволяє здійснити осьовий переміщення відомої цапфи 11, що забезпечує зміна прогину спіralи й впливає на продуктивність змішувача.

Конструкція змішувача дозволяє одержувати якісні суміші компонентів з різними фізико-механічними властивостями, зокрема, для змішування побічних продуктів крохмального виробництва: кукурудзяної мезги з екстрактом, дробленого кукурудзяного зерна й макухи. Змішувач забезпечує однорідність кормової суміші в межах 95 - 97 % .

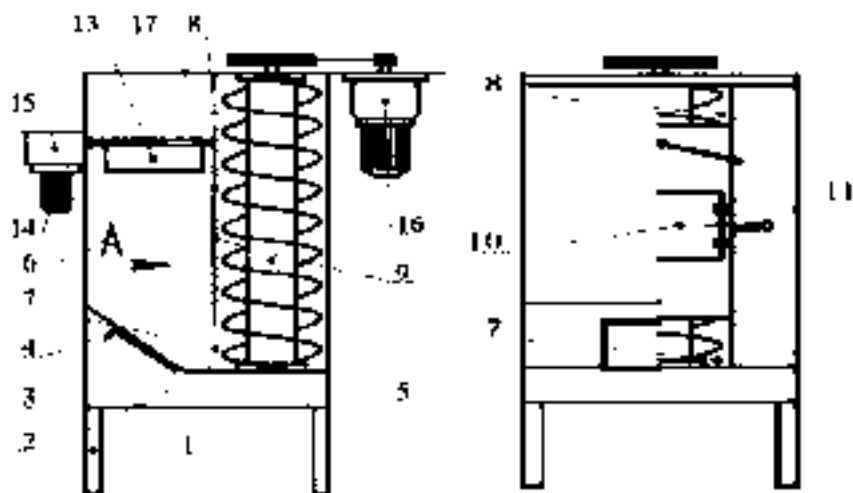


Рис. 4. Схема вертикального шнекового змішувача:

- 1 - рама; 2 - робоча камера; 3 - вивантажувальне вікно; 4 - шиберна заслінка; 5 - шнек; 6 - труба; 7 - завантажувальне вікно; 8 - вивантажувальне вікно; 9 - пропускне вікно; 10 - заслінка; 11-ручка; 12 – фік-суючий пристрій; 13 – акти-ватор; 14 - електродвигун; 15 – редуктор; 16 - мотор-редуктор; 17 – заванта-жувальна горловина.

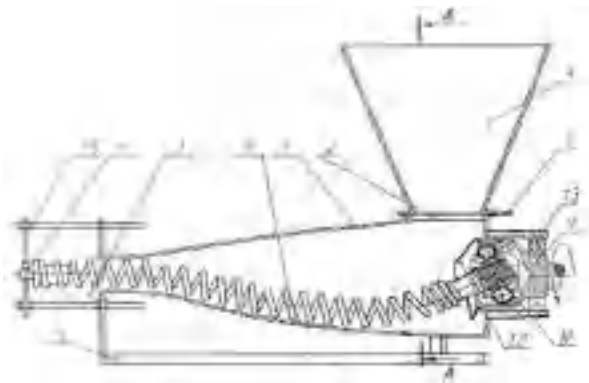


Рис. 5. Конструктивна схема змішувача кормів.

На рис. 6 показаний змішувач, особливістю якого є готування кінцевої якісної суміші на основі попереднього змішування компонентів, представлених у малих частках. Через центр корпусу змішувача й змішувальних ємностей проходить вал із установленими на ньому мішалками Г- Образної форми. Корпус змішувача й змішувальні ємності оснащені вивантажувальними вікнами й заслінками. У верхній частині змішувача перебуває бункер. Бункер розділений на чотири секції, розміри яких пропорційні обсягу змішувальних ємностей. Кожна із секцій бункера з'єднана з відповідної їй за обсягом змішувальною ємністю за допомогою гнучкого шланга.

При роботі змішувача суміш умовно вважається двокомпонентною, що полягає з компонента, що має найменшу концентрацію, і наповнювача. При завантаженні вихідних компонентів суміші в бункер, у найменшу секцію поміщають компонент, що має меншу концентрацію й частина наповнювача. Інші секції також заповнюють. На початку змішування подають матеріал з меншої секції бункера в ємність 3. Після закінчення змішування в ємності 3 попередню суміш вивантажують у більшу за обсягом ємність 4, туди ж подають наповнювач із відповідної секції бункера. Після змішування матеріал аналогічно надходить у ємність 5 і корпус 2, де відбувається кінцеве змішування компонентів.

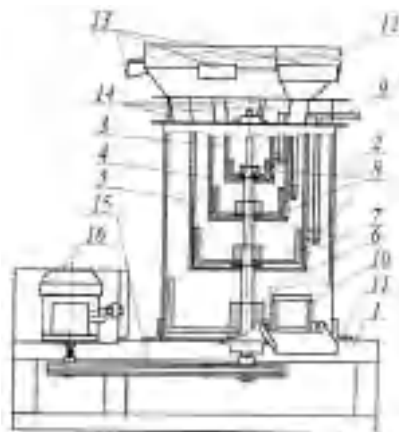


Рис. 6. Схема змішувача:

- 1 - рама; 2 - корпус; 3, 4, 5 - циліндричні ємності; 6 - вал; 7 - лопаті; 8 - заслінки; 9 - рукоятка; 10 - заслінка; 11 - лоток; 12 - бункер; 13 - заслінки; 14 - шланги; 15 - пасова передача; 16 - електродвигун.

Готування попередньої суміші дозволяє знизити загальну тривалість змішування в 2 - 3 рази. Конструкція змішувача забезпечує однорідність одержуваної суміші 95% при долі ключового компонента 1%. Це є відмінним показником і досягається за рахунок попереднього змішування й формування турбулентних потоків матеріалу. Питома енергоємність при цьому становить 14,3 кВт-год/т. Основним недоліком пристрою є його складність, а також висока питома енергоємність змішування.

Також відомо комбінований пристрій безперервної дії для змішування сухих кормів і добавок, що містить камеру попереднього змішування й камеру основного змішування (рис. 7).

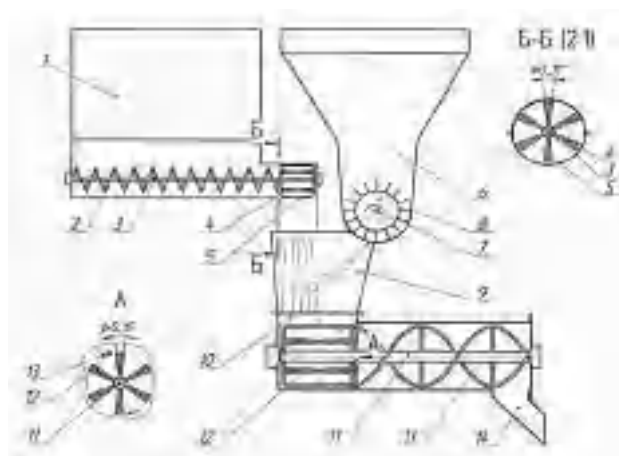


Рис. 7. Комбінований пристрій безперервної дії для змішування сухих кормів і добавок: 1 - бункер-живильник основного компонента; 2 – вивантажувальний спіраль-но-гвинтовий шнек; 3 - вал; 4 – зворушувач; 5 - сітка; 6 - бункер-дозатор добавок; 7 - вал; 8 – лопатеві барабани; 9 - камера попереднього змішування; 10 - камера основного змішування; 11 - приводний вал; 12 – мішалка; 13 - спіраль-но-гвинтовий конвеєр; 14 - лоток вивантаження.

Корм із бункера 1 за допомогою шнека та зворушувача подається в камеру попереднього змішування. У це ж час із бункера дозатора в камеру попереднього змішування подаються добавки, потік яких бомбардує потік корму з бункера 1 тим самим відбувається змішування. Отримана в такий спосіб попередня суміш надходить у камеру основного змішування де відбувається формування кінцевої суміші. Застосування такого підходу й конструктивна його реалізація дозволяють одержати суміш однорідністю 90 % при долі ключового компонента більш 10%.

Висновки. 1. Аналіз наявних пристроїв для вивантаження, змішування та дозування мінеральних добрив показав, що вони не відповідають сучасним вимогам, характеризуються відсутністю універсальності та складною конструкцією.

2. У сільському господарстві широко застосовуються різноманітні пристрої для змішування та дозування сипких матеріалів, однак дослідження спіраль-но-гвинтових транспортерів, що працюють у закритому кожусі, залишаються недостатньо вивченими.

3. Технічні засоби зі спіраль-но-гвинтовими робочими органами можуть

стати основою для створення нових пристроїв для змішування та дозування сипких матеріалів. Вони сприяють зниженню енергоємності та матеріалоємності, що, у свою чергу, зменшує вартість конструкцій і підвищує їх економічну доцільність для промислового використання.

Список використаної літератури

1. Ivanov M.I., Rutkevych V.S., Kolisnyk O.M., Lisovoy I.O. Research on the block-portion separator parameters influence on the adjustment range of operating elements speed. *INMATEH - Agricultural Engineering: scientific journal*. 2019. Vol. 57/1. P. 37–44.
2. Іванов М.І., Шаргородський С.А., Руткевич В.С. Підвищення експлуатаційної ефективності блочно-порційного вивантажувача консервованих кормів шляхом гідрофікації привода робочих органів. *Промислова гідравліка і пневматика*: науковий журнал. 2013. №1(39). С. 91–96.
3. Іскович-лотоцький Р.Д., Зелінська О.В., Веселоська Н.Р., Веселовський Я.П. Оцінювання ефективності функціонування технологічного комплексу з використанням системного підходу. *Техніка енергетика транспорт АПК*: науковий журнал. 2017. №2. С. 109–114.
4. Руткевич В.С. Адаптивний гідравлічний привод блочно-порційного відокремлювача консервованого корму. *Техніка енергетика транспорт АПК*: науковий журнал. 2017. №4(99). С. 108–113.
5. Сисолін П.В, Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва: підручник. К.: Урожай. 2001. 384 с.

Владислав ДЕРУНЕЦЬ⁴⁶,

студент 3-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ВІБРОВІДЦЕНТРОВИХ СЕПАРАТОРІВ ЗЕРНА

Анотація. Робота присвячена аналізу конструкцій вібровідцентрових сепараторів зерна. Проведено огляд сучасних конструкцій сепараторів. Та проведено огляд відомих методів теоретичного аналізу процесу сепарування.

Ключові слова: сепаратор, сепарування, віброцентрові установки, сучасні конструкції.

⁴⁶Науковий керівник – Шаргородський С.А., кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

Annotation. *The work is devoted to the analysis of designs of vibro-centrifugal grain separators. A review of modern designs of separators is conducted. A review of known methods of theoretical analysis of the separation process is conducted.*

Key words: *separator, separation, vibrating center units, modern designs.*

Вступ. Розвиток сільського господарства залежить від умов забезпечення якості та умов зберігання вирощеної та обробленої продукції. Для розв'язку цих завдань, зокрема зернопереробні підприємства, повинні мати добре оснащену технічну базу, здатну забезпечити якісне сепарування зерна без втрат протягом короткого строку.

Сепарація зернових сумішей, має ключове місце не тільки в процесі переробки, але і є одним з основних шляхів, що сприяють підвищенню врожайності зернових культур, тому що процес сепарування сприяє відбору найбільш високоякісного (фізіологічно дозрілого) посівного матеріалу [2].

Робота із зерном базується на основних принципах, які містять у собі прогресивну технологію, потокові методи обробки й автоматизацію процесу виробництва.

Виклад основного матеріалу. Післязбиральна обробка зерна повинна забезпечувати своєчасну організацію й своєчасне виконання всіх її етапів при цьому забезпечуючи мінімально можливі значення енерго- та трудомісткості процесу.

Широке поширення у фермерських господарствах одержали плоскорешітні зерноочисні сепаратори. На рис. 1 представлено очисник вороху ОВС-25С. Даний агрегат призначений для попереднього й первинного очищення зернової купи круп'яних, зернобобових культур, кукурудзи, соняшника, насіння рапсу від різних бур'янистих домішок.

Основними робочими органами стаціонарного очисника купи ОВС-25С є: приймальня камера, повітряно-очисна частина, решітні стани, шнек фуражних відходів.

Зернова суміш за допомогою норії подається на розподільний шнек живильного будови сепаруючої машини.

На рис. 2 наведена технологічна схема роботи очисника зернової купи ОВС-25С.

Пристрій живлення для більш рівномірної обробки зернових часток потоком повітря, робить їхній розподіл по всіх ширині камери.

За допомогою розподільника, потік зернової суміші розбивається на дві рівні частини й подається в повітряні канали, де за допомогою створюваного вентилятором потоку повітря очищає суміші від легких домішок. Більші домішки осідають у відстійній камері.

Зернова суміш, яка пройшла попереднє очищення повітрям попадає на верхній і нижній стани. Процес очищення на верхньому й нижньому станах абсолютно аналогічний. Очищене зерно попадає на задній приймач. Після приймача очищене зерно за допомогою шнека подається в нижню частину транспортера.



Рис. 1. Очисник ОВС-25С.

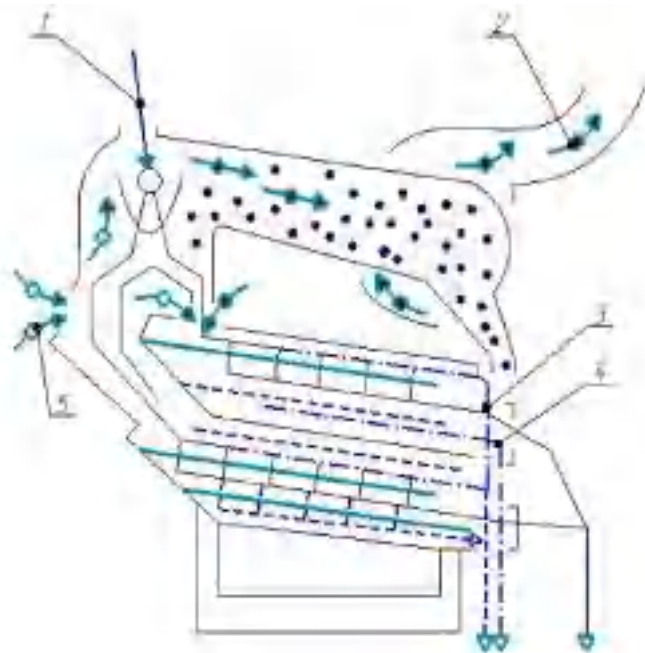


Рис. 2. Технологічна схема роботи ОВС -25С: 1 - основний потік; 2 - чисте повітря; 3 - великі домішки; 4 - дрібні домішки; 5 - відпрацьоване повітря.

Однак невисока ефективність поділу існуючих плоскорешітних сепараторів не відповідає щорічно зростаючим вимогам промисловості, а подальше підвищення якості сепарування зернової суміші в сепараторах даного типу обмежене силами гравітації.

У пошуку найбільш ефективних і продуктивних способів очищення зернових мас багатьма дослідниками було відзначено відцентрове сепарування.

За результатами роботи численних дослідників виникла велика кількість різних конструкцій відцентрових сепараторів, які дозволяють створювати інерційне поле із зусиллям, у кілька раз перевищуючим зусилля поля сил ваги. Відцентрове сепарування характеризується фактором поділу, називаним числом Фруда.

$$F = \frac{R^2 \Omega_6^2}{g}, \quad (1)$$

де R_6 - радіус циліндричного решета, м;

Ω_6 - кутова швидкість обертання робочого органа, рад/с.

Поділ сипучих сумішей у відцентрових сепараторах був докладно розглянутий у роботах [5; 6]. Були запропоновані різні конструкції відцентрових сепараторів, викладені елементи теорії, що описують рух зернових мас по поверхні відцентрових решіт, також були отримані основні принципи, що сприяють оптимізації й інтенсифікації цього процесу.

За результатами досліджень, [5] запропонована класифікація відцентрових сепараторів за формою робочого органу й орієнтації осі обертання робочого органу стосовно напрямку гравітаційних полів.

При класифікації відцентрових сепараторів за формою робочого органу,

найбільше поширення одержали такі типи: циліндричні, конічні й параболоїдні. Вісь обертання робочих органів цих машин буває вертикальною, горизонтальною, або похилою.

За допомогою відцентрових сепараторів зернові маси ділять із комплексу фізико-механічних властивостей: по ширині [5], довжині [6], формі та властивостям поверхні.

На рис. 3 показано відцентровий зерновий сепаратор "ПРОМІНЬ", робочими органами якого є циліндричні похилі решета, призначений для очищення зернових культур від великих, дрібних і легких домішок на елеваторах, механізованих струмах і інших об'єктах переробки зерна.



Рис. 3. Відцентровий зерновий сепаратор "Промінь".

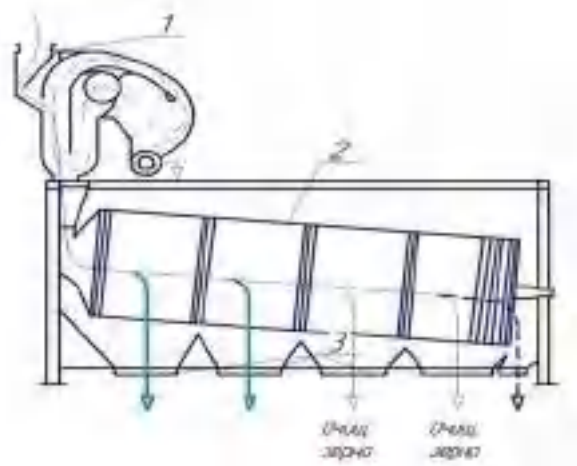


Рис. 4. Технологічна схема відцентрового зернового сепаратора "Промінь": 1 - прийомний патрубок, 2 - ситовий барабан, 3 - випускні патрубки.

Відцентровий зерновий сепаратор (Рисунок 4) складається з ситового та повітряного сепараторів. Вихідна зернова суміш, яка надходить у машину через прийомний патрубок 1, очищається від легких бур'янистих домішок за допомогою продування зустрічним потоком повітря. Після цього, зерно надходить у ситовий барабан 2, де очищається від домішок, що відрізняються від зерна основної культури розмірами. Отримані при роботі сепаратора фракції роздільно виводяться з машини через випускні патрубки 3. Очищення сит від застряглих зерен здійснюється за допомогою блоків рухливих щіток і котків.

Ситовий сепаратор (ситовий барабан) дозволяє виконувати попереднє очищення, первинне очищення, вторинне очищення (сортування, калібрування).

Підвищення частоти обертання ситового барабана сприяє збільшенню відцентрових сил, які притискають зернову масу до поверхні барабана. Отже, збільшується сила тертя шарів зернової суміші про поверхню сит і між собою, що різко зменшує швидкість пошарового руху зерна й продуктивність, підвищує травмуємість зернових часток, але при цьому зростає ефективність поділу [6].

Таким чином, збільшення швидкості обертання ситового барабана сприяє збільшенню просіюваності, однак, зерновим часткам також потрібно

перевершити виникаючі сили тертя. Для цього використовують різні способи, наприклад, використовують додатковий обдувши за допомогою потоку повітря, повідомляють ситовий барабан осьові або обертальні коливання. Можливо спільне застосування даних способів.

Зазначені способи використані в зернових вібраційно -відцентрових сепараторах.

У порівнянні з поділом зернових сумішей із застосуванням сил гравітації (у плоскорешітних машинах) повідомлення робочим органам сепаратора коливальних рухів уздовж осі обертання дозволило в значній мірі збільшити продуктивність і ефективність процесу сепарування]. Вібровідцентрові зерноочисні машини, у порівнянні із плоскорешітними, мають істотні переваги у виді того, що:

- вібрація робочих органів дозволяє знизити сили тертя й зчеплення між зерновими частками. Це збільшує їхню рухливість (зернова маса починає поводитися як рідина) і дозволяє підвищити ступінь просіюваності зернових часток через отвори решета. Наприклад, просіюваність деяких культур зернобобових збільшується до шести раз;

- вібрація сприяє більш якісному процесу перерозподілу зернової суміші в шарі й по поверхні решета, що значно збільшує ефективність сепарування;

- коливання робочого органу з певними значеннями амплітуди й частоти разом з обертовим рухом сприяє підвищенню ефективності сепарування, що є актуальним при сепаруванні важко розділюваних сумішей;

- при високій продуктивності, мають малу площу решіт, менш метало - і енергоємні. Наприклад, сепаратор вібраційного типу в порівнянні із плоскорешітною машиною має металоємність меншу до 7, енергоємність - до 13 і експлуатаційні витрати - у 3 рази.

Сучасні конструкції віброцентробежних сепараторів відрізняються друг від друга розташуванням робочого органа, напрямку його коливань, а також по конструкції віброзбудника.

У вібровідцентрових сепараторах коливальний рух робочому органу повідомляються в більшості випадків від ексцентрикового або кривошипно-шатунного механізму

У роботі [4] запропонована конструкція вібраційно - відцентрового сепаратора для поділу зернових мас по питомій вазі. Також проведені дослідження для визначення оптимальної форми решітного барабана. Після проведення ряду технологічних експериментів запропонований конічний барабан (Рисунок 5), що має, нахилу твірних при вершині $7,5^\circ$.

Завантаження сепаратора проводиться за допомогою бункера 1. Робочий орган (барабан 4) жорстко закріплено на сепараторі 6, який має потрібну перфорацію решіт, шкребки 14 і встановлених на двох підшипниках у корпусі 9, який за допомогою кронштейнів з'єднано з повзунами 7, що скочують по напрямних валиках 5. Підшипники кочення зістиковані за допомогою гайки 11. Усередині конічного робочого органу розташовуються розділові кільця 13. Напрямні лопати 2 встановлено на стрижні 3 [2].

За допомогою пасової передачі конічному барабану й шківу 8 надають обертовий рух навколо своєї твірної, а коливальний рух реалізується за допомогою шатуна 12 кривошипно - шатунного механізму (на схемі не показаний), який установлений і закріплено на кришці 1 корпусу 9.

У роботі [64] була запропонована та досліджена відцентрова вібросортувальна машина для гречки (Рисунок 6).

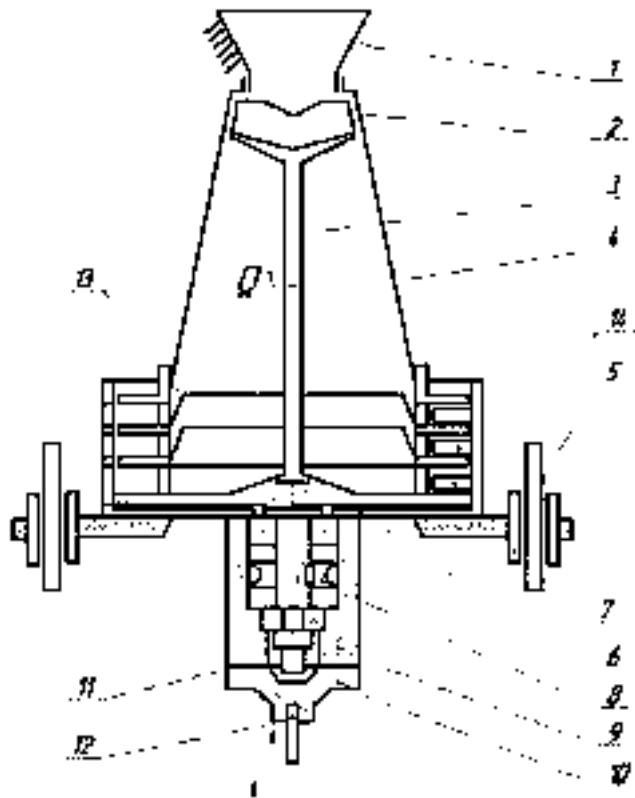


Рис. 5. Схема вібровідцентрового сепаратора з конічним барабаном:

1 - бункер, 2 - лопати, 3 - стрижень, 4 - конічний барабан, 5 - валики, 6 - сепаратор, 7 - повзуни, 8 - шків, 9 - корпус, 11 - гайка, 12 - шатун, 13 - розподільні кільця, 14 - шкребки.

Вузол приводного механізму 9 здійснює обертання вала 7 з кутовою швидкістю 7 рад с^{-1} навколо вертикальної осі й одночасно надає цьому валу коливального руху у вертикальній площині з амплітудою $A=0,0025 \text{ м}$ і частотою $\omega = 10,88 \text{ рад. с}^{-1}$. Рух робочому органу передається за допомогою пружної муфти 1 від приводного вала електродвигуна до вхідного вала черв'ячного редуктора.

Відомі результати теоретичних та експериментальних досліджень зернового вібровідцентрового сепаратора з вертикальним багатоконусним робочим органом.

При експериментальних дослідженнях отримані значення середніх швидкостей переміщення зернової суміші уздовж утворюючої поверхні решіт. У результаті досліджень отриманий закон, що дозволяє уточнити побудови утворюючої, яка суттєво відрізняється від параболи [9].

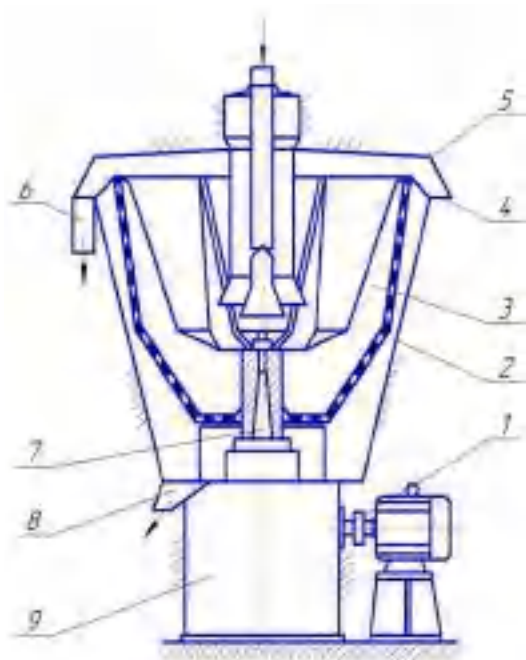


Рис. 6. Схема відцентрового вібросортування із осьовими коливаннями: 1 - муфта; 2 - кожух; 3 - робочий орган; 4 - кільцевий канал; 5 - кришка; 6 - патрубок для виводу крупного зерна; 7 - вал; 8 - патрубок для відведення дрібного зерна; 9 - вузол приводного механізму.

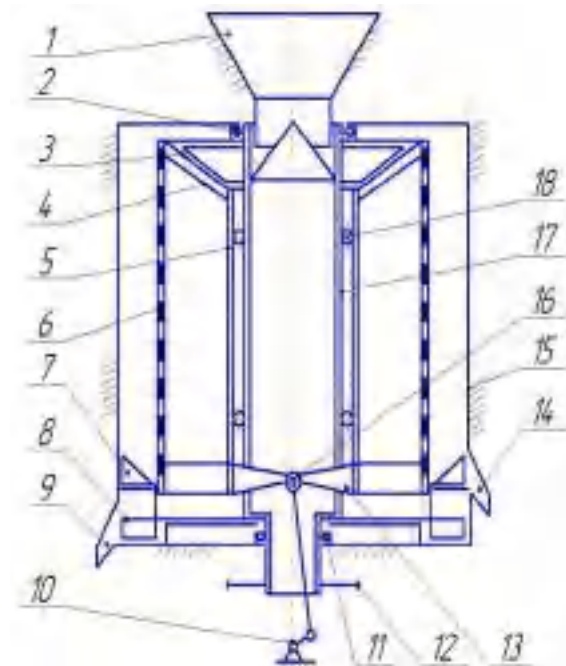


Рис. 7. Схема вібровідцентрового сепаратора з кінематичним порушенням осьових коливань: 1 - бункер, 2, 11 - опори, 3 - диск, 4 - хрестовина, 5 - сполучні планки, 6 - решето, 7, 8 - лопатки, 9, 14 - лотки, 10 - кривошипний механізм, 12 - вихідний шків, 13 - спинки, 15 - кожух, 16 - крокової шарнір, 17 - ротор, 18 - ролики.

З отриманих умов інтенсивності просівання зернової маси крізь отвори решета, показаний взаємозв'язок між геометричними параметрами робочого органа й кінематичними параметрами.

Відомі дослідження сепаратора, у якому здійснюється накладення оберտального та коливального руху робочого органа, з метою подальшого визначення використання складного руху робочого органа для інтенсифікації процесу сепарування.

Проведені випробування відцентрово-вібраційного сепаратора, робочий орган якого робить поперечні й поздовжні коливання. Установлено, що надання решету поздовжніх коливань більшою мірою позначається на збільшенні ефективності сепарування, чому повідомлення поперечних і подальші дослідження були проведені на установці з коливаннями робочого органа уздовж його утворюючої [9].

У ході проведених досліджень було встановлено, що додання решету вібраційного руху в значній мірі скорочує час сепарування, але амплітуда коливань не може бути менше певного значення, а компенсація частотою коливань можлива лише в межах оптимальної швидкий ості процесу.

До машин для сепарування сипучих сумішей у поле відцентрових сил з коливаннями робочого органу уздовж вертикальної осі обертання ставиться сепаратор, розроблений і досліджений В.С. Гончаровим (Рисунок 7) [4].

Циліндричне решето 6 встановлене на решетном стані, який містить у собі

хрестовину 4 і трохи вертикально розташованих сполучних планок 5, жорстко встановлених на спинах 13. Решетний стан 6 обертається в опорах 2 і 11 разом з ротором 17 і робить коливальний рух уздовж осі обертання за допомогою кривошипного механізму 10. Ролики 18 є напрямними при коливанні робочого органа. Диск 3 жорстко з'єднаний з ротором і призначений для рівномірного розподілу зерна по внутрішній поверхні решета. За допомогою лопаток 7 і 8 фракції зерна виводяться за межі сепаратора через лотки 9 і 14, які прикріплено до кожуха 15. Обертний рух робочого органа й поступальний рух шатуна віброзбудника узгодиться за допомогою кульового шарніра 16. Обертний рух решету передається від електродвигуна обертання за допомогою ремінної передачі й вихідного шківів 12, який жорстко з'єднано з валом ротора 17. Завантаження решета здійснюється за допомогою бункера 1.

Досить цікавою є конструкція горизонтального вібровідцентрового сепаратора з конічним решітним робітником органом, який має конусність нижче кута тертя ковзання зернової частки по поверхні робочого органа, що забезпечує не розсипання зернового матеріалу уздовж решета й рівномірний його розподіл по всій поверхні (Рисунок 8).

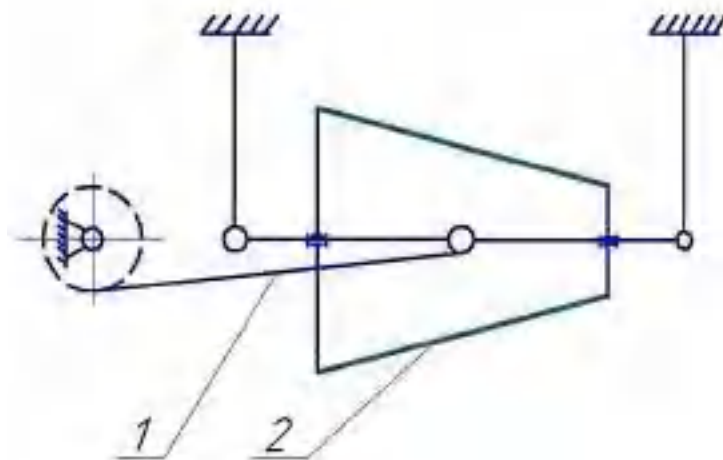


Рис. 8. Схема горизонтального вібровідцентрового сепаратора з конічним решітним барабаном, що роблять коливання уздовж осі обертання:
1 - коливальний механізм (кривошип), 2 - конічне сито (решето).

При постійному розмаху (амплітуді) коливального руху, у значній мірі впливає на ефективність поділу зернової суміші. Як видно з проведеного аналізу, вібраційно - відцентрові машини є найбільш продуктивними, технологічно та енергоефективними і найбільш перспективними для подальшого застосування на підприємствах сільського господарства, які займаються обробкою й зберіганням зерна.

Подальше вдосконалювання технології підготовки насінного матеріалу на основі вібрації, конструкції вібровідцентрових сепараторів і їх електропривода, що дозволить у значній мірі підвищити ефективність технологічного процесу, і побільшати довговічність машин.

Висновки. Проведений аналіз основних зерноочисних машин застосовуваних на підприємствах здійснюючих переробку зернових сумішей

(плоскорешітні, відцентрові та вібровідцентрові зерноочисні сепаратори). Виявлено, що вібровідцентрові сепаратори по своїх технологічних показниках є найбільш ефективними для очищення зернових сумішей.

Список використаної літератури

1. Tsai Y.H. Effects of nanosize zinc oxide on zinc retention, eggshell quality, immune response and serum parameters of aged laying hens. *Animal Feed Science and Technology: scientific journal*. 2016. Vol. 213. P. 99-107.
2. Mishra A. Growth performance and serum biochemical parameters as affected by nano zinc supplementation in layer chicks. *Indian Journal of Animal Nutrition: scientific journal*. 2014. Vol. 31, Issue-4. P. 384-388.
3. Jain N., Ottino J.M., Lueptow R.M. Effect of interstitial fluid on a granular flowing layers. *J. Fluid Mech: scientific journal*. Vol. 508. 2004. С. 23–44.
4. Бойко І.Г., Скорик О.П., Русалев О.М., Щур Т.Г. Аналіз конструкцій дозаторів сипучих кормів безперервної дії і основні напрямки їх удосконалення *Механізація сільськогосподарського виробництва: вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка*. Харків. 2004. Вип. 29. С. 347–350.
5. Kudrolli A. Size separation in vibrated granular matter. *Reports on progress in physics: scientific journal*. 2004. Vol. 67(3). С. 209–247.
6. Ivanov M.I., Rutkevych V.S., Kolisnyk O.M., Lisovoy I.O. Research on the block-portion separator parameters influence on the adjustment range of operating elements speed. *INMATEH - Agricultural Engineering: scientific journal*. 2019. Vol. 57/1. P. 37–44.
7. Іванов М.І., Шаргородський С.А., Руткевич В.С. Підвищення експлуатаційної ефективності блочно-порційного вивантажувача консервованих кормів шляхом гідрофікації привода робочих органів. *Промислова гідравліка і пневматика: науковий журнал*. 2013. №1(39). С. 91–96.
8. Калетнік Г.М., Чаусов М.Г., Швайко В.М., Пришляк В.М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість. Ч.ІІІ: Підручник. Київ.: «Хай-Тек-Прес». 2013. 528 с.
9. Серєда Л.П., В.С. Руткевич, М.В. Зінєв. Study of the mathematical model of hydraulic drives segment-finger mower unit. *Техніка, енергетика, транспорт АПК: науковий журнал*. 2018. №1(100). С. 111–123.

Олександр ДОВГАЛЮК⁴⁷,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ГУСЕНИЧНИХ РУШІЙ ТРАКТОРІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПРОХІДНІСТЬ І СТАБІЛЬНІСТЬ ТЕХНІКИ

***Анотація.** У роботі розглядаються конструктивні особливості та принципи роботи гусеничних рушійів тракторів, зокрема, їх компоненти, такі як гусениці, ведучі та напрямні колеса, підвіска та каретки. Особливу увагу приділено підвісці гусеничних тракторів, яка забезпечує плавність ходу і знижує ударні навантаження під час руху.*

***Ключові слова:** гусеничний рушій, підвіска, трактор, гусениця, балансна каретка, прохідність, амортизація.*

***Annotation.** The paper discusses the design features and principles of operation of caterpillar tractor propulsion, in particular, their components, such as tracks, drive and guide wheels, suspension and carriages. Particular attention is paid to the suspension of crawler tractors, which ensures a smooth ride and reduces shock loads while driving.*

***Key words:** crawler engine, suspension, tractor, caterpillar, balance carriage, cross-country ability, depreciation.*

Вступ. Сільськогосподарська техніка є незамінним елементом сучасного аграрного виробництва. Вона значною мірою визначає ефективність і продуктивність сільськогосподарських робіт, забезпечуючи швидке і якісне виконання різноманітних операцій на полях, таких як обробіток ґрунту, сівба, збирання врожаю та інші [1-4]. Проте, тривала експлуатація сільськогосподарських машин, особливо тих, що працюють у складних умовах, призводить до їх зношування, що негативно впливає на продуктивність і безпеку. Тому відновлення та модернізація сільськогосподарської техніки, зокрема тракторів та інших важких машин, є важливим етапом підтримки їх ефективності та продовження терміну служби.

Серед різних типів сільськогосподарської техніки гусеничні трактори займають важливе місце завдяки своїй здатності працювати в умовах низької прохідної здатності, зокрема на болотистих та важких ґрунтах. Вони відрізняються високою прохідністю, особливо коли йдеться про техніку, оснащену спеціальними болотохідними гусеничними рушіями [1-4]. Однак, для

⁴⁷Науковий керівник – Паладійчук Ю.Б. кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

забезпечення високої ефективності роботи цих машин необхідно зберігати належний стан їх важливих складових, таких як трансмісія та підвіска.

Гусеничний рушій — одна з основних частин гусеничного трактора, що складається з кількох важливих елементів: гусениці, ведучого колеса (зірочки), напрямного колеса з натяжним амортизаційним пристроєм, опорних котків і підтримуючих роликів. У процесі роботи ведуча зірочка перемотує гусеничний ланцюг, що сприяє руху трактора вперед. Принцип роботи цього механізму полягає в тому, що ґрунт під опорною поверхнею гусениці чинить опір зсуву ланок ланцюга, що передає рушійне зусилля на остов трактора. Ланки, що вже пройшли опорні котки, піднімаються, рухаючись до підтримуючих роликів, що запобігає їх провисанню та поперечним коливанням [1,2].

Особливу увагу заслуговує підвіска гусеничних тракторів, яка забезпечує плавність ходу та знижує вплив ударів і коливань, що виникають при русі по нерівних поверхнях. Вона може бути як еластичною, так і напівжорсткою.

Еластичні підвіски, зазвичай застосовуються в більшості сучасних тракторів, мають пружини, які зменшують удари та покращують маневреність техніки, особливо на високих швидкостях. Важливими елементами підвіски є балансири каретки, які забезпечують надійне з'єднання остова трактора з гусеничними рушіями та сприяють пом'якшенню поштовхів під час руху.

Виклад основного матеріалу. Аналіз конструктивних особливостей гусеничних рушіїв тракторів та їх вплив на прохідність і стабільність техніки є важливою складовою частиною при проектуванні та експлуатації сільськогосподарських машин [1]. Гусеничні рушії застосовуються в тракторній техніці через свою здатність забезпечувати високу прохідність, особливо в умовах важких ґрунтів, бруду, снігу та болотистих місцевостей, де колісні машини не виконують своєї задачі.

Гусеничний рушій складається з кількох основних компонентів [1,2]:

1. Гусеничні стрічки — це безперервні ланцюги з металевих ланок, які рухаються по напрямних колесах та опорних валках. Вони передають рух від двигуна на ґрунт і є основним елементом, що забезпечує зчеплення з поверхнею.

2. Напрямні колеса — підтримують рух гусеничної стрічки, забезпечуючи її правильне положення.

3. Ведучі колеса — через які передається обертальний момент від двигуна до гусеничної стрічки.

4. Підтримувальні ролики та котки — допомагають рівномірно розподіляти навантаження та знижувати тертя між гусеничною стрічкою і основними частинами рушія.

5. Амортизатори та пружини — використовуються для зниження навантажень і вібрацій, що можуть виникати під час руху техніки.

Стабільність техніки з гусеничними рушіями визначається здатністю зберігати стійкість під час руху в умовах різних навантажень. Це досягається завдяки рівномірному розподілу ваги на більшу площу контакту з ґрунтом, що дозволяє знижувати ймовірність перевертання або просідання машини.

Гусеничні рушії також покращують маневреність техніки, забезпечуючи більш точне та контрольоване рухання на складних ділянках [2-4].

Водночас конструктивні особливості гусеничних рушіїв можуть впливати на стабільність техніки при роботі на крутих схилах або нерівних поверхнях. Врахування кута нахилу, ширини гусениць і характеристик ґрунту є важливими для забезпечення належної стабільності техніки при виконанні сільськогосподарських операцій, таких як оранка чи транспортування вантажів.

Гусеничні рушії мають різні конструкції і складаються з гусениці 4, ведучого колеса (зірочки) 1, напрямного колеса 3 з натяжним амортизаційним пристроєм, опорних котків 2 і підтримуючих роликів 13, встановлених на рамі трактора.

Принцип роботи гусеничного рушія. Під час руху трактора ведуча зірочка 1 (рис. 1) перемотує замкнутий гусеничний ланцюг. Ланки цього ланцюга безперервно укладаються перед опорними котками [2].

Ґрунт під опорною поверхнею гусениці чинить опір зсуву ланок ланцюга, і цей опір у вигляді штовхаючого зусилля передається остову трактора, змушуючи його рухатися вперед. Ланки, які вже пройшли опорні котки, піднімаються з поверхні ґрунту і спрямовуються до підтримуючих роликів.

Каретка складається з котків 2 і двох балансирів 10, з'єднаних шарніром 11. Між балансирами розташована розпирна пружина 12. Сила тяжіння S від остова трактора передається на котки каретки і через балансири сприймається пружиною. Коли один з котків натрапляє на нерівність ґрунту, тиск від котка через балансир передається пружині. Під дією таких ударів пружина постійно стискується і розтискується, як показано на рисунку [2,3].

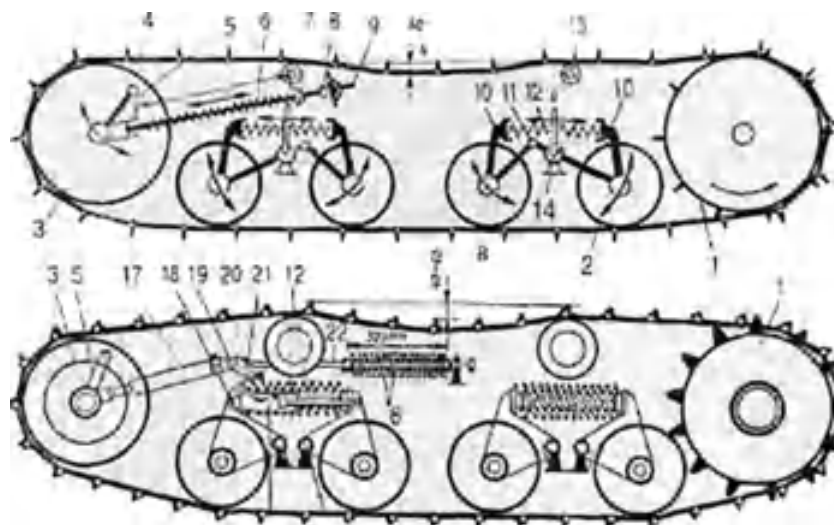


Рис. 1. Схема гусеничного рушія трактора: а – ДТ-75МВ; б – Т-150; 1 – ведуча зірочка; 2 – опорний коток; 3 – напрямне колесо; 4 – гусеничний ланцюг; 5 – колінчаста вісь; 6 – амортизаційна пружина; 7 – гайка пружини; 8 – гайка натягувального гвинта; 9 – натяжний гвинт; 10 – балансири каретки; 11 – шарнір балансирів; 12 – пружина каретки; 13 – підтримуючий ролик; 14 – цапфа каретки; 15 – цапфи балансирів; 16 – гідроамортизатор; 17 – циліндр гідронатягача; 18 – палець гідронатягача; 19 – палець головки гідронатяжника; 20 – проміжна ланка; 21 – палець натяжного болта; 22 – натяжний болт; П – провисання ланцюга.

Напрядне колесо встановлене на колінчастій осі 5, яка з'єднана з механізмом натягування і амортизації. Гусеничний ланцюг натягується обертанням гайки 8, що повертає колінчасту вісь вперед. Коли колесо 3 натрапляє на перешкоду, воно стискає пружину 6 і відходить назад. Удари по колесу амортизуються пружиною, жорсткість якої регулюється гайкою 7.

Підтримуючі ролики запобігають значному провисанню гусеничного ланцюга і поперечним коливанням.

Гусениця – основна частина рушії. Яка являє собою замкнуту металеву стрічку, що складається з окремих ланок, з'єднаних між собою за допомогою пальців 9 (рис. 2) [2-4].

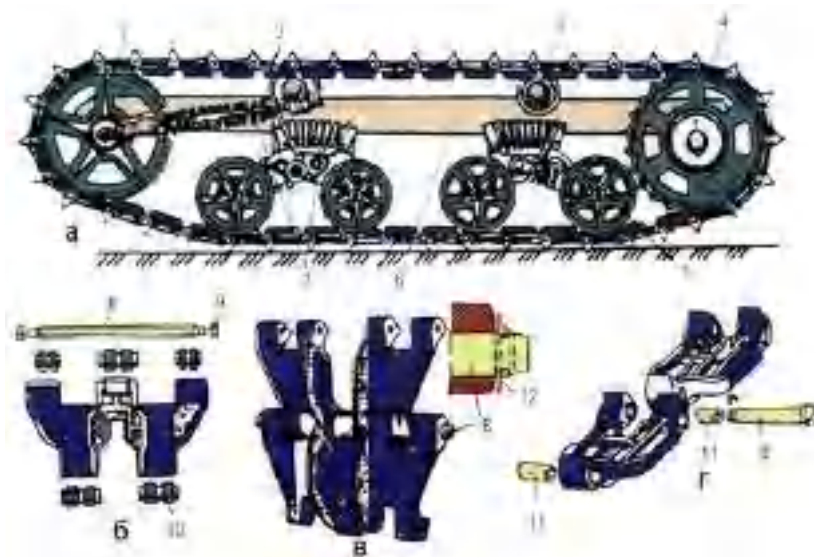


Рис. 2. Гусеничний рушій: а – еластична підвіска; б, в, г – типи гусениць; 1 – напрядне колесо; 2 – гусениця; 3 – підтримуючий ролик; 4 – ведуче колесо; 5 – опорний коток; 6 – рама; 7 – пружина (амортизатор); 8 – палець; 9 – гайка; 10 – гумометалева втулка (шарнір); 11 – металева втулка; 12 – стопорне кільце.

Ланки відливають з міцної, стійкої проти спрацювання, високо-марганцевої сталі. З одного боку ланка має три, з другого – чотири вушка з отворами, у які встановлюють пальці. Середнє вушко має потовщення і служить цівкою для зачеплення із зубцями ведучої зірочки. Під кожним вушком розміщено ґрунтозачеми. Частина ґрунтозачепів має вигин, що сприяє стійкості під час руху і кращому зчепленню, особливо по снігу.

На внутрішній поверхні ланки мають напрямні реборди (гребні) і бігові доріжки. Доріжками під час руху трактора котяться опорні котки балансирних кареток [2-4]. Реборди проходять поміж ободами напрямного колеса і утримують гусеницю, щоб вона не спадала під час руху трактора. Ланки гусениць по краях (знизу і зверху) мають ребра. У зчленуваннях бігових доріжок передбачено перекриття опорних поверхонь. Перекриття забезпечують плавне безударне перекочування опорних котків.

Балансирні каретки відлиті із сталі і мають складну форму (рис. 3). Внутрішній, коротший балансир з одним вушком встановлюють при монтажі

каретки ближче до середини трактора, між двома вушками зовнішнього балансира. Балансири шарнірно з'єднані між собою пустою віссю 3.

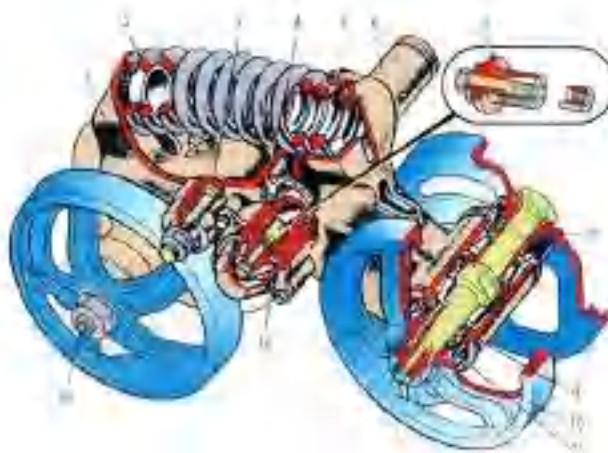


Рис. 3. Балансирна каретка: 1 – внутрішній балансир; 2 – пружина; 3 – вісь балансира; 4 – пробка маслозаливного отвору; 5 – зовнішній балансир; 6 – цапфа; 7 – цангова гайка; 8 – вісь котків; 9 – регулювальні прокладки; 10 – коток; 11 – защілювальний пристрій; 12 – пробка контрольного отвору рівня масла; 13 – корок.

На зовнішньому балансірі, на відміну від внутрішнього, є центральний отвір, в який запресовані сталі цементовані втулки. Цим отвором балансир вільно надітий на цапфу 6 поперечного бруса рами. Зовнішній балансир, а разом з ним і вся каретка утримуються від зміщення на цапфі рами упорною шайбою, притиснутою до торця цапфи цанговою гайкою 7 [2,3].

Поверхні тертя цапфи і втулок змащуються маслом, яке заливається в центральну порожнину зовнішнього балансира через отвір, закритий корком 4. Рівень масла перевіряють через контрольний отвір, який закривається корком 12.

У верхній частині балансірів є два литих чашоподібних заглиблення, куди входять кінці спіральної пружини – ресори. Пружина прагне розвести верхні кінці балансірів навколо осі коливання і опустити опорні котки до низу, а маса трактора опускає вісь і стискає пружину [3-5]. Таким способом вага трактора передається на котки і гусеницю через спіральну ресору, забезпечуючи еластичність підвіски трактора.

У нижній частині балансірів розміщені приливи з розточеними отворами, в яких на конічних роликів вальницях встановлено осі 8 опорних котків. На кінці осей, які виступають, напресовано опорні котки із сталі. Осі обертаються в конічних вальницях, зазор в яких регулюють прокладками 9, встановленими під фланцями корпусів защільника.

Вальниці змащують маслом, яке нагнітається через канал в осі, вихідний отвір якого закрито корком 13.

Коливання, які виникають під час руху трактора, пом'якшуються гідроамортизатором, установленим на передніх каретках у верхній частині балансірів [4].

Підвіска призначена для з'єднання остова трактора з гусеничними рушіями. Вона передає вагу трактора на опорні котки і гусениці і зменшує

поштовхи та удари, які виникають під час його руху по нерівностях ґрунту або дороги. Підвіски гусеничних тракторів поділяють на еластичні і напівжорсткі.

В еластичних підвісках (рис. 2, а) осі опорних котків з'єднуються з остовом трактора за допомогою пружин і важелів. Еластичні підвіски поділяють на незалежні і балансірні.

У незалежній підвісці кожен опорний коток має окремий пружний зв'язок з остовом, а у балансірній два або група опорних котків з'єднані з остовом за допомогою пружного зв'язку. Найпоширеніші на тракторах еластичні балансірні підвіски [4-6].

У балансірних підвісках осі опорних котків з'єднані системою балансірів і пружин у каретки, кожна з яких з остовом трактора зв'язана шарнірно через осі.

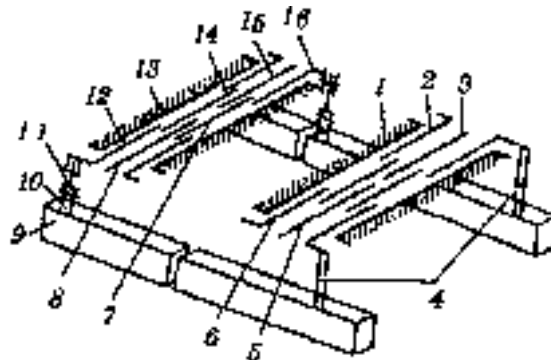


Рис. 4. Схема напівжорсткої торсійної підвіски: 1, 13 – задня і передня труби; 2, 6 – правий і лівий задні важелі; 3, 5 – правий і лівий задні торсійні вали; 4 – задні кронштейни; 7 – з'єднувальна втулка; 8, 15 – лівий і правий передні торсійні вали; 9 – рама візка; 10 – кронштейн; 11, 16 – лівий і правий шатуни; 12, 14 – лівий і правий передні важелі.

Еластична підвіска, порівняно з напівжорсткою, забезпечує кращу плавність ходу при русі трактора на підвищених швидкостях.

Підвіска трактора Т-70С напівжорстка, чотириточкова, з переднім і заднім підресорюванням чотирма торсійними валами 8, 15, 3, 5 (рис. 4), поперечно розміщеними по два спереду і ззаду в трубах 13 і 1, закріплених нерухомо на остові трактора.

Під час руху трактора нерівності опорної поверхні змушують гусеничні візки здійснювати коливання у вертикальній площині. При цьому поштовхи та удари зм'якшуються передніми і задніми торсійними валами, які працюють на скручування і зменшують коливання, що передаються на остов трактора [4].

На тракторах, які призначені для роботи на ґрунтах з низькою прохідною здатністю, звичайні гусеничні рушії не забезпечують нормальну прохідність машини. Тому для роботи в таких умовах застосовують спеціальні болотохідні трактори зі збільшеною опорною поверхнею гусениць, яка забезпечує середній питомий тиск у межах 23 – 27 кПа.

Опорну поверхню збільшують розширенням гусениці і подовженням бази трактора. Так, у болотохідного трактора ширина гусениці 670 мм. Поздовжню базу збільшують на 754 мм опусканням на ґрунт напрямних коліс, хоча при цьому погіршується маневровість трактора. Для усунення цього недоліку на

тракторі встановлено механізм примусового підймання та опускання напрямних коліс, який у разі потреби дає змогу швидко і легко проводити ці операції [4,5].

Рама трактора спирається на чотири підресорені каретки, опорні катки яких перекочуються по доріжках гусеничних ланцюгів. Кожна каретка складається з двох однакових балансирів, встановлених на цапфах. В отвір балансирів запресовані сталеві втулки. Від осьового переміщення балансир утримується шайбами, закріпленими на торці цапфи, яка входить в кільцевий паз, утворений зовнішнім торцем балансира. Тертьові поверхні цапф змащуються маслом, яке заливається через отвір в кришці. Для запобігання витікання мастила з внутрішньої сторони каретки встановлено торцеве ущільнення, уніфіковане з ущільнюванням опорних ковзанок.

У маточині балансирів на двох конічних підшипниках обертається вісь опорних ковзанок. Катки закріплені на осі шпонками і гайками. Між торцями балансира і ковзанок з обох сторін встановлено торцеве ущільнення, що складається з тертьових ущільнювальних сталевих кілець [5]. Рухоме кільце, від проворота стопорним стаканом, віджимається пружиною через гумове кільце, яке ковзає по внутрішній поверхні корпусу ущільнення, і притискається по торцю до нерухомого ущільнювального кільця на маточині ковзанки. Воно ущільнене гумовим кільцем і захищене від провертання штифтом. Для захисту від бруду встановлений лабіринт.

У верхній частині балансирів є циліндричні пружини, що пом'якшують поштовхи при наїзді трактора на перешкоду. На передніх каретках розташовуються гідроамортизатори. Необхідно вчасно перевіряти рівень масла в опорних катках і в порожнинах цапф балансирів [4-6]. Масло заправляється нагнітачем до повного виходу повітря з внутрішніх порожнин і появи його з зазору між наконечником маслonaгнетателя і стінкою каналу.

На тракторах останніх випусків встановлюються посилені осі, у яких радіальні отвори подачі і повернення мастила перенесені з посадкових шийок ковзанок у середню частину. Осі старої конструкції можна встановлювати в комплекті тільки з такими катками, на маточині яких виконані косі свердління.

Гусеничний ланцюг складається з 47 ланок, що мають розширену бігову доріжку і змінену цівку [4-6]. Пальці ланок мають виштампувані головки, що встановлюються із зовнішньої сторони ланок і перешкоджають виходу пальців в бік обшивки трактора. З внутрішньої сторони пальці утримуються від випадання шайбами і пружинними кільцями.

Необхідно стежити за станом стопорних кілець на пальцях гусениці. Після заміни пальців треба обжати кільця. Гусеницю слід своєчасно очищати від бруду і не допускати утворення затверділих грудок землі на ланках. Грудки, що знаходяться між ребрами ланок, порушують прямолінійне укладання бігової доріжки; катки, рама трактора і інші механізми зазнають ударів.

Періодично, встановивши трактор на рівній твердій майданчику, слід перевіряти натяг гусеничного ланцюга. Провисання її між підтримуючими роликами має бути 40-60 мм [5,6]. Для визначення величини провисання на головки пальців ланок під підтримуючими роликами встановлюють на ребро

лінійку і вимірюють відстань від ребра лінійки до верхньої кромки головки пальця найбільш опущеної ланки. Натяг гусениці проводять тільки за допомогою циліндра, не порушуючи довжини попередньо стиснутої пружини (до розміру 525 мм) і положення проміжної ланки; упор на проміжній ланці з боку лонжерона повинен упиратися в кронштейн ланки на рамі.

Для натягу гусениці важільним шприцом через маслянку треба подати консистентне мастило в робочу порожнину циліндра. Якщо гусеничний ланцюг витягнувся настільки, що колінчастий вісь впирається в упор на рамі і вже не може дотягнути гусеницю до нормального провисання, потрібно роз'єднати ланцюг і видалити одну ланку з пальцем [5,6]. Пальці, зношені до 4 мм, замінити. При невеликому односторонньому зносі зуба допускається перестановка провідних коліс («зірочок») з одного боку на інший. Якщо порушилася прямолінійність руху трактора (в результаті неоднакового подовження правої і лівої гусениць через нерівну вироблення їх шарнірів при роботі зі зміщенням плуга), поміняти гусениці місцями, зберігши принцип «штовхає» зачеплення і зовнішнє становище головок пальців.

Висновок. Сільськогосподарська техніка, зокрема гусеничні трактори, є ключовим елементом у забезпеченні ефективного аграрного виробництва, здатного працювати в складних умовах, таких як болота та важкі ґрунти. Гусеничний рушій є важливою частиною тракторів, забезпечуючи необхідну прохідність і передачу зусилля через систему ланок і опорних елементів. Підвіска гусеничних тракторів відіграє значну роль у забезпеченні плавності ходу, знижуючи вплив ударів і коливань на техніку. Важливою є також оптимізація конструкції гусениць та підвіски для підвищення ефективності роботи в умовах поганого покриття ґрунту. Оновлення та модернізація цих систем дозволяють значно покращити продуктивність і безпеку роботи сільськогосподарської техніки.

Список використаної літератури

1. Ремонт сільськогосподарської техніки: веб-сайт. URL: <https://www.promstan.com.ua/ua/services/remont-tehniki/selskohozhajstvennoj> (дата звернення 26.02.2025).
2. Сервісне обслуговування будівельної дорожньої та сільськогосподарської техніки від "ETS": веб-сайт. URL: <https://ets-group.com.ua/ua/service> (дата звернення 20.02.2025)
3. Скрипник В. І. Розробка, виробництво, конструктивні особливості нової сільськогосподарської техніки: навчальний посібник. Київ: Літера ЛТД. 2019. 257с.
4. Організаційні форми використання сільськогосподарської техніки: веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com.ua/organizaciyni-formi-vikoristannya-silskogospodarskoyi-tehniki> (дата звернення 10.03.2025).
5. Ремонт сільськогосподарської техніки в Україні: веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com.ua/organizaciyni-formi-vikoristannya-silskogospodarskoyi-tehniki> (дата звернення 10.03.2025).

6. Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б., Труханська О.О. Технічний сервіс в АПК: навчальний посібник Т. 1. Вінниця: ВНАУ. 2019. 648 с.

Артем ЯЦИШЕН⁴⁸,
студент 1-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Анотація. У статті розглянуто питання по забезпеченню заходів безпеки під час вирощування сільськогосподарських культур. Основна увага приділяється аналізу сучасних методів захисту рослин, екологічним аспектам безпеки, а також нормативно-правовій базі, що регулює безпеку аграрного виробництва.

Ключові слова: безпека, вирощування, точність, дослідження, розвиток, ефективність, продуктивність.

Annotation. The article deals with the issues of security measures during growing crops. The main focus is on the analysis of modern methods of plant protection, environmental aspects of safety, as well as the regulatory framework that regulates the safety of agricultural production.

Key words: safety, cultivation, accuracy, research, development, efficiency, productivity.

Вступ. Вирощування сільськогосподарських культур є одним із найважливіших напрямів господарської діяльності людини, який забезпечує продовольчу безпеку та економічний розвиток держави.

Проте процес агровиробництва пов'язаний із численними ризиками, серед яких важливе місце займає безпека виробничих процесів [1].

Сучасні методи ведення сільського господарства часто передбачають використання хімічних речовин та технологічних засобів, що можуть негативно впливати на довкілля та здоров'я людини.

У сучасних умовах інтенсивного ведення сільського господарства питання забезпечення безпеки при вирощуванні сільськогосподарських культур набуває особливої актуальності. Зростання масштабів аграрного виробництва, застосування хімічних засобів захисту рослин, використання техніки та біотехнологій суттєво підвищує ризики як для довкілля, так і для здоров'я людини. Тому дослідження та впровадження ефективних заходів безпеки є

⁴⁸Науковий керівник – Труханська О.О., кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

надзвичайно важливим як з точки зору екологічної сталості, так і для забезпечення продовольчої безпеки.

Крім того, кліматичні зміни, зростання частоти екстремальних погодних явищ та деградація природних ресурсів вимагають впровадження адаптивних, безпечних і технологічно обґрунтованих агропрактик. Забезпечення належного рівня безпеки у вирощуванні культур дозволяє не лише зберегти природне середовище, а й підвищити якість та конкурентоспроможність вітчизняної сільськогосподарської продукції [2].

У даній статті проаналізовано основні підходи до забезпечення безпеки аграрного виробництва та запропоновано шляхи оптимізації існуючих методів захисту рослин [2].

Виклад основного матеріалу. Хвороби рослин становлять серйозну загрозу для навколишнього середовища і завдають значних збитків сільському господарству. Тому важливо ефективно боротися із захворюваннями посівів за допомогою своєчасної профілактики та лікування.

Велика площа сільськогосподарських угідь та різноманітність хвороб рослин створюють додаткові труднощі для фермерів. До того ж лікувальні заходи можуть не дати очікуваного ефекту на пізніх етапах захворювання. Саме тут на допомогу аграріям приходять сучасні технології, що дозволяють значно швидше реагувати на загрози здоров'ю посівів та ефективніше боротися з хворобами сільськогосподарських культур [1, 3].

Однією з таких технологій є внесення пестицидів, які використовують проти шкідників, збудників хвороб рослин, бур'янів і шкідливих організмів, що спричиняють псування сільськогосподарської продукції, матеріалів, виробів, а також проти паразитів і переносників небезпечних хвороб людини й тварин [3].

Окрім того, часто пестициди потрапляють у навколишнє середовище - ґрунт, повітря, водні басейни; знищують корисну фауну, бджіл, комах запилювачів, переносяться на суміжні посіви, які не обробляють (рис. 1) [4].

Щоб уникнути нещасних випадків при роботі з хімічними засобами захисту рослин, необхідно суворо дотримуватися всіх заходів безпеки які включають [5]:

- роботи з пестицидами мають проводити особи старші за 18 років;
- працівники, які залучаються до роботи з отрутохімікатами, повинні проходити попередній медичний огляд, інструктаж з техніки безпеки праці, пожежної безпеки та надання першої медичної допомоги у випадках нещасних випадків;
- усі працівники, що працюють з отрутохімікатами, повинні мати дозвіл на право виконання робіт з пестицидами та агрохімікатами;
- обов'язкове забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, до яких входять: спецодяг (комбінезон, халат, рукавиці), спецвзуття, респіратори та захисні окуляри;
- робота з отрутохімікатами повинна здійснюватися під керівництвом спеціалістів із захисту рослин або агрономів, які мають підготовку щодо заходів безпеки;

- під час роботи забороняється приймати їжу, пити або палити;
- тривалість роботи з отрутохімікатами не повинна перевищувати 6 годин на день, а при роботі з сильнодіючими отрутами 4 години.



Рис. 1. Внесення пестицидів [2].

З початком проведення весняно-польових робіт в агропромисловому комплексі значно зростають обсяги та інтенсивність виконання відповідних технологічних операцій, пов'язаних із посівною компанією. Зокрема, зростає кількість осіб, що беруть участь у виробництві, у тому числі за рахунок тимчасово залучених, збільшується кількість задіяної техніки, тривалість сільськогосподарських робіт протягом доби тощо. Цей травмонебезпечний період в сільськогосподарському виробництві зумовлений максимальним напруженням, перенасиченістю праці, що призводить до помилкових дій, нехтування безпекою та відсутністю належного контролю за безпечним виконанням робіт з боку інженерно-технічного персоналу [3, 4].

Під час виконання цих робіт працівники виконують комплекс заходів із використанням мінеральних добрив, гербіцидів та протруювачів, які застосовуються для підживлення посівів, протруювання й транспортування насіннєвого матеріалу, а також під час сівби. Ці процеси пов'язані з використанням отрутохімікатів. Тому керівникам і спеціалістам підприємств перед початком весняно-польових робіт необхідно посилити профілактичні заходи щодо запобігання виробничому травматизму у поточному році, організувавши діяльність відповідно до Правил охорони праці в сільськогосподарському виробництві (НПАОП 01.0-1.02-18) [3].

Правильне використання мінеральних добрив, гербіцидів, протруювачів та інших хімічних речовин в аграрному виробництві вимагає суворого дотримання вимог охорони праці, передбачених чинними нормативно-правовими актами та інструкціями з техніки безпеки [3].

Хімічні речовини, що застосовуються в сільському господарстві, мають високу активність, здатні негативно впливати на організм людини, навколишнє середовище, а також забруднювати ґрунти, воду і повітря. Отже, під час роботи з ними необхідно:

- дотримуватися дозування, рекомендованого виробником;

- застосовувати хімічні речовини в оптимальні строки з урахуванням погодних умов і стадії розвитку культур;
- використовувати засоби індивідуального захисту (респіратори, окуляри, рукавички, спецодяг тощо);
- здійснювати підготовку та інструктаж працівників, які працюють з агрохімікатами;
- забезпечувати спеціальні умови для зберігання хімічних речовин, ізольовані від продуктів харчування, води та кормів;
- проводити обробку препаратами у визначену годину доби (переважно вранці або ввечері), уникаючи високих температур та сильного вітру;
- здійснювати утилізацію залишків та тари відповідно до вимог екологічної безпеки;
- регулярно проходити медичні огляди працівників, які контактують із небезпечними речовинами.

Недотримання цих вимог може призвести до отруєнь, алергічних реакцій, довготривалих негативних наслідків для здоров'я, а також штрафних санкцій.

Таким чином, ефективність аграрного виробництва повинна поєднуватися з відповідальним і безпечним використанням хімічних засобів, що гарантує не лише високу врожайність, а й збереження здоров'я працівників і навколишнього середовища.

Вимоги безпеки під час обробітку ґрунту, сівби, садіння і догляду за посівами включають:

1. Роботи, пов'язані з підготовкою мінеральних добрив до внесення у ґрунт, треба здійснювати за допомогою механізмів, оснащених пристроями для зниження пилоутворення. Працівники мають використовувати відповідний спецодяг, спецвзуття та засоби індивідуального захисту органів дихання та зору.

2. Не дозволяється готувати розчини пестицидів безпосередньо в полі без засобів механізації.

3. Працівникам не дозволяється перебувати у зоні можливого руху маркерів або навісних машин під час розвертання машинно-тракторних агрегатів.

4. Під час руху агрегату не допускається одночасне обслуговування одним працівником двох або більше сівалок.

5. Завантаження сівалок і садильних машин насінням, садильним матеріалом та добривами має бути механізованим. Ручне завантаження дозволяється лише за умови зупинення посівного або садильного агрегату та вимкнення двигуна трактора.

6. Заміну, очищення і регулювання робочих органів навісних машин і знарядь, які підняті, потрібно проводити тільки спеціальними чистками в рукавицях із зупиненим, загальмованим агрегатом та вимкнутим двигуном і вжиттям заходів, що запобігають їх самовільному опусканню.

7. Працівникам заборонено підніматися на або спускатися з машин під час їх руху.

8. Не дозволяється сівачам працювати на навісних сівалках [5].

У разі групового методу збирання до складу збирально-транспортних загонів необхідно включати спеціалізовані автомобілі з насосами (рідинорозкидачі, водороздавачі та інші), що пристосовані для гасіння пожеж зернових.



Рис. 2. Схема процесу сівби [5].

Також важливою частинною у вирощуванні сільськогосподарських культур є збирання врожаю. До початку збирання врожаю вся збиральна техніка, агрегати та автомобілі повинні мати відрегульовані системи живлення, змащення, охолодження, запалювання, а також бути оснащені справними іскрогасниками, обладнані первинними засобами пожежогасіння [6].

Безпосередньо на хлібному масиві площею понад 25 га, з якого збирається врожай, необхідно мати наготові трактор з плугом на випадок пожежі.

Корпуси комбайнів повинні бути оснащені заземлювальним металевим ланцюгом, що торкається землі (рис. 3).

Збиральну техніку необхідно регулярно перевіряти на щільність з'єднання вихлопної труби з патрубком випускного колектора та колектора з блоком двигуна. У разі появи ознак пробивання прокладок роботу слід припинити до їх заміни. Трактори, комбайни та інші самохідні машини, обладнані електричним пуском двигуна, повинні мати вимикач для відключення акумулятора від споживача струму. Клеми акумулятора, стартера дистанційного електромагнітного пускача та генератора повинні бути захищені від потрапляння на них струмопровідних предметів, їх електропроводка повинна бути справною і надійно закріпленою [7].



Рис 3. Збирання врожаю зернових [7].

Висновок. Дослідження заходів безпеки при вирощуванні сільськогосподарських культур є надзвичайно важливим для забезпечення здоров'я та безпеки працівників аграрного сектору.

Правильне використання мінеральних добрив, гербіцидів, протруювачів та інших хімічних речовин вимагає суворого дотримання правил охорони праці, передбачених чинними нормативними документами.

Ефективність аграрного виробництва повинна поєднуватися з відповідальним і безпечним використанням хімічних засобів, що гарантує не лише високу врожайність, а й збереження здоров'я працівників і навколишнього середовища.

Здійснення систематичних профілактичних заходів, навчання персоналу та контроль за дотриманням техніки безпеки під час виконання польових робіт сприяє зниженню ризику виробничого травматизму. Впровадження сучасних технологій та ефективна організація праці забезпечують не лише підвищення продуктивності, але й покращення умов праці в аграрному виробництві.

Список використаної літератури

1. Спірін А.В. Твердохліб І.В, Омелянов О.М. Безпека праці та життєдіяльності: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ. 2020. 306 с.

2. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 р. № 1264-XII (поточна редакція – 03.04.2018р.): веб-сайт. URL: <http://search.ligazakon.ua>. (дата звернення 23.03.2025).

3. Заходи безпеки при роботі з пестицидами: веб-сайт. URL: <URL:https://consumerhm.gov.ua/1059-zakhodi-bezpeki-pri-roboti-z-pestitsidami> (дата звернення 23.03.2025).

4. Внесення в польові умови водорозчинних добрив, пестицидів або гербіцидів: веб-сайт. URL: <https://www.istockphoto.com/uk> (дата звернення 23.03.2025).

5. Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1090-18#Text> (дата звернення 23.03.2025).

6. Інфографіка посівної, хід сівби: веб-сайт. URL: <https://agravery.com/uk/posts/show/zaversenna-posivnoi-hid-sivbi-vidobrazili-v-infografici> (дата звернення 23.03.2025).

7. Про правила безпеки життєдіяльності під час збирання врожаю: веб-сайт. URL: http://depczn.zoda.gov.ua/?page_id=1326 (дата звернення 23.03.2025).

Михайло КАРПЕНКО⁴⁹,
студент 3-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ І МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ СОЛОМИ КОЛОСОВИХ КУЛЬТУР

***Анотація.** Робота присвячена аналізу технологій і методів переробки соломи колосових культур. Проведено огляд та наліз сучасних конструкцій подрібнювачів соломи. Значна увага приділена процесу сепарування подрібнених залишків.*

***Ключові слова:** технології, методи, колосові культури, процес сепарування, подрібнювачі соломи.*

***Annotation.** The work is devoted to the analysis of technologies and methods of processing straw of eared crops. A review and analysis of modern designs of straw shredders is carried out. Considerable attention is paid to the process of separation of shredded residues.*

***Key words:** technologies, methods, cereal crops, separation process, straw choppers.*

Вступ. При вирощування різних колосових культур зерно вибирається з поля комбайнами, а соломиста частина колосся подрібнюється й розкидається по полю для подальшого закладення в ґрунт. Потрібно вносити до 15 кг. мінеральної речовини азоту, що в перерахуванні на 1 га становить до 150 кг. азотних добрив. Ці дії необхідно робити для ефективності гуміфікації 1 т. наробленої в ґрунт здрібненої соломи. Надлишки соломистої маси, що залишається на полі, вимагають використання додаткових обсягів мінеральних добрив, що суттєво й безпідставно здорожує традиційну технологію використання пожнивних залишків.

Також відомо, що енергія рослин у зернових колосових культурах розподіляється в такий спосіб: у товарному зерні 67.70%, у соломі 8...9%, У соломистої частини колосся до 25%. Таким чином, до чверті енергії рослин непродуктивно губиться.

Виклад основного матеріалу. Солома є поновлюваним сировинним ресурсом. Солома, яка є сьогодні відходом виробництва продукції рослинництва, не використовується у повному обсязі [3, 5]. Соломиста частина врожаю колосових культур може бути дешевою сировиною для виробництва підстилкового матеріалу для вирощування птаха.

На даний момент часу не існує технічних засобів для переробки соломистої

⁴⁹Науковий керівник – Шаргородський С.А., кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

підстилки в рентабельний продукт. Не визначені й не обґрунтовані технічні засоби, що визначають дану технологію, їх ефективність використання, показники якості й економічні показники їх застосування.

Розглянемо різні методи й технології переробки врожаю колосових культур, у ході яких утворюється соломиста частина.

Збирання зерна колосових культур з поділом соломистого матеріалу на стаціонарі з вологістю зернополовистої суміші не більш 15 - 16 %. Внаслідок чого, виникає проблема сушіння полови. Тому використання даного методу доцільно при збиранні зерна й насін'я із кондицією для післязбиральною обробкою, що виключає додаткове сушіння соломистого матеріалу. Такий режим збирання використовується в цей час в основних регіонах по виробництві зерна.

Застосування технології зі збором половисто-зернового матеріалу й поділу його на стаціонарі на збиранні хлібів підвищеної вологості обмежене, тому що виникають проблеми з вологим матеріалом при його нагромадженні й обробці на стаціонарі, а також необхідність доведення до кондиційної вологості полови, що закладається на зберігання, з метою виключення її псування. Залежно від погодних умов технологія застосовна при вологості зерносоломистої маси не вище 17 %.

На основі вищевикладеного можна зробити наступні висновки:

- виробництво м'ясо птаха відіграє важливу роль у розв'язку проблеми забезпечення населення м'ясною продукцією;
- найбільше поширення одержала технологія підлогового утримання птаха на глибокій підстилці, де важливе значення має підстилковий матеріал для природнього утримання птаха й зниження можливості захворювання птаха;
- основною сировиною для підстилки є тирса, стружка, які є дефіцитним товаром особливо для птахофабрик, що особливо перебувають в областях з малим змістом лісових масивів;
- альтернативною сировиною для виробництва підстилкового матеріалу для вирощування бройлерів може бути соломистий матеріал. При цьому кінцевий продукт повинен задовольняти певним технологічним показникам.

На основі досліджень, проведених вченими раніше і виробничих вимог до вирощування птаха виявлені наступні показники якості до підстилки із соломистого матеріалу:

- довжина різання - 80-120 мм;
- зміст основної фракції до 75%;
- процентний вміст пилоподібної фракції не більш 3%;
- зміст дрібної фракції не більш 5%;
- відсутність патогенної мікрофлори;
- низкою питомою енергоємністю до 30-40 кВт;
- продуктивністю до 9 т/год.

Необхідно провести аналіз основних конструкцій машин вітчизняного й закордонного виробництва, які можливо застосовувати для переробки соломи.

Є велика кількість сучасних силосозбиральних комбайнів, соломо подрібнювачів, силосорізок. Це пов'язано з різним комбінуванням у їх схемах

відомих робочих органів і вузлів, різними способами їх агрегування з енергетичними засобами.

Барабанний і дисковий ріжучий апарат характеризуються примусовою подачею маси під ніж подаючими вальцями. Теоретична довжина різання залежить у цьому випадку від швидкості подачі маси, положення стебел щодо леза ножа, швидкості різання, кількості ножів. Відзначено, що ці подрібнюючі апарати забезпечують задовільну рівномірність різання. Подрібнювачі, із примусовою подачею маси, характеризуються тим, що дійсна довжина різання відхиляється від теоретичної на величину, що залежить від прослизання вальців відносно стебел, що подаються. Крім зазначених положень, помітний вплив на довжину різання виявляє початкова довжина стебел, продуктивність подрібнювача, вологість стебел і цілий ряд інших параметрів.

Подрібнювачі з барабанним ріжучим апаратом мають гвинтоподібні вигнуті ножі, закріплені на поверхні барабана, їх відносять до системи Салмона. У дискових ріжучих апаратах ножі на них прикріплені до спиць маховика, їх прийнято вважати подрібнювачами англійського типу системи Лестера.

Процеси подрібнення сіна й кормової соломи відрізняються числом і змістом операцій залежно від способу зберігання й призначення корму. Солому звичайно зберігають у скиртах неподрібненою, або ж після комбайнового подрібнення, сіно неподрібнене — також у скиртах розсипом або в тюках, подрібнене - у безбаштових сховищах.

Розрізняють наступні типи ріжучих апаратів як барабанні й дискові машини. Ніж з різним кутом загострення (120-350) є робочим органом у даних машинах і кут загострення міняється залежно від призначення машини. Ножі можуть бути як із прямим лезом так і із криволінійною поверхнею. Січкарні використовують для подрібнення грубих кормів, для корнеклубнеплодів - коренерізки, а для зеленої маси - траворізки й силосорізки. Універсальність машин дозволяє використовувати їх для подрібнення грубих кормів і силосної маси (соломосилосорізки).

Солома комбайнового подрібнення при навантаженні її зі скирти фуражиром ФН-1,2 або навантажувачем ПСК-5 у своєму складі має лише 40-50% часток до 50 мм, а середня довжина різання 60-90 мм. Тому при підготовці соломи для змішування з іншими кормами її доподрібнюють на стаціонарних подрібнювачах: штифтових - ИГК-30, ИГК-30Б, ріжучих - РС.С-6, РС.С-6Б, «Волгарь-5», молоткових - КДУ-2, АПК-Ю, ДК-4 і ін.

Суху солому вологістю до 10-12% краще подрібнювати в штифтових подрібнювачах. З підвищенням вологості якість подрібнення й розщеплення стебел знижується. В осінньо-зимові й весняні місяці солома в скиртах «відходить», та підвищується її вологість.

Подрібнювач ИГК-30Б (рис. 1.1.) може працювати із приводом від ВВП трактора МТЗ-50 як навісний або на стаціонарі із приводом від електродвигуна. ИГК-30Б може подрібнювати солому вологістю до 28 % без відчутного зниження якості, має пристосування для видалення з корму сторонніх предметів, пристосований для механічного завантаження, наприклад мобільним

кормораздавачем КТУ-10. Сторонні домішки видаляють у проміжку $A = 300$ мм між транспортером і камерою подрібнення. Солома із транспортера втягується в камеру повітряним потоком, створюваним ротором, а більш важкі включення падають униз.

Продуктивність подрібнювача залежить від виду корму, його вологості, величини й рівномірності подачі. При вологості соломи 9-10 % продуктивність досягає паспортної - 3 т/год. Якщо подрібнюють солому вологістю більш 18%, треба зменшити висоту шару соломи на живильному транспортері, що запобіжить перевантаженню двигуна й руйнування запобіжної муфти.

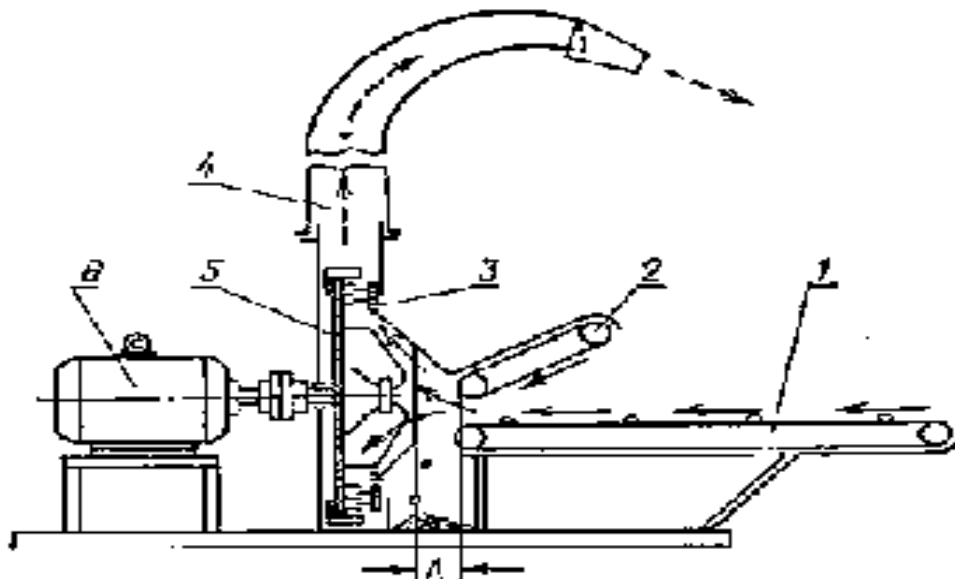


Рис. 1. Технологічна схема подрібнювача:

1, 2 - транспортери, подаючий та притискний; 3, 5 - нерухомий та рухомий диски зі штифтами; 4 - дефлектор; 6 - електродвигун.

Таблиця 1. Технологічні характеристики подрібнювачів грубих кормів.

Показники	ИГК-30Б	РСС-6Б	ДК-4	ИРТ-165
Тип робочого органа	Штифтовий	Ножовий	Молотковий	
Продуктивність, т/год	3,0	3,0	3,5 4,5	5 - 15
Установлена потужність електродвигуна, кВт	30	20	34	75
Окружна швидкість, м/с	42 - 48	22 - 40	76	60
Маса, т	1,35	1,29	0,8	4,2

При вологості соломи більш 20% необхідно зменшити швидкість транспортера живильника, для цього зірочки потрібно переставити так, щоб на первинному валу редуктора була встановлена зірочка 15 зубів, а на проміжному 20 зубів.

Подрібнювач укомплектовано 25 лопатками, які встановлюють при здрібнюванні вологої соломи й знімають, якщо солома суха. Лопатки на роторі ставлять так, щоб число штифтів між сусідніми лопатками було однаковим по обидва боки: по зовнішньому ряду - 19, по внутрішньому - 9. Стрижні штифтів,

до яких кріплять лопатки, повинні виступати за межі гайок із пружинними шайбами не менш ніж на одну нитку.

При роботі ИГК-30Б на стаціонарі із приводом від електродвигуна контроль над завантаженням ведуть по амперметру максимальне відхилення стрілки не повинне перевищувати 55 А (на шкалі відзначене червоною рисою).

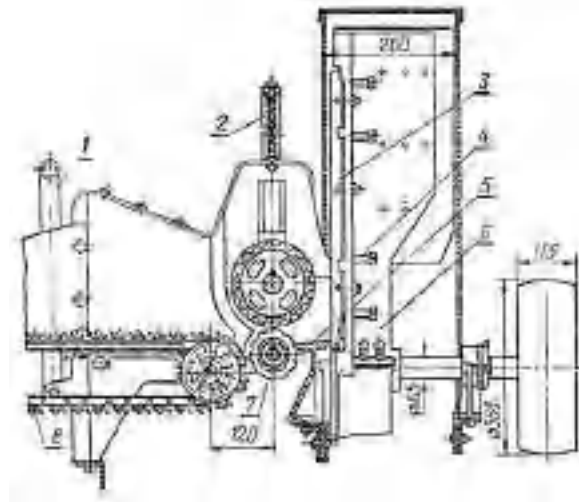


Рис. 2. Соломосилосорізка РСС-6:

1 - скоба керування; 2 - пружина; 3 - ніж; 4 - регулювальні гвинти; 5 - протиріжуча пластина;
6 - лопать; 7- нижній живильний валець; 8- транспортер.

Соломо силосорізка РСС-6 може служити й у якості силосорізки. Даний апарат (рис. 2) складається з рами з колісним ходом живильного транспортера, живильних вальців ріжучого апарата, механізму приводу відвідних труб з дефлектором. Робочий орган січкарні виконаний у вигляді дволопатевої крильчатки, закріпленої на головному валі та несучого два ножі із криволінійним лезом. Ножі кріпляться до бічних площин крильчатки за допомогою болтів. Величину зазору ріжучої пари ніж - протиріжуча пластина регулюють, змінюючи положення леза ножа щодо вертикальної площини за допомогою регулювальних гвинтів 4. Крильчатка обертається в кожусі, до патрубків якого приєднують відвідні труби для здрібненого продукту.

Механізм подачі складається із планчастого транспортера 8 і вальців 7, з яких верхній виконаний плаваючим у вертикальній площині в напрямних прорізах боковин горловини. Механізм приводу складається із трьох пар циліндричних шестірень, ланцюгової передачі й механізму перемикання, виконаного у вигляді храпової муфти, переміщуваної по проміжному валові уздовж шпонки за допомогою скоби керування й важільної системи. Муфта входить у зачеплення з однією з вільно сидячих на валу конічних шестірень, що передають обертання великій конічній шестірні довгого проміжного валу. При зміні позиції храпової муфти міняється напрям обертання механізму подачі. У нейтральному положенні муфти механізм подачі виключений. Привід січкарні РСС-6 здійснюється від валу відбору потужності трактора або від електродвигуна. Модернізована соломосилосорізка РСС-6А обладнана власним електродвигуном і клиноремінною передачею. Довжина різання залежить від пар

змінних шестірень, що перебувають у зачепленні. Три пари змінних шестірень дозволяють одержати шість довжин різання: 6, 15, 20, 25 і 27 мм.

Соломосилосорізка РСС-6 випускається із власним електродвигуном і у варіанті із приводом від ВОМ трактора. РСС-6 має дисковий ріжучий апарат із шістьма плоскими ножами із прямим, корегованим лежнем. Живильне обладнання представлене нижнім і верхнім плаваючим транспортерами подачі й парою підпресовуючих живильних валиків. Довжина різання (10, 15, 20-40, 30-60 і 120 мм) регулюється зміною шестірень у приводі живильного обладнання й зняттям ножів з диска. Для відводу різання диск має три лопати.

Соломосилосорізка РСБ-3.5МЧ (рис. 3) складається з рами, барабанного подрібнювача, що харчує й передавальних механізмів. Барабан має шість ножів. Для регулювання зазору між ножем і протиріжучою пластиною останню кріплять болтами через овальні прорізи. Кут заточення ножів 16°. Довжину різання регулюють зміною шестірень і зняттям трьох ножів з барабана. Машина забезпечує різання довжиною 2, 8, 14, 20, 28 і 40 мм. Можливість різання довжиною 2 і 8 мм дозволяє використовувати машину для різання трави на птахівницьких фермах.

Нормальна гострота леза повинна становити 20-45 мкм. При зношуванні до 120-150 мкм ножі вважаються тупими: зростає витрати енергії на різання.

Соломосилосорізка РСС-6Б приводиться в дію від ВОМ трактора або від електродвигуна потужністю 20 кВт через клиноремінну передачу. Конструкція транспортера-живильника РСС-6Б також дозволяє механізувати завантаження машини механізмом КТУ-10. Продуктивність на соломі 3-3,5 т/год, на зеленій масі 13-14 т/год. При подачі соломи озимої пшениці вологістю 10% із продуктивністю 3,5 т/год у подрібненій масі виявилося часток до 20 мм 41,3%, 20-40 мм - 28,3 % і більш 40 мм - 29,3 % при середній довжині різання 40 мм.

Соломиста сировина активно застосовується для заготовки різних кормових добавок для потреб тваринництва. Солому подрібнюють на борошно, яке переміщується з кормами, який подається худобі. В основному в універсальних молоткових дробарках КДУ-2 з решетами 3-4 мм.

На продуктивність дробарки і якість подрібнення сіна на борошно суттєво впливає також вологість вихідного продукту. У зв'язку із цим сіно, призначене для використання у вигляді борошна, слід зберігати у вентильованих вежах, або скиртах, або в спеціальних сховищах, наприклад безбаштового типу, у які завантажують пров'ялену траву бобових вологістю 40-45% і досушують активним вентильованням підігрітим повітрям.

Для механізації всіх операцій, пов'язаних з готуванням сінного борошна, доцільно використовувати мобільні кормороздавачі КТУ-10 для завантаження дробарок. Сіно зі скирти у кузов кормороздавача завантажують грейферним навантажувачем ПЕ-0,8 або одним із фрезерних навантажувачів - ФН-1,2 або ПСК-5. Враховуючи малу подачу маси в дробарку, КТУ-10 слід обладнати електроприводом для роботи на стаціонарі. Для цього можна використовувати електродвигуни потужністю 4,6 кВт і редуктори РЧ-180-370.

Подрібнювач грубих кормів ИГК- 30Л застосовується для різання соломи

з розщепленням стебел уздовж волокон. Подрібнювач складається з рами 9, кожуха 3, відводу, приставного стола 7 і робочого органа з вильчатим живильником.

Робочим органом є ротор із трьома поясами штифтів. Дані штифти обертаються в просторі з нерухливою декою із двома поясами штифтів. Ротор установлений на валу, а привід від трактора або від електродвигуна. Вилоподібні била, укріплені на валу, у ході роботи проштовхують соломку, що надходить у камеру живильника із приставного стола, до лопат ротора. Лопати переміщують матеріал до периферії ротора в зону подрібнення, де вона розмелюється штифтами й викидається по відвідній трубі. Висота подачі досягає 7-8 м. Продуктивність 3 т/год, потрібна потужність до 18 кВт при $16,7 \text{ с}^{-1}$ ротора.

Подрібнювач ИГК-30Б є вдосконаленою модифікацією ИГК- 30А и випускається в націпному й стаціонарному виконанні. Навісний ИГК-30Б працює на тракторах ХТЗ і ЮМЗ-6Л; стаціонарний - від електродвигуна потужністю 30 кВт. Робочий орган — дисковий штифтовий, як і в ИГК-30Л. Вильчатий живильник замінений ланцюгово - планчатими транспортерами.

Продукт, що підлягає здрібнюванню, надходить у прийомну камеру. У ній відділяються сторонні предмети, які під дією власної ваги випадають у вікно камери. Корм захоплюється ротором і надходить у подрібнюючий простір дробильної камери. Здрібнений продукт викидається лопатками ротора через дефлектор у транспортні засоби. Продуктивність ИГК-30Б на пшеничній соломі вологістю не вище 14% становить 3 т/год, а вологістю до 35%-0,8 т/год. Робочі обороти націпного подрібнювача - 906 у хв., стаціонарного - 1320. ИГК-30Б забезпечує висоту вивантаження 3350 мм.

Висновки. За результатами проведеного аналізу виявлено, що існує наступна проблема по зниженню собівартості м'яса птахів та поліпшення технології підлогового утримання птахів. Розв'язок даної проблеми можливо шляхом використання соломи колосових культур як підстилки. При цьому перероблена солома повинна відповідати певним технологічним вимогам утримання птаха. На даний момент існує комплекс машин, призначених для подрібнення соломистої частини й стеблових кормів. Проведений аналіз пневмосепараторів зернової купи для фракціонування й відділення пилоподібної фракції на основі аеродинамічних властивостей. Проведений аналіз технічних засобів виявив, що на даний момент не існує машин і технологічних ліній, у яких би сполучалися основні операції необхідні для переробки соломи (транспортування, подрібнення, повітряне фракціонування). Не існує машини, яка б забезпечувала одержання підстилкового матеріалу із соломи із заданими показниками якості (довжина різання, фракційний склад, наявність дрібних домішок)

Список використаної літератури

1. Tsai Y.H. Effects of nanosize zinc oxide on zinc retention, eggshell quality, immune response and serum parameters of aged laying hens. *Animal Feed Science and Technology*: scientific journal. 2016. Vol. 213. P. 99-107.
2. Mishra A. Growth performance and serum biochemical parameters as affected by nano zinc supplementation in layer chicks. *Indian Journal of Animal Nutrition*: scientific journal. 2014. Vol. 31, Issue 4. P. 384-388.
3. Jain N., Ottino J.M., Lueptow R.M. Effect of interstitial fluid on a granular flowing layers. *J. Fluid Mech*: scientific journal. Vol. 508. 2004. С. 23–44.
4. Бойко І.Г., Скорик О.П., Русалев О.М., Щур Т.Г. Аналіз конструкцій дозаторів сипучих кормів безперервної дії і основні напрямки їх удосконалення. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка*: науковий журнал. Харків. 2004. Вип. 29. С. 347–350.
5. Ivanov M.I., Rutkevych V.S., Kolisnyk O.M., Lisovoy I.O. Research on the block-portion separator parameters influence on the adjustment range of operating elements speed. *INMATEH - Agricultural Engineering*: scientific journal. 2019. Vol. 57/1. P. 37–44.
6. Іванов М.І., Шаргородський С.А., Руткевич В.С. Підвищення експлуатаційної ефективності блочно-порційного вивантажувача консервованих кормів шляхом гідрофікації привода робочих органів. *Промислова гідравліка і пневматика*: науковий журнал. 2013. №1(39). С. 91–96.
7. Калетнік Г.М., Чаусов М.Г., Швайко В.М., Пришляк В.М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість. Ч.ІІІ: підручник. Київ.: «Хай-Тек-Прес». 2013. 528 с.
8. Серєда Л.П., В.С. Руткевич, М.В. Зінєв. Study of the mathematical model of hydraulic drives segment-finger mower unit. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2018 №1(100). С. 111–123.

Дмитро КЛЕВЕНЕЦЬ⁵⁰,

студент 4-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ОБМОЛОТУ КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ У ДВОХВАЛЬЦОВІЙ МОЛОТАРЦІ

Анотація. Дана робота присвячена питанням дослідження процесів, що відбуваються у двохвальцевій молотарці при обмолоті качанів кукурудзи.

⁵⁰Науковий керівник – Шаргородський С.А., кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

Виконано огляд відомих конструкцій, розроблено математичну модель та отримано її розв'язок.

Ключові слова: *молотарка, збір врожаю, математична модель, розв'язок.*

Annotation. *This work is devoted to the study of the processes occurring in a two-roller thresher during the threshing of corn cobs. A review of known designs was performed, a mathematical model was developed and its solution was obtained.*

Key words: *thresher, harvesting, mathematical model, solution.*

Вступ. Кукурудза є однією з основних сільськогосподарських культур, оброблюваних у світі. Зерно кукурудзи широко використовується у виробництві кормів (1 кг містить 1,34 корм. од.).

Проблема виробництва кукурудзи на зерно є досить актуальною у зв'язку з необхідністю вдосконалювання технологій і технічних засобів для проведення збирання відповідно до агротехнічних вимог.

По агротехнічних вимогах забирати кукурудзу з одночасним обмолотом рекомендується при вологості зерна не більш 26-30 %. При збиранні кукурудзи з обмолотом качанів втрати вільного зерна за комбайном не повинні перевищувати 0,7%, наявність зерна в силосній масі - 0,8%, недомолот - не більш 1,2%, а дроблення - 2,5%. Зміст шматочків стебел у купі зерна допускається не більш 4% [38].

Виклад основного матеріалу. При аналізі молотильних пристроїв важливо враховувати такі аспекти: дроблення зерна селекційних зразків не повинно перевищувати 1,0% (це критично для насіннєвої кукурудзи); обсяг партії одного селекційного зразка може коливатися від одного початка до кількох десятків. Таким чином, пристрої для обмолоту качанів під час селекційного процесу мають забезпечувати можливість обмолоту не лише партій, але й окремих качанів.

Перший спосіб передбачає вимолот зерна з одного початка виключно за допомогою удару, що може бути реалізовано в аксіальних молотарках з гвинтолопатовим ротором (типу МКП). Проте, для забезпечення ефективного обмолоту в цьому випадку окружна швидкість ротора повинна бути не меншою за 14 м/с, тоді як у молотарках цього типу зазвичай вона не перевищує 7 м/с. Дослідження показали, що при вологості качанів 12...13% і швидкості 14 м/с дроблення зерна перевищує 5%, що є неприйнятним для насіннєвого матеріалу. може бути реалізовано в аксіальних молотарках з гвинтолопатовим ротором (типу МКП). Проте, для забезпечення ефективного обмолоту в цьому випадку окружна швидкість ротора повинна бути не меншою за 14 м/с, тоді як у молотарках цього типу зазвичай вона не перевищує 7 м/с. Дослідження показали, що при вологості

Другий спосіб реалізується в тангенціальних молотарках. Принципова схема такої молотарки представлена на рис. 1.

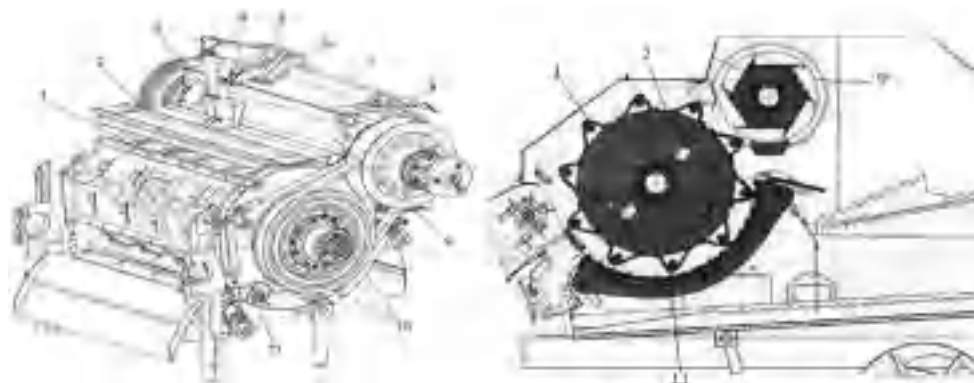


Рис. 1. Схема молотильного апарата тангенційного типу.

Склад молотильного апарата: 1 - бич; 2 - барабан молотильний; 3 - електромеханізм підбарабання; 4 - кронштейн; 5, 8 - важелі; 6 - опора; 7 - вал торсіона; 9 - битер відбійний; 10 - підвіски підбарабання; 11 - підбарабання.

Разом з тим, ширина молотильного барабана становить 1200 мм, діаметр - 800 мм, число бичів - 10 шт., частота обертання вала барабана $8,51 \dots 14,5 \text{ с}^{-1}$ (510...870 об/хв).

Молотильні апарати даного типу використовуються у складі зернозбиральних комбайнів.

При переобладнанні зернозбирального комбайна для збирання кукурудзи необхідно провести наступні операції:

- 1) встановити кукурудзяну жниварку;
- 2) перекрити міжбильні простори барабана щитками (рис. 1.9);
- 3) установити понижувальний редуктор у приводі молотильного барабана;
- 4) установити молотильні зазори на вході підбарабання 40-45 мм, на виході 20-25 мм (залежить від діаметра качанів у середній частині) .

Проблема з переобладнанням зернозбирального комбайна до збирання кукурудзи на зерно полягає в трудомісткості процесу - необхідність зняття похилої камери, значний час установки щитків перекриття міжбильного простору.

Дніпропетровський тракторний завод (ДТЗ) при ГП «ПО Південний машинобудівний завод імені А. М. Макарова» випускає молотарку для кукурудзяних качанів ДТЗ МКП-03 з продуктивністю 300 кг/год. Ця модель також орієнтована на обмолот кукурудзи, що використовується для фуражу та продовольства, і не відповідає вимогам до насінневого обмолоту через потенційне пошкодження зерна.

Кукурудзяні молотарки для обмолоту насінневої кукурудзи також використовують розглянутий спосіб обмолоту. Класичними представниками цього типу є молотарки GML-61 (Франція) та Western-2A (США). Молотильні органи цих машин складаються з конічного ротора та горизонтально розташованої закритої деки. Існують також конічні молотарки з вертикально розташованим робочим органом, що забезпечує самоочищення. Сучасні конічні молотарки можуть подрібнювати лише менше 1% зерна, але призначені для обмолоту партій від кількох сотень кілограмів до 30 тон.

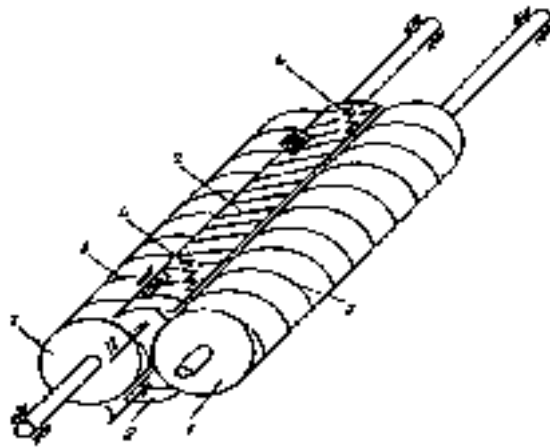


Рис. 2. Принципова схема вальцьової молотарки.

Відомі молотарки, принцип дії яких реалізується на багатоциліндрових (планетарних) машинах з диференціальним приводом вальців. Заміна звичайного решітного столу на вальцьовий дозволяє обмолочувати качани на периферійних швидкостях ротора до 7 м/с завдяки покращеному обертанню качанів. Планетарні машини відповідають вимогам насінництва, але мають складну конструкцію і не є економічно ефективними.

Дослідження показали, що при окружній швидкості вальців 5,3 м/с і вологості зерна 12.13 % дроблення зерна не перевищило 0,22 %. Дана машина так і не була випущена серійно. Але вона має ряд переваг, а саме: простота у виготовленні, надійність, низьке травмування зерна та висока продуктивність.

Досить цікавим є процес обмолоту качанів кукурудзи тривальцевою молотаркою. Загальний вид молотарки і її принципова схема наведена на рис. 3.

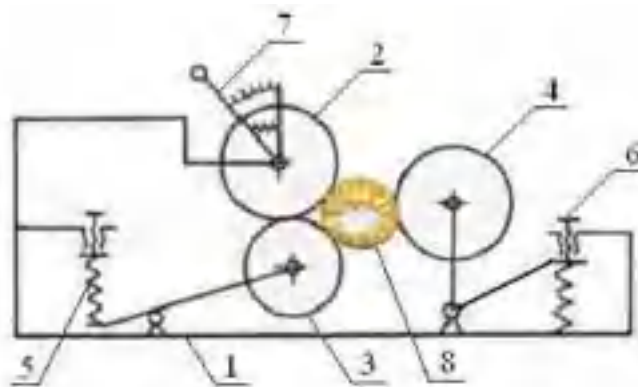


Рис. 3. Принципова схема експериментальної установки для очищення та обмолоту качанів кукурудзи: а - загальний вид; б - принципова схема установки; 1 - рама; 2 – при-водний (верхній) про-гумований валець ($D = 71$ мм); 3 - відомий (нижній) валець; 4 – притискний прогумований валець ($D = 71$ мм); 5 - механізм під-тискування відомого вальця; 6 - механізм притиснення початка; 7 – динамомет-ричний привод; 8 - качан.

Як відомо з роботи, були визначені основні параметри кукурудзяної молотарки, а саме було зазначено, що сила притиснення початка до вальців має не перевищувати 650 Н; коефіцієнти тертя поверхонь контакту - не менше 0,51;

робочий процес відбувається у випадку якщо швидкість руху матеріальної точки на поверхні вальця менше ніж 1,4 м/с.

Однак цей тип молотарки також є перспективним для виконання робіт з обмолочування качанів кукурудзи. Недоліком трициліндрової молотарки з горизонтально розташованими циліндрами є необхідність зупинки молотарки після кожного обмолоту качанів.

Аналіз дослідно-конструкторських робіт з розробки пристроїв для обмолоту качанів насінної кукурудзи дозволяє зробити наступний висновок: найбільш перспективним шляхом підвищення продуктивності обмолоту селекційного матеріалу кукурудзи, при мінімальному рівні дроблення зерна, є застосування вальцьових робочих органів. Але вальцьових молотарок, що серійно випускаються селекційних кукурудзяних, у цей час немає.

Тому існує об'єктивна необхідність, як у модернізації існуючих селекційних кукурудзяних вальцьових молотарок, так і в розробці нових конструкцій.

Запропонована молотарка складається із молотильного блока із двома вальцями 1 та 4. Особливістю даної молотарки є наявність підпружиненої притискної планки. Вал 1 має циліндричну форму, на якій виконані виступи спеціальної форми. Вал 4 призначений для транспортування качанів. Для цього на його поверхні виконано спіральний виступ, який при обертанні орієнтує качан та забезпечує його просування. Частота обертання двох валів синхронізована.

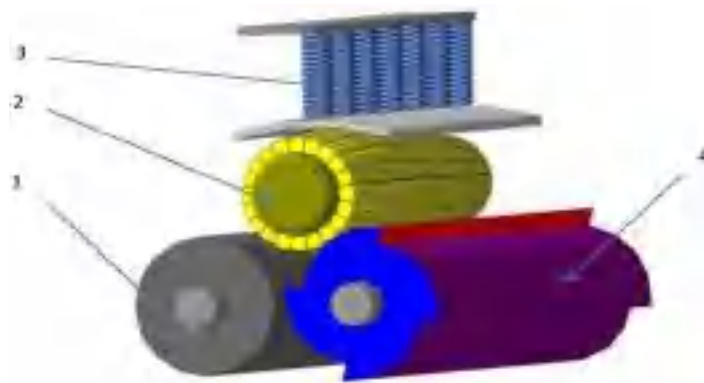


Рис. 4. Схема запропонованої кукурудзяної молотарки.

При проведенні даного виду робіт використаємо наступні припущення:

1. Для спрощення розрахунків, приймемо що качан має однаковий діаметр по усій довжині;

2. Тиск на качан є постійним на протязі його руху по молотарці;

3. Момент інерції качана є постійним.

Схема сил, що діють на качан кукурудзи наведена на рис. 5.

Частота обертання вальців відповідно до попередніх визначень:

$$\omega_1 = \omega_2 \quad (1)$$

Сила притискання початку до вальців:

$$F_{np} = c \cdot \Delta x = const \quad (2)$$

де c - жорсткість пружини, Н/мм; Δx - величина деформації пружини, мм.

Силу тертя, що впливає на качан з боку транспоруючого вальця, розраховують за формулою:

$$F_{mp} = f_1 \cdot N_1 \quad (3)$$

Де F_{mp} - сила тертя качана та вальця, Н; f_1 - коефіцієнт тертя; N_1 - сила нормальної реакції, Н.

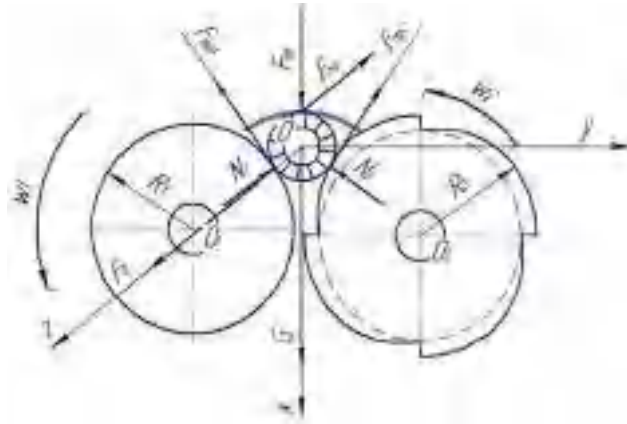


Рис. 5. Схема сил, що діють на качан кукурудзи.

Сила тертя при русі початку по обмолочуючому вальцю:

$$F_{mp} = f_2 \cdot N_2 \quad (4)$$

де F_{mp} - сила тертя качана по молотильному вальцю, Н; f_2 - коефіцієнт тертя качана по молотильному вальцю; N_2 - сила нормальної реакції, Н.

Оскільки качан постійно притиснутий до вальців за рахунок дії притискного механізму, між качаном і пластиною притискного механізму виникає постійна сила притиснення. Ця сила забезпечує надійний контакт качана з вальцями, що необхідно для стабільного обмолоту.

Сила притиснення визначається умовами конструкції притискного механізму і повинна бути достатньою для того, щоб качан утримувався під дією сил тертя та нормальної реакції, але при цьому не призводила до надмірного деформування чи пошкодження качана.

$$F_{mp} = f_2 \cdot N_2 \quad (5)$$

де F_{mp} - сила тертя початка по механізму притискання, Н; f - коефіцієнт тертя.

Оскільки робоча поверхня обмолочуючого вальця виконана у формі спіралі Архімеда, під час обертання вальця на її виступах виникає нормальна сила реакції N_2 , яка діє на качан. Ця нормальна сила поступово зростає в міру збільшення висоти виступу спіралі.

Зростання нормальної сили реакції є важливим для інтенсивного обмолоту, оскільки саме ця сила сприяє відокремленню зерен від стрижня качана, забезпечуючи високу ефективність роботи молотарки.

$$N_2 = k \cdot h \quad (6)$$

де h - величина деформації початка, мм; k - коефіцієнт пропорційності, $k=0,86$ Н/мм.

Відповідно, деформацію початка можна знайти за виразом:

$$h = O_1O - r_{II} - R_2 \quad (7)$$

де h - величина деформації початка, мм; O_1O - відстань від центру транспоруючого вальця до центру початка, мм; r_n - радіус початка, мм; R_2 - радіус обмолочуючого вальця, мм;

У зв'язку з тим, що радіус вальця складається з діаметра основного кола та полярного радіуса спірали Архімеда, відповідно отримуємо:

$$R_2 = \frac{d_0}{2} + \rho, \quad (8)$$

де R_2 - радіус вальця, мм; d_0 - діаметр основного кола вальця, мм; ρ - полярний радіус спірали Архімеда, мм;

Поєднавши вираз 8 у вираз 7, будемо мати:

$$h = O_1O - r_{II} - \frac{d_0}{2} - \rho.$$

Для того щоб отримати диференціальне рівняння руху початку кукурудзи, спроектуємо сили що діють на нього на осі координат у Декартовій системі.

$$X: \quad I_{II} \frac{d^2\varphi}{dt^2} = F_{mp1} \cdot r_{II} + F_{mp2} \cdot r_{II} - F_{mp} \cdot r_{II}, \quad (9)$$

де I_n - момент інерції початка щодо осі x , кг-м²; $F_{тр1}$ - сила тертя качана по вальцю, Н; $F_{тр2}$ - сила тертя качана по вальцю, Н; $F_{тр}$ - сила тертя початка кукурудзи по механізму притиску, Н.

Підставивши в вираз 9 у рівняння 3, 4, 5 і 7, будем мати

$$I_{II} \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \left(f_1 \cdot N_1 + f_2 \cdot k \cdot \left(O_1O - r_{II} - \frac{\alpha_0}{2} - \alpha \cdot \varphi \right) - f \cdot c \cdot \Delta x \right) \cdot r_{II} \quad (10)$$

У зв'язку з тим, що момент інерції щодо осі Y дорівнює нулю, то проекції сил на вісь y запишуться таким чином:

$$0 = F_{mp1} \cdot \cos(\alpha) + F_{mp2} \cdot \cos(\alpha) - N_1 \cdot \sin(\alpha) - N_2 \cdot \sin(\alpha) - F_{mp} \quad (11)$$

Проекція на вісь X

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = F_B - F_{TP} - F_{TP2} \quad (12)$$

де m - маса початка, кг; F_B - виштовхуюча сила, Н; F_{TP2} - сила тертя качана по вальцю, Н; F_{TP} - сила тертя початка у механізмі притискання, Н.

Так як ми ввели припущення що швидкість руху початка кукурудзи вздовж вальців, постійна, то отримаємо наступне $\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{d\omega}{dt} = 0$

$$F_B - F_{TP} - F_{TP2} = 0 \quad (13)$$

Розглянемо випадок, коли режим роботи молотарки є усталеним, тобто - $f_1, f_2, N, k, \alpha = const$.

Значення моменту інерції качана щодо його власної осі I_n у першому наближенні можна вважати постійним і наближеним до середнього значення моментів інерції зерен кукурудзи та обмолоченого стрижня качана. Це

припущення спрощує розрахунки, оскільки дозволяє використовувати середнє значення моменту інерції як постійну величину, незважаючи на поступове зменшення маси качана під час обмолоту.

Такий підхід спрощує моделювання динаміки руху початка у молотарці, дозволяючи врахувати основні масові властивості як зерна, так і стрижня без необхідності точного врахування зміни моменту інерції під час обмолоту.

$$I_{\Pi} = I_3 + I_K \quad (14)$$

де I_n - осьовий момент інерції початка, кг-м²; I_3 - момент інерції зерен кукурудзи, кг-м²; I_K - момент інерції обмолоченого початка, кг-м².

Момент інерції зерна кукурудзи і джерело обмолоту визначаються наступним рівнянням:

$$I_3 = m_3 r_n^2, \quad I_K = \frac{m_K r_K^2}{2},$$

де m_3 - маса зерна насіння кукурудзи, кг; m_K - маса обмолоченого початка (стрижня) кукурудзи, кг; r_n - радіус початка кукурудзи, мм; r_K - радіус обмолоченого початка кукурудзи, мм.

При розрахунках приймемо: $m_3 = 0,25$ кг, $m_K = 0,08$ кг, $r_n = 0,03$ м і $r_K = 0,02$ м.

Тоді моменти інерції матимуть наступні числові значення:

$$I_3 = 0,25 \cdot 0,05 = 0,000225 \text{ кг м}^2,$$

$$I_K = \frac{0,08 \cdot 0,02^2}{2} = 0,000016 \text{ кг м}^2.$$

Виходячи з цього, момент інерції початку кукурудзи буде таким:

$$I_3 = 0,000225 + 0,000016 = 0,000241 \text{ кг м}^2.$$

Відповідно вираз (10) запишеться наступним чином:

$$I_{\Pi} \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = K + L \cdot \varphi \quad (15)$$

де

$$K = \left(f_1 \cdot N_1 + f_2 \cdot k \cdot \left(O_1 O - r_{\Pi} - \frac{d_0}{2} - a \cdot \varphi \right) - f \cdot c \cdot \Delta x \right) \cdot r_{\Pi} \quad (16)$$

$$L = -f_2 \cdot k \cdot a \cdot r_{\Pi} \quad (17)$$

Використовуючи розраховані значення, залежності (20) і (21) розв'яжемо методом підстановки. У результаті отримаємо:

$$K = 0,0166 \text{ Нм}, \quad L = 0,000068 \text{ Нм/рад}$$

Момент інерції початка в процесі обмолоту зменшується з 1_{nn} до 1_{no} .

Залежність моменту інерції від часу обмолоту носить лінійний характер і має такий вигляд:

$$I_{\Pi} = I_{\Pi n} - a \cdot t \quad (18)$$

де 1_n - момент інерції початка відносно осі, кг-м²; 1_{nn} - початковий момент інерції початка, кг-м²; t - час обробки початка кукурудзи, с; a - кутовий коефіцієнт, кг-м²/с.

Кутовий коефіцієнт показує наскільки змінюється момент інерції початка під час обмолоту.

при $t=0 \rightarrow I_{\Pi} = I_{\Pi H}$;

при $t = t_{об} \rightarrow I_{\Pi} = I_{\Pi O}$.

Кутовий коефіцієнт a визначаємо наступним чином:

$$a = \frac{I_{\Pi H} - I_{\Pi}}{t} \quad (19)$$

де a - кутовий коефіцієнт, кг-м²/с; $I_{\Pi H}$ – початковий момент інерції початка, кг-м²; $I_{\Pi O}$ - момент інерції стрижня, кг-м²; $t_{об}$ - час обробки, с.

Математична модель руху стрижня качана кукурудзи в циліндричній молотарці на основі динамічних рівнянь обертального руху твердого тіла:

$$(I_{\Pi H} - a \cdot t) \cdot \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = K + L \cdot \varphi, \quad (20)$$

або

$$(I_{\Pi H} - a \cdot t) \cdot \frac{d\omega}{dt} = K + L \cdot \varphi, \quad (21)$$

Проінтегрувавши рівняння (21), для визначення кутової швидкості, за допомогою програмного комплексу Mathcad, отримаємо перехідний процес, за допомогою якого молотарка досягає режиму сталого руху, показаний на рисунку 2.6. З якого видно, що при усталеному режимі роботи молотарки, кутова швидкість обертання валів складе: $\omega = 80.053$ рад/сек

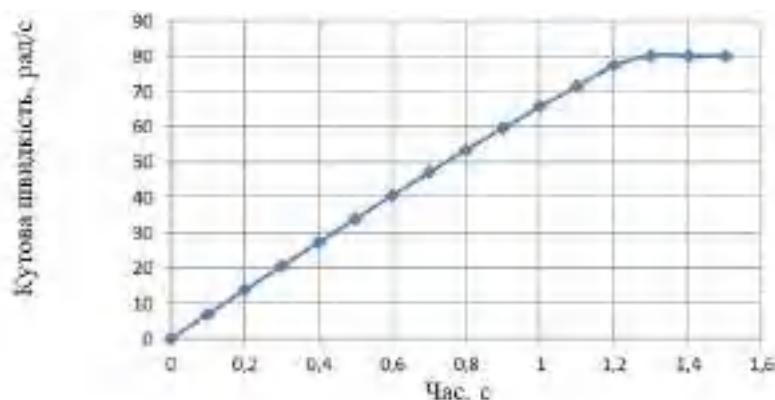


Рис. 6. Перехідний процес роботи селекційної молотарки.

Висновки. Найбільш перспективним шляхом підвищення продуктивності обмолоту селекційного матеріалу кукурудзи, при мінімальному рівні дроблення зерна, є застосування вальцових робочих органів.

Аналіз отриманих залежностей показує, що залежність кутової швидкості від коефіцієнтів L і K є лінійною.

Список використаної літератури

1. Н. Gaylord Edwin, Gaylord, Jr., Charles N. Design of steel Bins for storage of Bulk Solids: manual. Mcgraw-hill. 2020. - 278 p.

2. Reisner W. Bins and bunkers for handling bulk materials. Practical design and techniques: manual. McGraw-hill. 2018. 324 p

3. Ivanov M.I., Rutkevych V.S., Kolisnyk O.M., Lisovoy I.O. Research on the block-portion separator parameters influence on the adjustment range of operating elements speed. *INMATEH - Agricultural Engineering: scientific journal*. 2019. Vol. 57/1. P. 37–44.

4. Іванов М.І., Шаргородський С.А., Руткевич В.С. Підвищення експлуатаційної ефективності блочно-порційного вивантажувача консервованих кормів шляхом гідрофікації привода робочих органів. *Промислова гідравліка і пневматика: науковий журнал*. 2013. №1(39). С. 91–96.

5. Серєда Л.П., В.С. Руткевич, М.В. Зінев. Study of the mathematical model of hydraulic drives segment-finger mower unit. *Техніка, енергетика, транспорт АПК: науковий журнал*. 2018 №1(100). С. 111–123.

Максим КРАВЕЦЬ⁵¹,

студент 3 курсу,

інженерно-технологічний факультет,

Вінницький національний аграрний університет,

Вінниця, Україна.

ВПЛИВ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Анотація. У роботі проаналізовано проблему ущільнення ґрунту як одного з найважливіших викликів сучасного сільського господарства. Визначено основні причини ущільнення, серед яких використання важкої сільськогосподарської техніки та природні умови.

Ключові слова: ущільнення ґрунту, пористість ґрунту, сільськогосподарська техніка, тягове зусилля, обробіток ґрунту.

Annotation. The paper analyzes the problem of soil compaction as one of the most important challenges of modern agriculture. The main causes of compaction are identified, including the use of heavy agricultural machinery and natural conditions.

Keywords: soil compaction, soil porosity, agricultural machinery, draft force, soil cultivation.

Вступ. Проблема ущільнення ґрунту в сільському господарстві виникла задовго до того, як було проведено будь-які систематичні дослідження на цю тему. Вже в початку XIX століття помітили, що важкі тварини при використанні в сільському господарстві, наприклад, під час оранки, спричиняють ущільнення ґрунту [1-5]. Однак справжньою критичною ситуацією стало останні 30 років,

⁵¹Науковий керівник – Телятник І.А., асистент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

коли механізація сільськогосподарської галузі досягла таких розмірів і інтенсивності, що проблема ущільнення ґрунту набула світового масштабу.

На території України, стиснення ґрунту зазвичай відбувається на сільськогосподарських полях через вплив погодних умов, властивостей ґрунту і руху сільськогосподарської техніки [1-5]. Ущільнений ґрунт, часто називаючи «твердою сковородою» це перешкоджає потраплянню повітря та вологи у кореневу систему рослин, що має негативний вплив на врожайність. Властивості ґрунту, такі як його щільність і форма, можуть вказувати на ступінь стиснення на полі. Довгий час обробка ґрунту була основним способом вирішення цієї проблеми. Однак нові методи збереження ґрунту, такі як обробка у вузьких смугах і індивідуальна обробка, можуть знизити витрати енергії порівняно з традиційними методами та зменшити стиснення ґрунту.

Щільний ґрунт характеризується низькою проникністю для води та обмеженим відведенням води через нього. Це трапляється тому, що великі пори більш ефективно проводять воду через ґрунт, ніж дрібні пори [1,2]. При цьому ущільнені ґрунти зменшують обмін газів, що може призвести до проблем з постачанням ґрунту киснем. Крім того, ущільнення ґрунту робить життя складнішим для рослин, оскільки корені повинні подолати більше опору, щоб проникнути в цей густий шар.

Ущільнення ґрунту також впливає на розподіл порового простору, геометрію та міцність ґрунту [1-5]. Один із способів вимірювання цих змін є визначення об'ємної щільності ґрунту. Зменшення порового простору призводить до збільшення об'ємної щільності. Ґрунти з вищим вмістом глини і суглинків, які природно мають більше порового простору, мають меншу об'ємну щільність, ніж піщані ґрунти.

Виклад основного матеріалу. Протягом багатьох років спостерігається тенденція до того, що фермери модернізують більшу техніку для виконання різноманітних польових і фермерських робіт. Основною причиною стало збільшення площ, якими фактично керує індивідуальний фермер. У багатьох випадках трактори будуть переоцінені для поставленого завдання, оскільки менші трактори були замінені. Однак те саме завдання виконується без застосування інших операційних методів для компенсації невикористаної потужності [1-5].

Для великих проєктів важливо мати великі парки обладнання для збільшення продуктивності. Перед початком роботи над проєктом потрібно детально спланувати операції, щоб закінчити їх в обумовлений термін.

Оцінка продуктивності цих операцій до початку проєкту є важливою для планування і контролю бюджету. Навіть невеликі покращення в логістиці та виборі обладнання можуть значно зекономити час і гроші [1,2].

Дослідники під час аналізу сільськогосподарських робіт перед початком проєкту були розробили декілька імітаційних моделей. Ці моделі є досить складними і вимагають великих знань та навичок в програмуванні. Важливість автономного контролю продуктивності проєкту, автоматично, надають засоби для порівняння планованої та фактичної продуктивності. Реальний час в

моніторингу з використанням GPS допомагатиме аналізувати ефективність роботи обладнання. Проте література обмежена в питаннях моніторингу сільськогосподарського обладнання в реальному часі [1-3].

Дослідження потреби в енергії обробити ґрунту, необхідні для підготовки ділянки. Подібно до сільськогосподарських ґрунтів, ущільнення також відбувається на ділянках лісового господарства через те, що важка техніка пересувається ділянкою під час збору врожаю [1,2,].

Інструмент, який використовувався для експерименту, був однохвостовим плугом для підґрунтя, який був розроблений з вертикальним сошником у передній частині хвостовика для розривання та дисками в задній частині знаряддя [1,2]. План експерименту включав п'ять обробок з п'ятьма різними інструментами конфігурації. Глибина знаряддя та швидкість руху трактора були постійними для кожної обробки. Тягове зусилля знаряддя вимірювалося за допомогою тензодатчика, а положення обладнання контролювалося GPS.

Зменшення потреби в тяговій силі на 34% шляхом використання відривного хвостовика порівняно з сошником і розривальним хвостовиком було основною різницею в тяговій силі між різними налаштуваннями обладнання. Дослідники також відзначили, що для кращого розуміння потреб у потужності для різних операцій необхідно провести подальші дослідження, які включатимуть різні інструменти та конфігурації [1-5]. Дослідження, які стосуються операцій з обробки ґрунту в лісовому господарстві та продуктивності обладнання, були обмежені.

Протягом п'ятидесяти років досліджувалося та документувалося вплив ущільнення ґрунту на сільськогосподарські ділянки [1,2]. Ця проблема виявилася важливою для фермерів, лісників та інших, які обробляють ґрунт. Подібно до багатьох інших проблем, ущільнення може мати різний вплив на рослини, від мінімального зниження росту та врожайності до повного припинення росту культур і втрати урожаю.

Ґрунт складається з трьох основних компонентів: твердих частинок, рідини та газу. Мінеральні та органічні частинки формують твердий склад ґрунту, а рідина та газ заповнюють пори та пористість. Всі ці компоненти важливі для визначення ступеня ущільнення ґрунту.

Ущільнення включає в себе зменшення пористості ґрунтової матриці під впливом зовнішніх факторів [2-4]. Ущільнення ґрунту означає руйнування макропористої структури ґрунту та перегрупування частинок ґрунту.

Пори в ґрунті важливі для росту рослин, оскільки дозволяють воді та повітрю проникати через ґрунт і корінню отримувати доступ до поживних речовин та вологи. Зі зменшенням пористості цей процес ускладнюється, що має прямий вплив на ріст рослин (рис. 1, 2)

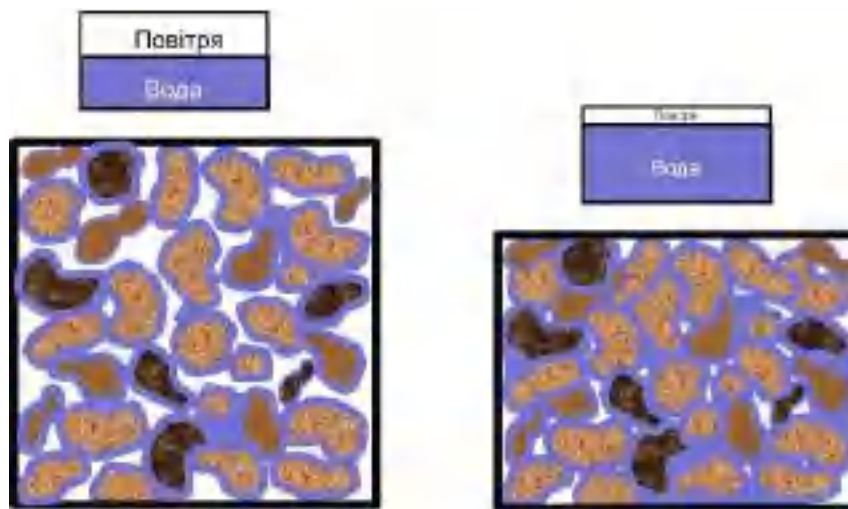


Рис. 1. Зміна порового простору ґрунту при ущільненні.

Ущільнення ґрунту обумовлене як внутрішніми, так і зовнішніми факторами. Внутрішні фактори включають текстуру та структуру ґрунту, тоді як зовнішні фактори виникають в результаті тиску, створеного машинами та обробкою ґрунту [2-4]. Такий тиск має наслідком зближення частинок ґрунту, створюючи менше місця для розташування газу та рідини в ґрунті. Вологість та інші фактори, такі як структура ґрунту, також можуть впливати на ущільнення ґрунту.

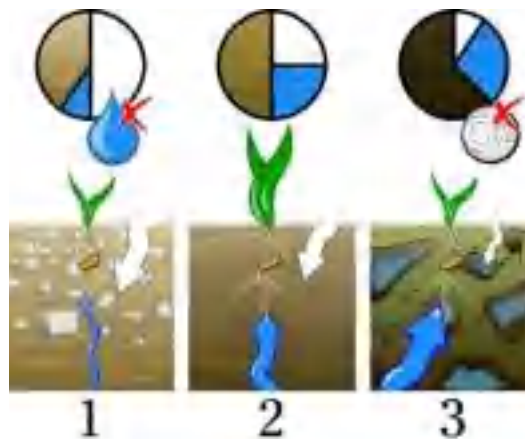


Рис. 2. Необхідна аерація ґрунту – приблизні значення для повітряної пористості: 1 – більше 25% повітряних пор; 2 – 10-25% повітряних пор; 3 – менше 10% (дефіцит кисню).

Вміст води в ґрунті є ключовим фактором, який впливає на ступінь ущільнення під впливом зовнішнього тиску. Вологість дозволяє частинкам ґрунту легше перегруповуватись та ущільнюватись, але існує оптимальний рівень вологості для ущільнення під впливом тиску. Більш висока вологість не завжди призводить до подальшого ущільнення ґрунту [2,3].

Сухі ґрунти характеризуються більшою опірністю до ущільнення. Для стиснення сухого ґрунту до бажаного рівня пористості потрібен більший тиск, ніж для вологого ґрунту. Отже, обробка ґрунту та інші подібні операції на ґрунтах з низьким вмістом води вимагають більше потужності. Вологість ґрунту грає важливу роль у процесі ущільнення при використанні великогабаритного обладнання під час польових робіт.

Якість ґрунту визначається як його текстурою, так і структурою, і вони впливають на здатність ґрунту постачати рослинам поживні речовини, воду та повітря. Структура ґрунту описує розподіл частинок ґрунту за розміром (пісок, мул, глина) та їхнє об'єднання в агрегати [2,3]. Вплив зовнішнього тиску на ущільнення ґрунту залежить від текстури ґрунту.

Глинисті ґрунти з високим вмістом вологи є більш схильними до ущільнення, а пісок ущільнюється легше, ніж мул чи глина. Наявність органічних речовин в ґрунті сприяє зменшенню його щільності і опору проникненню води та повітря, а також поліпшує здатність ґрунту утримувати і переносити воду.

Саме вологість ґрунту впливає на ступінь ущільнення, викликаного зовнішнім тиском. Волога дозволяє частинкам ґрунту краще переформуватися та ущільнюватися. Проте є оптимальний рівень вологості, при якому ущільнення найбільш ефективне. За вищою вологістю ущільнення може бути менш ефективним. Багато фермерів використовують рослинні залишки, щоб додати органічну речовину до ґрунту на своїх полях і підтримувати оптимальний рівень вологості [2].

Колісні транспортні засоби є найпоширенішими транспортними засобами для руху в бездоріжжя. Хоча вони швидші та менше завдають шкоди дорогам із твердим покриттям порівняно з гусеничною технікою, вони є головним джерелом ущільнення ґрунту від техніки, що застосовується у сільському господарстві.

У результаті першого проходу колеса близько 80% загального ущільнення на м'якому ґрунті [3]. Також важливо враховувати, що лісові ґрунти також схильні до ущільнення через лісозаготівлю, що може призвести до значної пошкодженості та ущільнення ґрунту. Гумові шини сільськогосподарських тракторів (рис. 3) зазвичай викликають високий тиск на ґрунт завдяки їхній тенденції зосереджувати навантаження на невеликій зоні контакту з ґрунтом. Такий тиск може впливати на ущільнення ґрунту під колесами цих транспортних засобів.



Рис. 3. Ущільнення ґрунту під різним діаметром шин.

Існують кілька досягнень, які спрямовані на зниження схильності пневматичних шин до ущільнення ґрунту. Наприклад, дослідники, вказали на користь використання ширших шин, більшого діаметру та зниженого тиску накачування (рис. 3). Використання здвоєних шин та шин із флотацією може значно знизити ступінь ущільнення ґрунту [3-5]. Всі ці інновації сприяють збільшенню площі контакту між шиною та ґрунтом, зменшуючи тиск, що виникає за рахунок розподілу ваги техніки на більшу площу.

Вплив ущільнення ґрунту на врожайність сільськогосподарських культур (рис. 4.).

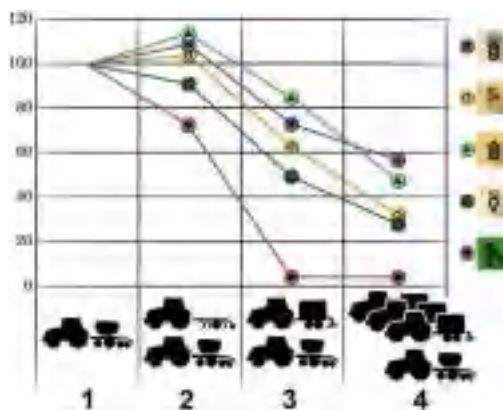


Рис. 4. Вплив ущільненого ґрунту на врожайність сільськогосподарських культур: 1 – посів без ущільнення; 2 – посів з 1 проходом (техніка не завантажена); 3 – посів з 1 проходом (техніка завантажена); 4 – посів з 3 проходами (техніка завантажена).

Отримані результати, показують, що врожайність ярої пшениці, ячменю і вівса зросли після невеликого ущільнення. Однак для цукрових буряків та гороху після ущільнення врожайність знизилася. При збільшенні ущільненості ґрунту врожайність усіх культур зменшувалася, особливо чутливим до ущільнення виявився горох [3-5].

Ущільнення може мати негативний вплив на практично всі фізичні, хімічні та біологічні властивості та процеси в ґрунті, і ця проблема вважається однією з найбільш складних і дорогих для розв'язання в контексті звичайного сільського господарства.

Тиск, що виникає від важкої техніки та неправильного управління ґрунтом, може спричинити ущільнення надр, створюючи непроникні шари, які перешкоджають нормальному обміну води та поживних речовин у ґрунті. Це, в свою чергу, може призвести до несправного росту коренів рослин та зменшення врожайності, якості продукції та загального врожаю, а також збільшення проблем із стіканням поверхневих вод та ерозією ґрунту [4]. Такий вплив ще більше підкреслює важливість належного управління ґрунтом та вибірку сільськогосподарської техніки, яка мінімізує негативний ефект ущільнення на природні функції ґрунту та врожайність.

Для визначення ущільненості ґрунту використовують різні прилади (рис. 5, 6, 7).

Одним з найбільш широко використовуваних є твердомір Ю.Ю. Ревякіна (рис. 1), що складається з двох напрямних штанг, телескопічної штанги зі

змінним наконечником, пружини, планки для кріплення паперу, записуючого пристрою, натискних тримачів, і папір з графіком [4,5].

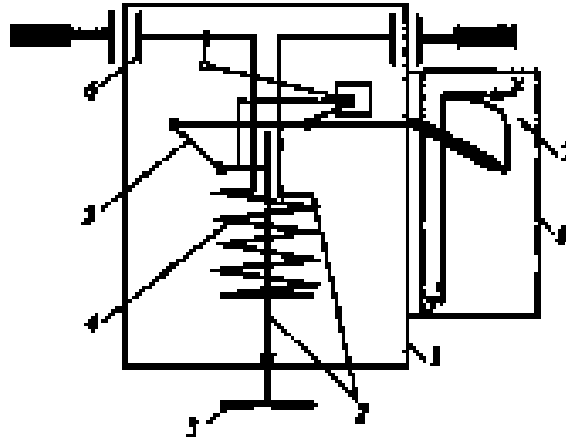


Рис. 5. Конструктивна схема твердоміра Ю. Ю. Ревякіна: 1 – напрямні штанги; 2 – телескопічна штанга; 3 – змінний наконечник; 4 – пружина; 5 – записувальний пристрій; 6 – натискні тримачі; 7 – папір з графіком; 8 – планка для закріплення паперу.

Використання ґрунтового тестера дозволяє визначити, чи існує проблема ущільнення ґрунту, встановити глибину ущільнення та оцінити ступінь ущільнення ґрунту [5]. Він надає відповіді на ключові питання, які важливі для вас при розгляді методів обробки ґрунту та аналізу полів і, що допомагає уникнути можливо високих витрат на роботи з ущільненням ґрунту (рис. 6).



Рис. 6. Ґрунт ущільнення тестер [5].

Щільномір Wile Soil (пенетрометр), який виробляється в Фінляндії, є надійним приладом, призначеним для визначення щільності та опору ґрунту. Цей прилад може визначити глибину плужної підшви та її товщину і працює на різних типах ґрунту (рис. 7).



Рис. 7. Щільномір Wile Soil (пенетрометр).

Процес визначення глибини плужної підшви має важливе значення для сільськогосподарських угідь, оскільки наявність плужної підшви може призводити до значного зниження врожайності на рівень 25-30% [5]. Інформація про глибину плужної підшви дозволяє точно регулювати роботу глибокорозпушувача на потрібну глибину, наприклад, 35 або 40 см, і це може зменшити виробничі витрати на 10-20%.

Прилад Wile Soil простий у використанні і може точно визначити глибину плужної підшви всього за 3-5 секунд. Його шкала густини поділена на кольорові сегменти, що спрощує інтерпретацію даних: червоний колір вказує на несприятливі умови вирощування, зелений - сприятливі, а жовтий - прийнятні умови для вирощування [4,5].

Об'ємна щільність ґрунту визначається як відношення маси сухого ґрунту до його об'єму, тобто вимірює компактність ґрунту. Існує багато методів для визначення об'ємної щільності ґрунту, включаючи використання спеціальних пристроїв для відбору зразків ґрунту, які дозволяють зберегти його природну структуру. Один із таких пристроїв – це циліндр з внутрішніми циліндрами відомого об'єму, які заповнюються ґрунтом без значних змін його структури. Такі зразки визначають насипну щільність ґрунту [5].

Крім об'ємної щільності, міцність ґрунту, або механічний імпеданс, також важлива для визначення того, наскільки легко коріння може проникати в ґрунт. Цей параметр вимірюється за допомогою конусного пенетрометра, який дозволяє визначити індекс конуса для різних типів ґрунту. Показники міцності ґрунту важливі для встановлення оптимальних умов для росту сільськогосподарських культур.

Висновки. Негативний вплив ущільнення ґрунту на ріст сільськогосподарських культур був відомий дуже давно. Два ключових фізичних показника, які визначають ступінь ущільнення ґрунту – це насипна щільність і міцність ґрунту. Для різних типів ґрунту поки що немає загальноприйнятого правила, яке б визначало ступінь ущільнення, що вимагає втручання для поліпшення умов для росту рослин.

Список використаної літератури

1. Ущільнення ґрунту. Все, що треба знати: веб-сайт. URL: <https://traktorist.ua/articles/873-uschilnennya-gruntu-vse-scho-treba-znati> (дата звернення 27.02.25).
2. Причини переущільнення ґрунту та як з цим боротися: веб-сайт. URL: <https://dellif.com.ua/uk/uplotnienie-pochvy-prichiny-posledstviya-i-reshenie-etoj-problemy> (дата звернення 27.02.25).
3. Важливість тестування ущільнення: веб-сайт. URL: <https://martinlishman.com/uk/soil-compaction-tester/> (дата звернення 18.03.25).
4. S T A N D A R D ASAE EP496.2 DEC99 Agricultural Machinery Management: веб-сайт. URL: https://www.academia.edu/41779575/S_T_A_N_D_A_R_D_A_S_A_E_EP496_2_DEC99_Agricultural_Machinery_Management (дата звернення 18.03.25).

5. Комісар Є. О., Зубко В. М. Твердість ґрунту - огляд сучасних методів та пристроїв. *Вісник Сумського національного аграрного університету Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів»*. 2020. Вип. 4 (42). С. 26-31.

Дмитро МУДРИК⁵²,
студент 2 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ВПЛИВ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ (CAD/CAM/CAE) НА РОЗВИТОК МАШИНОБУДУВАННЯ

***Анотація.** Проаналізовано вплив цифрових технологій CAD, CAM і CAE на розвиток машинобудування. Визначено їхню роль у підвищенні ефективності проектування, виробництва та інженерного аналізу. Розглянуто основні переваги використання цих технологій, зокрема скорочення часу розробки, зниження виробничих витрат і покращення якості продукції.*

***Ключові слова:** CAD, CAM, CAE, машинобудування, автоматизація, проектування, виробництво.*

***Annotation.** The impact of digital CAD, CAM, and CAE technologies on the development of mechanical engineering has been analyzed. Their role in improving the efficiency of design, manufacturing, and engineering analysis has been determined. The main advantages of using these technologies are considered, including reduced development time, lower production costs, and improved product quality.*

***Key words:** CAD, CAM, CAE, mechanical engineering, automation, design, manufacturing.*

Вступ. Цифрові технології відіграють ключову роль у розвитку сучасного машинобудування, забезпечуючи значне підвищення точності, ефективності та швидкості проектування і виробництва. Використання програмних комплексів для автоматизованого проектування (CAD), виробництва (CAM) та інженерного аналізу (CAE) дозволяє значно зменшити витрати часу і ресурсів, оптимізувати конструкції та покращити якість кінцевої продукції. [1].

Особливу увагу слід приділити впливу цих технологій на виробничі процеси. Завдяки CAD-системам конструктори можуть швидко створювати тривимірні моделі, аналізувати їхню функціональність і проводити віртуальні випробування. CAM-технології забезпечують точне програмування обладнання, що мінімізує похибки під час виготовлення деталей. CAE-методи дозволяють

⁵²Науковий керівник – Борецька Т.Ю., асистент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

проводити складні розрахунки на міцність, теплові навантаження та інші параметри ще на етапі проєктування.

З огляду на ці фактори, впровадження цифрових технологій у машинобудуванні є необхідною умовою для підвищення конкурентоспроможності виробництва, скорочення витрат та покращення екологічної безпеки. У даній роботі розглянуто основні можливості та переваги CAD/CAM/CAE-систем, їхній вплив на розвиток машинобудування та перспективи подальшого вдосконалення.

Виклад основного матеріалу. Цифрові технології, зокрема CAD (Computer-Aided Design), CAM (Computer-Aided Manufacturing) і CAE (Computer-Aided Engineering), стали важливими інструментами в сучасному машинобудуванні, оскільки вони забезпечують ефективність, точність і швидкість на всіх етапах розробки, виготовлення та аналізу продуктів. Використання цих технологій не тільки підвищує рівень автоматизації, але й дає змогу здійснювати ретельний контроль за кожним етапом виробничого процесу. Це, в свою чергу, дозволяє досягти значних переваг у виготовленні складних технічних систем, знижувати витрати та підвищувати якість кінцевої продукції [2].

CAD-системи стали основним інструментом для створення тривимірних моделей та креслень, що дозволяє інженерам і конструкторам віртуально моделювати деталі і складні механізми. Ці системи дають змогу створювати точні моделі, які потім можуть бути використані для виготовлення фізичних прототипів. Першочерговою перевагою CAD є можливість швидко і безпечно тестувати конструкцію на різних етапах розробки, не витрачаючи ресурси на виготовлення численних фізичних моделей. Це дозволяє значно скоротити час на проєктування та знижує ймовірність помилок, які могли б бути виявлені тільки на етапі виробництва. CAD-системи також дають змогу інтегрувати в процес проєктування моделі різних частин, що дає змогу перевіряти їх взаємодію в єдиному контексті, і таким чином знижувати ймовірність виникнення проблем при зборці [2].

Важливою характеристикою CAD є можливість використання технологій параметричного моделювання. Параметричне моделювання дозволяє створювати конструкції, де всі елементи зв'язані між собою через параметри (розміри, кути, відстані). Це дозволяє вносити зміни в одну частину конструкції, і автоматично коригувати інші елементи, що значно спрощує процес модифікації й оновлення проєкту. Параметричне моделювання дає можливість швидко оптимізувати конструкції, змінюючи лише параметри без необхідності вручну редагувати кожну деталь [3].

CAM-технології, в свою чергу, значно спрощують і автоматизують процеси виготовлення деталей. Системи CAM призначені для автоматичного керування верстатами і машинами, що використовуються для обробки матеріалів. З їх допомогою можна точно налаштувати параметри обробки, враховуючи тип матеріалу, геометрію виробу і вимоги до точності. CAM-системи інтегруються з CAD, що дозволяє безпосередньо з моделі створити

програму для верстатів ЧПУ (числового програмного управління). Це дає можливість отримати точні деталі з мінімальними відхиленнями, що особливо важливо при виготовленні складних і високоточних компонентів [4].

Окрім точності, САМ-технології дозволяють значно підвищити ефективність виробництва. Завдяки автоматизації процесів обробки, зменшується залежність від людського фактору, що сприяє зменшенню помилок, підвищенню продуктивності і зниженню витрат на виготовлення деталей. Крім того, САМ-системи дозволяють оптимізувати використання матеріалів, зменшуючи кількість відходів і знижуючи витрати на сировину [5].

САЕ-системи є незамінними для виконання інженерних розрахунків, таких як перевірка міцності, стійкості, теплових навантажень, аеродинаміки і інших характеристик продукції. Використання САЕ дає змогу моделювати поведінку конструкцій під різними умовами, що дозволяє виявити можливі проблеми та оптимізувати конструкцію ще на етапі проєктування. За допомогою методів кінцевих елементів (МКЕ) можна точно розрахувати, як буде вести себе деталь при різних навантаженнях, температурних змінах та інших впливах. Це дозволяє створювати більш надійні та довговічні продукти, а також скоротити кількість дорогих випробувань і прототипів [6].

САЕ також використовується для оцінки таких факторів, як вібраційні характеристики, а також для прогнозування терміну служби деталей і зносостійкості матеріалів. За допомогою САЕ можна виконувати аналіз при екстремальних умовах експлуатації, що є важливим для забезпечення безпеки та ефективності продукції, особливо у таких галузях, як авіація, автомобільна промисловість і енергетика [7].

Цифрові технології не лише дозволяють вдосконалити процеси проєктування, виготовлення та аналізу, але й значно скорочують витрати на виготовлення прототипів. Віртуальне тестування конструкцій дозволяє виявити потенційні проблеми ще на етапі розробки, що зменшує кількість помилок при виробництві і заощаджує ресурси. Це також дає змогу швидше реагувати на зміни вимог ринку та адаптувати продукцію до нових умов. Використання цифрових технологій дозволяє також знизити час від розробки концепції до серійного виробництва, що є важливим фактором у конкурентному середовищі [8].

Завдяки інтеграції CAD, CAM і CAE в один комплексний процес, машинобудівні компанії можуть значно підвищити рівень координації між різними етапами виробництва. Це дозволяє зменшити ймовірність виникнення помилок, скоротити кількість необхідних етапів перевірки та підвищити загальну ефективність. Цифрові технології дозволяють також здійснювати моніторинг у реальному часі за всіма етапами виробництва, що дозволяє швидко реагувати на зміни і забезпечувати належний рівень якості [9].

Додатково, цифрові технології дозволяють компаніям ефективно використовувати методи 3D-друку для виготовлення прототипів або навіть серійних виробів. Технології адитивного виробництва дозволяють створювати складні конструкції, які важко виготовити традиційними методами. Це відкриває

нові можливості для персоналізації та оптимізації деталей, а також знижує витрати на виготовлення невеликих партій продукції [10].

Впровадження цифрових технологій у машинобудуванні має також значний вплив на екологічність виробництва. Завдяки більш точним налаштуванням процесів обробки та зменшенню відходів, знижується кількість матеріальних витрат і енергоспоживання. Це дозволяє досягати більш стійких результатів і відповідати на виклики, пов'язані з охороною навколишнього середовища. Зокрема, оптимізація конструкцій з допомогою CAD і CAE дозволяє зменшити масу виробів, що сприяє зниженню витрат на енергію і матеріали в процесі їх експлуатації [4].

Інтеграція новітніх технологій, таких як Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI) та великі дані (Big Data), у процеси CAD, CAM і CAE дозволяє значно покращити управління виробництвом і оптимізувати весь ланцюг постачання. Це дозволяє забезпечити адаптивність виробництва, що важливо для швидкого реагування на зміни попиту та умов ринку. В умовах швидко змінюваного ринку інтелектуальні системи допомагають точно передбачити потреби у матеріалах, визначити оптимальний час для обслуговування обладнання та покращити керування запасами [9].

Вплив цифрових технологій на машинобудування виявляється не тільки в зниженні витрат і покращенні якості продукції, але й у розвитку нових форм виробництва. Наприклад, можливість використання робітників з підвищеною автономією завдяки автоматизації дозволяє значно зменшити вплив людського фактора і підвищити стабільність виробництва [7].

Цифрові технології є важливим фактором для підтримки конкурентоспроможності машинобудівних компаній на світовому ринку. У поєднанні з новими технологіями, такими як 3D-друк і інтелектуальні системи управління, вони відкривають нові можливості для зростання продуктивності, інновацій і зниження витрат. Впровадження таких технологій дозволяє зберегти високий рівень конкурентоспроможності, відповідаючи на нові вимоги ринку, що швидко змінюється [8].

Цифрові технології також активно впливають на удосконалення логістичних процесів і управління постачанням у машинобудуванні. Інтеграція CAD, CAM, CAE з платформами для управління ланцюгами постачання дозволяє автоматизувати багато аспектів, таких як планування закупок, управління запасами, а також прогнозування потреб у матеріалах. Це значно зменшує ризики затримок, пов'язаних з дефіцитом або надлишком ресурсів, забезпечуючи більш ефективне і стабільне постачання [5].

Завдяки сучасним системам аналізу даних, можна відстежувати ефективність роботи постачальників та партнерів, обирати найкращих з них на основі критичних показників, таких як своєчасність доставок, якість продукції та вартість послуг. Це дає змогу компаніям приймати більш обґрунтовані рішення щодо вибору постачальників, тим самим оптимізуючи вартість виробництва [5].

Значним досягненням є впровадження систем доповненої реальності (AR) у процеси проектування та виробництва. Вони дозволяють інженерам і

конструкторам в реальному часі переглядати 3D-моделі деталей і механізмів, накладаючи їх на фізичне середовище. Це дає можливість здійснювати точнішу перевірку відповідності між проектом і реальними умовами, що знижує ймовірність помилок на етапі виготовлення.

Використання доповненої реальності має значення і на етапі монтажу, коли працівники можуть отримувати візуальні підказки щодо правильної послідовності складання деталей або налаштування обладнання. Це дозволяє зменшити час на навчання персоналу, а також підвищити точність виконання робіт[6].

Цифрові технології також зумовлюють зміну парадигм у розробці продуктів. Зокрема, технології "цифрових двійників" (Digital Twin) дають можливість створювати віртуальні копії реальних об'єктів, які симулюють їх поведінку в реальному середовищі. Такі моделі дозволяють проводити додаткові випробування та моніторинг після запуску продукту в експлуатацію, що допомагає швидше виявляти й усувати потенційні проблеми, підвищуючи надійність і безпеку виробів [2].

Цифрові технології мають важливий вплив на соціальні аспекти виробництва. Вони дозволяють створювати нові робочі місця, що вимагають висококваліфікованих спеціалістів, здатних працювати з новими інструментами та технологіями. Крім того, автоматизація та роботизація можуть забезпечити більш безпечні умови праці, знижуючи ризик травматизму і стресу на виробництві.

Не менш важливим аспектом є те, що цифрові технології дозволяють зменшити негативний вплив виробництва на навколишнє середовище. Наприклад, за допомогою цифрових інструментів можна створювати моделі, що оптимізують використання ресурсів, зменшують енергоспоживання і скорочують кількість шкідливих викидів. Більш точне проектування і виготовлення деталей також дозволяє значно зменшити кількість відходів, що утворюються під час виробничих процесів.

Ці переваги, без сумніву, допомагають підприємствам досягати більш високих рівнів ефективності, скорочуючи витрати на виробництво, підвищуючи якість продукції та зменшуючи екологічний слід. У результаті цифрові технології сприяють розвитку сталого виробництва, що є одним з основних напрямків сучасної промисловості [4].

Зважаючи на постійний розвиток технологій і їх інтеграцію з іншими інноваційними процесами, такими як штучний інтелект, обробка великих даних та машинне навчання, можна очікувати подальшого покращення в таких сферах, як оптимізація виробничих процесів, удосконалення конструкцій, а також підвищення рівня безпеки та якості. Впровадження таких інновацій сприятиме зростанню продуктивності, зниженню витрат і зміцненню конкурентоспроможності підприємств на світовому ринку [9].

Висновки. Цифрові технології, зокрема CAD, CAM та CAE, стали основними інструментами, які трансформують процеси розробки, виготовлення та аналізу продукції в машинобудуванні. Вони значно підвищують точність,

ефективність і швидкість виробництва, знижуючи витрати та покращуючи якість кінцевої продукції. Зокрема, використання САД дозволяє створювати детальні моделі та перевіряти їх на різних етапах розробки, що дозволяє уникнути численних помилок і значно скоротити час на розробку. Водночас САМ-технології автоматизують виготовлення деталей з високою точністю, зменшуючи залежність від людського фактору та знижуючи витрати на матеріали. Інтеграція САЕ дозволяє здійснювати глибокі інженерні розрахунки, що забезпечують більш надійні і довговічні конструкції. Це дозволяє не тільки знижувати витрати на виготовлення прототипів, але й зменшувати ймовірність виникнення дефектів на етапі виробництва. Завдяки віртуальним тестуванням і аналізу можливих проблем до фізичного виготовлення, цифрові технології допомагають компаніям значно знижувати витрати і час на виробництво, покращуючи реакцію на зміни вимог ринку.

Використання 3D-друку та адитивних технологій також відкриває нові можливості для персоналізації і виготовлення складних конструкцій, що важко досягти традиційними методами. Це не лише знижує витрати на виготовлення дрібних партій, але й дозволяє оптимізувати конструкції для зменшення матеріальних витрат.

Цифрові технології також мають позитивний вплив на екологічність виробничих процесів, зменшуючи відходи і енергоспоживання, що сприяє досягненню сталого розвитку. Окрім цього, вони дозволяють зменшити масу виробів, що знижує витрати на енергію і матеріали протягом їх експлуатації.

У майбутньому важливо поєднувати інноваційні цифрові технології з новими підходами в управлінні виробничими процесами та інтеграцією новітніх методів, таких як Інтернет речей (IoT) та штучний інтелект (AI), що дозволяють оптимізувати весь ланцюг постачання та забезпечити більш ефективне управління виробництвом.

Таким чином, впровадження цифрових технологій у машинобудування є ключем до підвищення конкурентоспроможності та досягнення сталого розвитку, знижуючи витрати, покращуючи якість продукції та скорочуючи негативний вплив на навколишнє середовище. Вони також створюють нові можливості для зростання та інновацій, що є необхідними для подальшого розвитку галузі в умовах швидких змін на ринку.

Список використаної літератури

1. Наука і техніка сьогодні: веб-сайт. URL: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-11\(39\)](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-11(39)) (дата звернення 02.04.2025).
2. Ганєєв Т.Р., Прибьцько І.О., Руденко М.М., Петренко І.О. Навчальний посібник НУ «Чернігівська політехніка»: посібник. 2023. 80 с.
3. Bhat, M., & Shankar, R. Застосування CAD, CAM і CAE технологій у виробництві: веб-сайт. URL: https://www.researchgate.net/publication/335247432_Applications_of_CAD_CAM_and_CAE_Technologies_in_Manufacturing (дата звернення 02.04.2025).

4. Madhusree D., & Kamath R. Роль CAD/CAM у виробничих системах. *Вісник інженерії та технологій*: науковий журнал. 2020. Вип. 6(1). С. 45-52.
5. Goh T.N., Tan Y.T. Вплив цифрових технологій виробництва на стійкість. *Міжнародний журнал сталого виробництва*: науковий журнал. 2021. Вип. 8(2). С. 134-141.
6. Kochan M., Dabrowski B. Інтеграція CAD, CAM і CAE для розумного виробництва: веб-сайт. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S187704282031657X> (дата звернення 02.04.2025).
7. Schwarz P., Stöcker C. Роль цифрових двійників та доповненої реальності в сучасному виробництві. *Міжнародний журнал передових технологій у виробництві*: науковий журнал. 2020. Том 106(7-8). С. 2371-2382.
8. Zhao Y., Xie T. Цифровізація та автоматизація в авіаційній промисловості: CAD, CAM і CAE. *Технології авіаційної промисловості*: науковий журнал. 2022. Вип. 110. С. 156-165.
9. Chandrasekaran M., Padhy N.P. Інтеграція IoT, AI та великих даних у виробництво. *Журнал процесів виробництва*: науковий журнал. 2020. Вип. 51. С. 72-84.
10. Використання CAM у обробці ЧПУ: веб-сайт. URL: <https://www.cncacademy.com/cam-in-cnc-machining/> (дата звернення 02.04.2025).

Артур НАДКЕРНИЧНИЙ⁵³,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АНАЛІЗ ТЯГОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ У РІЗНИХ УМОВАХ ҐРУНТУ

Анотація. У статті розглянуто проблеми просторового моніторингу продуктивності сільськогосподарської техніки при обробітку ґрунту. Проведено аналіз факторів, що впливають на тягову ефективність, витрати пального та ущільнення ґрунту.

Ключові слова: обробіток ґрунту, тягове зусилля, тиск у шинах, продуктивність сільськогосподарської техніки, енергоефективність.

Annotation. The article considers the problems of spatial monitoring of the productivity of agricultural machinery during soil cultivation. An analysis of factors affecting traction efficiency, fuel consumption and soil compaction is carried out.

⁵³Науковий керівник – Анісімов В.Ф., д.т.н., професор кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

Keywords: *soil cultivation, traction effort, tire pressure, productivity of agricultural machinery, energy efficiency.*

Вступ. На сьогоднішній день дослідження в області просторового моніторингу продуктивності сільськогосподарської техніки під час робіт глибокого обробітку ґрунту були обмежені, особливо коли маємо справу з полями, де ґрунт і рельєф постійно змінюються. Дослідження у головному концентрувалися на впливі глибини обробітку ґрунту на тягу та витрату пального на передбачуваних ділянках [1-4]. Оскільки глибокий обробіток ґрунту вимагає значних енергетичних ресурсів, ці дослідження враховували різні фактори, такі як швидкість руху обладнання, налаштування, вибір інструментів та інше, що може зменшити витрати під час таких робіт. Завдяки впровадженню глобальної системи позиціонування (GPS) з'явилася можливість точно визначати місцеположення та документувати сільськогосподарські роботи.

Майже 70-90% загального ущільнення горизонту ґрунту відбувається під час першого проходження техніки по полю. Коли ми встановлюємо контроль над рухом техніки, то деякі зони, де техніка проходить, можуть мати глибше ущільнення, але між цими зонами ґрунт залишиться менше стисненим [1-4]. Для досягнення цього контролю необхідно правильно врегулювати рух різних машин, включаючи комбайни, транспортери для збору зерна та обладнання для розподілу добрив.

Перехід до контрольованого руху техніки – це не просто заміна, а складний процес, який може зайняти багато років. Тому будь-яке нове придбання повинно бути розглянуте з урахуванням цієї стратегії.

Інша стратегія для управління ущільненням ґрунту – це підтримання правильного тиску в шинах та зменшення навантаження на вісь.

Велике навантаження на вісь та вологі умови ґрунту можуть спричинити поглиблене ущільнення ґрунту [1-4]. Підвищене навантаження на вісь понад 10 тонн також збільшує ризик стиснення ґрунту під час обробки.

Виклад основного матеріалу. Тяга визначає, наскільки ефективно потужність передається від тягового пристрою до іншої поверхні. Щоб покращити тягову ефективність, можна змінити техніку роботи та налаштування обладнання. Коефіцієнт корисної дії (ККД) тяги визначається як відношення сили тяги до потужності на вісі. Зменшення швидкості при перевезенні вантажу називається скороченням ходу [1-4]. Ковзання, іноді відоме як скорочення ходу, може виникнути, навіть якщо немає вантажу. Регулювання рівня ковзання може покращити ефективність тяги. Згідно стандарту ASAE EP496.2 (2003) [1], оптимальні діапазони ковзання такі:

- Від 4% до 8% для бетону.
- Від 8% до 10% для твердого ґрунту.
- Від 11% до 13% для оброблюваного ґрунту.
- Від 14% до 16% для м'яких ґрунтів і піску.

Тягові характеристики трактора можна розрахувати, аналізуючи характеристики кожного окремого провідного колеса. Опір руху передніх коліс,

віднятий від загальної сили тяги, показує, як обчислити тягове зусилля муфти двоколісного трактора.

Стійкість ґрунту та культур визначається стандартом ASAE EP496.2 (2003) як сила, паралельна напрямку руху, що є результатом контакту між ґрунтом або культурою і робочі компоненти знаряддя [1-4].

Головним фактором, що обмежує ефективність тяги дишла, є надмірне ковзання коліс. Крім того, ми визначили, що тип ґрунту, його стан, конфігурація трактора та тип зчіпки впливають на ковзання. Для моніторингу цих параметрів була створена система збору даних, яка базується на мікрокомп'ютері [1-4]. Вона включає в себе вимірювання навантаження на муфту, швидкості двигуна, швидкості руху вперед, крутного моменту, вихідного крутного моменту трансмісії та витрати пального. Отримані дані були записані на магнітну стрічку для подальшого аналізу. Під час тестування було розраховано конкретні параметри, включаючи рівень ковзання, коефіцієнт динамічного зчеплення, крутний момент на вісі та тягове ефективність [1,2].

Ефективне управління сільськогосподарською технікою у полі є ключовим аспектом для вчасного виконання завдань [1]. Управління фінансовими аспектами технічної діяльності є важливим компонентом у сільськогосподарському виробництві, якому слід приділяти увагу. Витрати на експлуатацію техніки включають амортизацію, відсотки, податки, страхування та зберігання техніки.

Три різні умови на полі були протестовані: обробіток стерні, обробка поля долотом та робота на полі з відвалом. Ми прийшли до висновку, що споживання пального було найвищим, коли трактор працював близько до своєї максимальної потужності [1-4]. Також визначили, що ефективність використання пального була найкращою при зміні навантаження на трактор у межах 10-30%.



Рис. 1. Обробіток стерні.

Розрахункові параметри тяги є ключовими при виборі правильного трактора для управління робочим обладнанням.

Амортизація означає зменшення вартості машини з плином часу. Оцінка амортизації машин може визначати стратегію ефективного фінансового управління [2].

Дослідження, спрямоване на розробку методики для правильної оцінки потреби у баласті для трактора. Раніше вибір баласту для сільськогосподарських робіт базувався на загальних спостереженнях на полі, а не на технічних розрахунках. Традиційна концепція полягала в тому, що величина ковзання є основним показником для баластування обладнання.

Однак виявилось, що потреба в баласті залежить від типу ґрунту і не може бути оцінена лише на основі ковзання. Загальний коефіцієнт тяги використовується, як ключовий показник для надання рекомендацій щодо баластування [1,2].

Коефіцієнт чистого зчеплення може бути корисним показником належного баластування трактора, за умови, що маємо інформацію про силу тяги. Проте ця змінна також залежить від міцності ґрунту та розміру шин, що робить точні розрахунки важкими.

Основною метою правильного баластування трактора є максимізація часу, протягом якого досягається максимальна тягова ефективність, та мінімізація споживання пального.

Загальний коефіцієнт тяги є найкращим показником для правильного баластування сільськогосподарських тракторів, оскільки він не залежить від міцності ґрунту та конкретних тягових пристроїв. На жаль, багато операторів баластують своє обладнання, враховуючи найгірший можливий сценарій, з яким можуть зіткнутися, і ніколи не змінюють цей баласт [2-4].

Для досягнення максимальної тягової ефективності, необхідний загальний коефіцієнт тяги приблизно 0,50. Щоб витратити найбільше часу на досягнення максимальної тягової ефективності, баласт повинен бути меншим, ніж баласт, необхідний для найгірших сценаріїв експлуатації. Оптимальний загальний коефіцієнт тяги лежить у діапазоні від 0,54 до 0,60 і забезпечує високу ефективність тяги для більшості сільськогосподарських операцій.

Зміна тиску в шинах може позитивно вплинути на зчеплення та продуктивність роботи трактора. Провели дослідження, яке досліджувало вплив тиску в шинах на продуктивність сільськогосподарської техніки. У сільському господарстві використовують два основних типи шин: косі та радіальні [2-4]. Радіальні шини мають підсилюючі пояси, зазвичай зі сталі, які розташовані під протектором в бічному напрямку, що робить шину жорсткішою та допомагає зберегти її форму.

Шини з поперечним шаром мають шари корду, які перетинаються під кутом до протектора. Радіальні шини вважаються більш ефективними, оскільки ці підсилюючі пояси зменшують прогинання боковини шини, що впливає на продуктивність [2-4]. Ці шини також мають більший прогин бокової стінки, що збільшує площу контакту і, отже, покращує зчеплення. Однак, використання радіальних шин може спричинити проблему, яка характеризується поєднанням вібрацій та відскоку, що призводить до вертикального стрибка, особливо на тракторах із переднім і заднім приводом.

Важливими перевагами зниження тиску в шинах є покращення тягової ефективності, підвищення ефективності використання пального, зменшення ущільнення ґрунту та контроль над стрибками потужності [2,3].

Випробування включали дискування мокрої глини при двох різних тисках в шинах: високому (165 кПа) та низькому/правильному (76 кПа для задніх шин та 90 кПа для передніх шин).

Випробування на суглинкових ґрунтах, включали два різних тиски в шинах: високий (165 кПа) і низький/правильний (97 кПа для задніх шин та 90 кПа для передніх шин). Використовували сільськогосподарський трактор John Deere 8870 з повним приводом для проведення тестів. Зібрані дані про ґрунт включали вологість, об'ємну щільність та індекс конуса. В результаті експериментів, дійшли висновку, що трактор з нижнім тиском в шинах споживав на 20% менше пального і демонстрував збільшення продуктивності на 5,7%.

Поточний підхід у сільському господарстві призводить до циклічного процесу, коли ґрунт стискається під впливом важкої сільськогосподарської техніки, а потім намагається відновити свій стан за допомогою обробки ґрунту або природних процесів, таких як замерзання і розморожування [2,3].

Природні процеси мають своїм чином здатність зменшувати стисненість ґрунту протягом декількох років, але багато сільськогосподарських виробників прагнуть швидшого вирішення проблеми ущільнення. Для цього вони використовують обробку ґрунту, як основний метод для розпушення стиснутих шарів.

Численні дослідження показали, що контрольований рух є ефективним засобом зменшення ущільнення в сільськогосподарських роботах.

Обладнання обмежується заздалегідь визначеними маршрутами, щоб зменшити площу ґрунту, а рух транспорту обмежено сухими ґрунтами [2,3]. Кінематична технологія реального часу використовується для керування обладнанням із точністю до сантиметра. Виробники, зокрема John Deere та Trimble, мають на ринку системи ведення сільського господарства, які автоматично спрямовують трактор за заздалегідь визначеним шляхом. Ці системи часто використовуються для встановлення систем внутрішнього зрошення, де точність має вирішальне значення [3].

Системи наведення дозволять легко реалізувати контрольований рух, а в деяких випадках усунути потребу в операціях глибокого обробітку ґрунту. Контрольований рух дозволяє знизити витрату пального на 6%, а контрольоване заглиблення на 9% зниження тяги.

Обробіток ґрунту можна визначити як механічну обробку ґрунту з метою посилення росту сільськогосподарських культур [3-5].

Процеси обробки ґрунту використовуються для зменшення об'ємної щільності та зниження міцності ґрунту для сприяння розвитку коренів. Інколи глибокий обробіток називається глибоким ґрунтуванням, забезпечує метод полегшення поганих фізичних властивостей, спричинених ущільненням ґрунту.

Наявність твердих шарів та інших обмежувальних шарів вимагає глибокого обробітку ґрунту, щоб розбити ці шари та дозволити корінню досягти

горизонту на початку вегетаційного періоду для доступу до цінних поживних речовин і вологи [3-5].

Глибокорозпушування збільшує використання підґрунтової вологи в ґрунтах з коренеобмежуючими шарами.



Рис. 2. Глибокорозпушувач ГР-3,4.

Глибокий обробіток ґрунту може принести користь протягом короткого періоду часу або створити негативні наслідки. Глибоке ґрунтування неефективне для зменшення впливу ущільнення на мулистий суглинковий ґрунт.

Існує тенденція до збільшення насипної щільності протягом двох років як у розораних, так і в нерораних областях. Також можна відзначити, що підґрунтування має короточасний сприятливий ефект, але небажано зміщує горизонти ґрунту. Подальші операції культивування, що вимагають руху машин, разом із природним осіданням частинок ґрунту, можуть призвести до зменшення порового простору, який утворився глибоким обробітком ґрунту. Таким чином, деякі ґрунти можуть вимагати щорічного глибокого ґрунтування, щоб допомогти зменшити міцність ґрунту та його об'ємну щільність і покращити ріст рослин. Однак, глибокий обробіток ґрунту потребує великої кількості енергії та може бути дорогим, якщо це потрібно щорічно [3-5].

Доцільно рекомендувати глибоке ґрунтування, коли ґрунт має достатню вологість, щоб поверхня руйнування ґрунту та потребу в енергії можна мінімізувати. Глибокий обробіток при сухих умовах скорочує витрату палива на 19% і зниження тяги на 28%.

Зростання вартості палива спонукає виробників розглядати альтернативні методи обробки ґрунту, щоб зменшити витрати на виробництво. Більшість виробників зернових культур обробляють ґрунт на постійній глибині, як правило, обмежуючись вмістом вологи в ґрунті та/або розміром використовуваного трактора та знаряддя. Однак ущільнення ґрунту відбувається на різних глибинах по всьому полю, і багато виробників заглиблюються глибше, ніж потрібно [4].

Метод, відомий як спеціальний обробіток ґрунту, зменшує потребу в енергії та заощаджує витрати на паливо, обробляючи лише на глибину, необхідну для руйнування шарів ущільнення. Знаючи, де розташоване ущільнення по всьому полю, і виконуючи обробку ґрунту на певній ділянці, можна зменшити потребу в енергії та оптимізувати врожайність

По-перше, шар ущільнення розташовується по всьому полю, а зони обробітку розподіляються відповідно до глибинних шарів. Методи визначення місця розташування шарів ущільнення включають об'ємну щільність, індекс конуса та електропровідність [3,4].

У проведеному дослідженні визначалися фізичні характеристики ґрунту, включаючи його об'ємну щільність та конусний індекс, з метою визначення глибини ущільнення. Результати показали, що існує деяка, але невелика, залежність між сухою об'ємною щільністю та конусним індексом для конкретного типу ґрунту, який досліджувався.

Усі ділянки поля не досягали порогового значення індексу конуса 2,0 МПа, але деякі їх частини перевищували це значення. Враховуючи ці результати, було визначено, що глибоке ґрунтування ділянок поля, які перевищували значення індексу конуса 2,0 МПа, могло призвести до значного зменшення споживання палива на 50% у порівнянні з однорідним глибоким ґрунтуванням всього поля [4].

Можливість використання різних методів обробки ґрунту для певних ділянок з метою зекономити енергію та максимізувати врожайність кукурудзи.

Проведенні експерименти за трьома різними схемами обробки ґрунту.

Перша схема включала індивідуальний обробіток ґрунту на трьох різних глибинах: 25 см, 35 см і 45 см.

Друга схема імітувала рівномірне глибоке оброблення на глибині 45 см, а третя схема не включала обробку.

Результати показали, що обидва методи обробки (індивідуальний та рівномірний) мали подібний вплив на врожайність кукурудзи, який був кращий, ніж без обробки.

Дослідження також включало в себе різні методи обробки покривних культур, проте вони не суттєво вплинули на врожайність кукурудзи. Загалом глибокий обробіток на невеликих глибинах 25 см і 35 см споживав менше тяги, порівняно з глибоким обробітком на глибині 45 см, що в свою чергу призвело до економії часу та енергії [4-6].

Для оцінки продуктивності обладнання було виміряно кілька змінних. Нижче наведено перелік безпосередньо вимірюваних змінних, які розглядаються як основні компоненти для вимірювання продуктивності обладнання: витрата палива; крутний момент; температура відпрацьованих газів; швидкість колеса; потужність двигуна; позиція GPS.

Точне вимірювання витрати палива для дизельного двигуна може бути складним завданням. Паливо, що подається з паливного баку, називається паливом для подачі, подається насосом форсунки до форсунок під високим тиском. Коли паливо подається до форсунок, впорскується лише необхідна кількість палива залежно від частоти обертання двигуна та навантаження, а решта повертається в бак. Обхідне паливо зазвичай називають зворотним паливом. У цей момент паливо, що повертається, нагрівається, через що його гравіметричні властивості відрізняються від палива за температури навколишнього середовища або температури в паливному баку. Щоб точно

виміряти споживання палива, необхідно охолодити зворотне паливо, виміряти об'єм і відняти цю кількість від палива, що подається, щоб точно розрахувати фактичне впорскування палива [4,5].

Датчик палива має вбудований резервуар, який забезпечує двигун паливом. Зворотне паливо охолоджується через внутрішній теплообмінник і направляється в резервуар перетворювача замість паливного бака трактора. Перетворювач працює за концепцією постійно підтримувати фіксований об'єм у цьому резервуарі. Щоб підтримувати цей фіксований об'єм, паливо подається з паливного бака трактора в резервуар. Ця кількість являє собою кількість палива, доданого для підтримки фіксованого об'єму резервуара, і є кількістю споживання [4-6].

Вимірювання виконується лічильником, в якому чотири поршні з'єднані з колінчастим валом. Паливо надходить через порожнину колінчастого вала в поршневі циліндри, таким чином обертаючи колінчастий вал. Обертання колінчастого вала вимірюється двома датчиками Холла, (рис. 3) які виробляють дванадцять імпульсів за один оберт. Кожен імпульс дорівнює приблизно $0,333 \text{ см}^3$. Цифрове множення імпульсів дає кінцевий вихідний сигнал $500 \text{ імпульсів/см}^3$ [24-26].

Для вимірювання крутного моменту задньої ведучої осі потрібен був датчик крутного моменту. Існує кілька типів перетворювачів, що відрізняються параметрами передачі потужності та сигналу, починаючи від з'єднувачів із контактними кільцями й закінчуючи радіочастотною передачею сигналу для обертових валів або, у цьому випадку, осі.



Рис. 3. Датчик витрати палива Corrsys Datron DFL-3.

Тензодатчик підключено до передавача, який передає сигнал на приймач за допомогою радіочастоти. Потім система обробки сигналів інтерпретує сигнал і видає аналоговий сигнал напруги ($\pm 10 \text{ В}$) на основі величини крутного моменту, що прикладається до осі. Повний крутний момент був розрахований відповідно до діаметра вала, а потім поділений на 10, щоб визначити величину крутного моменту. Потім сигнал направляється в цифровий/аналоговий модуль системи збору даних [5,6].

Висновки. У результаті проведеного дослідження були оцінені фізичні властивості ґрунту, включаючи об'ємну щільність та конусний індекс, з метою встановлення глибини ущільнення. Виявлено, що існує певна, хоча й невелика,

залежність між сухою об'ємною щільністю та конусним індексом для конкретного типу ґрунту, що досліджувався.

Список використаної літератури

1. Холодюк О.В. Глобальні навігаційні супутникові системи та їх роль у технологіях точного землеробства. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2020. № 2 (109). С. 71-87.
2. Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б., Труханська О.О. Технічний сервіс в АПК: навч. посіб. Т. 1. Вінниця: ВНАУ. 2019. 648 с.
3. Супрун Д.Г., Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б. Ремонт машин та обладнання: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ. 2012. 85 с.
4. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Мазур В.А., Паламарчук О.Д. Новітні агротехнології у рослинництві: підручник. Вінниця. 2017. 602 с.
5. Кухтов В.Г, Іванова Ю.В., Лебедева І., Створення інформаційної бази для контролю якості запасних частин сільськогосподарської техніки. *«Техніка і технології АПК»*: науковий журнал. 2012 №4 (31). С.37-39.
6. Чернілевський М.С., Білявський Ю.А., Кропивницький Р.Б., Ворона Л.І. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: навч. посібник. Вид. 2-ге, допов. Житомир: Вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2012. 84 с.

Дарія РЕЗНІК⁵⁴,
студентка 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

РОЛЬ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У СУЧАСНОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

Анотація: У статті досліджується роль композиційних матеріалів у сучасному машинобудуванні, їхні переваги, основні види та сфери застосування. Окреслено ключові характеристики композитів, зокрема їхню високу міцність, малу вагу, стійкість до корозії та довговічність, що робить їх незамінними у багатьох галузях.

Ключові слова: композиційні матеріали, машинобудування, високоміцні матеріали, корозійна стійкість, легкі конструкції, перспективи розвитку.

Annotation: The article examines the role of composite materials in modern engineering, their advantages, main types and applications. The key characteristics of

⁵⁴Науковий керівник – Дацюк Д.А., кандидат технічних наук, старший вкладач кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК.

composites, including their high strength, light weight, corrosion resistance and durability, are outlined, which makes them indispensable.

Key words: *composite materials, mechanical engineering, high-strength materials, corrosion resistance, lightweight structures, development prospects.*

Вступ. Сучасне машинобудування є однією з ключових галузей промисловості, що визначає технологічний розвиток суспільства. Одним із найважливіших напрямів його вдосконалення є впровадження новітніх матеріалів, здатних забезпечити високу міцність, легкість, стійкість до зношування та корозії. Одними з найперспективніших у цьому контексті є композиційні матеріали, які дають нові можливості для створення надійних і довговічних конструкцій у транспортному, авіаційному, суднобудівному та інших секторах промисловості.

Композиційні матеріали складаються з двох або більше компонентів, що поєднують найкращі властивості своїх складових. Основними типами композитів, що використовуються в машинобудуванні, є полімерні, металеві та керамічні композити. Вони значно переважають традиційні матеріали, такі як сталь та алюміній, завдяки їхній високій питомій міцності, термостійкості, хімічній інертності та можливості адаптації під конкретні експлуатаційні умови.

Актуальність дослідження ролі композитів у машинобудуванні пояснюється зростаючими вимогами до енергоефективності, надійності та екологічності транспортних засобів і промислових механізмів. Використання композитних елементів дозволяє знизити вагу конструкцій, підвищити міцність, а також знизити експлуатаційні витрати та негативний вплив на довкілля.

У цій статті розглянуто основні види композиційних матеріалів, їхні властивості, технології виробництва, переваги та недоліки, а також перспективи подальшого розвитку та застосування у сучасному машинобудуванні.

Виклад основного матеріалу. Конструкційні матеріали - це основи, з яких створюють елементи конструкцій (машин та споруд), що піддаються впливу силових факторів (навантажень). Відмінною рисою конструкційних матеріалів є їхні механічні властивості, що виділяє їх серед інших технічних матеріалів (оптичних, ізоляційних, змащувальних, лакофарбових, абразивних та ін.). Ключові критерії для оцінки якості конструкційних матеріалів включають показники стійкості до зовнішніх сил: міцність, ударну в'язкість, витривалість, термін служби та інші.

Протягом століть люди використовували для своїх потреб - знарядь праці, мисливського спорядження, домашнього начиння, прикрас та інших предметів - досить невелику кількість матеріалів: деревину, камінь, рослинні та тваринні волокна, обпалену глину, скло, бронзу, залізо. Промислова революція XVIII століття та подальший розвиток технологій, зокрема винайдення парових машин, а наприкінці XIX століття - двигунів внутрішнього згоряння, електричних машин і автомобілів, суттєво розширили і ускладнили потреби у матеріалах, з яких виготовлялися їхні компоненти, що функціонували в непростих умовах. Основними конструкційними матеріалами стали металеві сплави, серед яких

виділялися сплави на основі заліза (чавуни та сталі), а також кольорові метали: сплави міді (бронзи та латуні), свинцю та олова [3].

У процесі розробки літальних апаратів, де визначальним критерієм міцності матеріалів була питома міцність, значне поширення здобули деревні композити (фанера), малолеговані сталі, алюмінієві та магнієві сплави. Розвиток реактивної та ракетної інженерії зумовив потребу в розробці нових жароміцних сплавів на основі нікелю та кобальту, сталей, титанових, алюмінієвих, магнієвих сплавів, які могли б працювати в умовах екстремальних температур.

Удосконалення техніки на кожному етапі розвитку породжувало дедалі вимогливіші запити до конструкційних матеріалів (термостійкість, зносостійкість, електропровідність та інші характеристики) та стимулювало створення нових матеріалів. Приміром, суднобудуванню необхідні сталі та сплави з доброю зварюваністю та підвищеною корозійною стійкістю, а хімічному машинобудуванню – з високою стійкістю до агресивних хімічних середовищ.

Для більшості сфер техніки важливі конструкційні матеріали, які поєднують міцність конструкції з відмінними теплозахисними, електричними, оптичними та іншими характеристиками [4].

Композити – це матеріали, котрі демонструють унікальний набір фізико-механічних властивостей та характеристики, необхідні для ефективного застосування. Їх отримують через комбінування двох або більше складових, між якими є чіткі границі розділу, і які розрізняються за хімічним складом, структурою та фізико-хімічними параметрами.

Історія КМ простягається на багато століть. Наприклад, зміцнення мармурових колон металевими стрижнями було звичайною практикою у Стародавній Греції. Залізобетон розглядається як один із перших промислових К. м. і широко використовується з кінця XIX століття. З 1960-х років найбільше поширення в техніці отримали штучні К. м. зі зміцнювальними компонентами на основі волокон, дроту та ниткоподібних кристалів. Спеціальну категорію складають природні К. м. — евтектичні металеві сплави, в структурі яких присутні фази волокнистої або пластинчастої форми, що виникають в ході спрямованої кристалізації розплавів евтектичного складу [2].

Основні властивості композитних матеріалів (КМ) зумовлені двома складовими: матрицею, яка формує безперервне середовище, і наповнювачем – переривчастими частками різної геометрії, розподіленими в матриці. Переривчастий компонент виконує роль армуючого елемента.

Армуючий елемент може забезпечувати міцність (у конструкційних КМ) або впливати на функціональні властивості матеріалу, наприклад, теплофізичні, електричні, магнітні, триботехнічні тощо.

Як зміцнюючий елемент або наповнювач використовуються високоміцні дроти (сталь, вольфрам, молібден, берилій), ниткоподібні кристали з SiC, Al₂O₃, Si₃N₄ й інші подібні, неметалічні волокна (вуглець, бор, скло, базальт, кераміка), а також порошки та гранули металів, інтерметалідів і кераміки. Наповнювачі, що армують, зобов'язані забезпечувати міцність, твердість, здатність проводити

електрику, стійкість характеристик в конкретному температурному інтервалі, відсутність руйнування структури та властивостей через дифузійні процеси на стику волокно-матриця. В ролі матриці виступають полімери, метали та їхні сплави, інтерметалеві сполуки, кераміка (оксиди, карбіди, нітриди), вуглець, скло та інші різновиди матеріалів [1].

У процесі створення композитних матеріалів надзвичайно важливе значення має їхній склад, тобто комбінація елементів, що зумовлює характеристики кінцевого виробу. Наприклад, поліімідна плівка формується методом нанесення спеціальних лакових складів на підкладку з вуглецю або склопластику. Отриманий матеріал поєднує в собі чудові ізоляційні властивості та високу механічну міцність. Цей ізолятор широко використовується у виробництві, зокрема, роторів електродвигунів, кабельної продукції, а також як основа для друкованих плат, які випускаються масовими тиражами та застосовуються в різних галузях людської діяльності.

Фундаментом будь-якого КМ є матриця – матеріал, що забезпечує монолітність конструкції та її опір до деформацій. До матриці додаються інші складники, які формують ключові властивості КМ та дозволяють досягти необхідних характеристик фінального композиту. Від армування матриці залежить міцність та пружність готового виробу. На це впливає схема армування та розмір армуючого наповнювача [5].

Основні типи композитів.

Ще одним видом плівкового ізолятора є імідофлекс, виготовлений також на основі скловолокна та поліімідної плівки. Створений таким чином продукт застосовують для ізоляції якірної обмотки та ручної ізоляції з'єднань. Цей ізоляційний матеріал демонструє необхідну термостійкість, завдяки чому придатний до використання в умовах нагрівання обладнання. До того ж, імідофлекс відзначається підвищеною міцністю на вигин, що дозволяє використовувати його для ізоляції рухомих ділянок з'єднань. Така ізоляція гарантує тривалий термін експлуатації.

Іншим різновидом ізоляційного композиту є синтофлекс, який представляє собою матеріал на основі електрокартону з нанесеною з одного боку плівкою. Готовий продукт знаходить застосування у виробництві потужних електромеханічних приладів та механізмів для ізоляції нерухомих з'єднань. Слід зазначити, що синтофлекс не вирізняється стійкістю до високих температур та призначений для використання до 120° С. Листи пленкоелектрокартону можуть мати різну товщину, що дає змогу вибрати потрібний розмір для різних умов застосування [3].

Набагато ширшу сферу застосування демонструє лавсанова плівка. Вона не тільки виступає в ролі електроізолятора, але й активно використовується у виготовленні автомобільних деталей, покриттів для підлоги, аудіо- та відеоплівки, шлангів та інших необхідних предметів повсякденного вжитку. Такий широкий спектр використання обумовлений унікальними властивостями цього матеріалу, серед яких виділяються [2]:

- Газонепроникність;

- Світлопропускна здатність;
- Здатність до фарбування та нанесення лаків на поверхню;
- Вологостійкість;
- Висока міцність та тривалий термін служби.

До того ж, лавсанова плівка знаходить застосування як термоформувальний матеріал у парфумерній та побутовій хімії.

Окрім електроізоляційних, є й інші різновиди:

- Керамічні композити, що використовуються для теплоізоляції в умовах підвищених навантажень, як-от газові турбіни, електропічки та інше обладнання, що функціонує при високих температурах.

- Органопластики, тобто КМ, що поєднують органічні та синтетичні матеріали. Скажімо, вироби типу органічного скла виготовлені з подібних композитів. Мають покращену механічну міцність. Приклад: кевлар, який використовується у бронежилетах, - це композиційний матеріал на базі вуглепластику.

- Металокомпозити формуються внаслідок комбінування кольорових металів, наприклад, міді та наповнювача. Результатом є матеріал з підвищеною стійкістю до температурних змін та зносостійкістю.

Композиційні матеріали (КМ) широко використовуються в машинобудуванні, авіації, суднобудуванні та інших галузях завдяки унікальному поєднанню властивостей. Проте, як і з будь-якими іншими речами, вони характеризуються певними плюсами та мінусами [4].

Переваги композиційних матеріалів:

1. Висока міцність і жорсткість - КМ можуть бути міцнішими за традиційні метали, зберігаючи при цьому меншу вагу, вуглепластики, наприклад, мають міцність, що перевищує сталь при значно меншій масі.

2. Мала питома вага – вони легші за метали, що особливо важливо в авіа- та автопромисловості, де зниження маси підвищує енергоефективність.

3. Стійкість до корозії - на відміну від сталі, композиційні матеріали не піддаються корозії, що зменшує витрати на обслуговування та продовжує термін служби виробів.

4. Хімічна стійкість - висока стійкість до агресивних середовищ, що робить їх придатними для використання у хімічній промисловості.

5. Висока довговічність та зносостійкість - композити славляться тривалішим терміном служби у порівнянні зі звичними матеріалами.

6. Можливість створення матеріалів із заданими властивостями - шляхом зміни складу матриці та наповнювача можна отримати матеріал з потрібними характеристиками (наприклад, гнучкість, термостійкість, ударостійкість).

7. Низька теплопровідність - використовуються як теплоізоляційні матеріали в будівництві та авіації.

Недоліки композиційних матеріалів:

1. Висока вартість виробництва - складність виготовлення та потреба в дорогих матеріалах роблять КМ дорожчими за традиційні метали.

2. Складність переробки та утилізації - більшість композитів важко або неможливо переробити, що створює екологічні проблеми.

3. Низька ударостійкість у деяких видах КМ - наприклад, вуглепластики можуть бути крихкими та руйнуватися при різкому ударі.

4. Складність ремонту - при пошкодженні ремонт композитних матеріалів значно складніший і дорожчий, ніж у випадку металів.

5. Температурні обмеження - деякі види КМ (наприклад, полімерні композити) можуть втрачати свої властивості при високих температурах.

6. Анізотропність - багато композитних матеріалів мають напрямну структуру, що означає різні механічні властивості у різних напрямках, що може бути обмеженням для деяких конструкцій.

7. Проблеми з адгезією (з'єднанням) - композити складніше з'єднувати між собою та з іншими матеріалами, що потребує спеціальних клеїв або методів кріплення.

Висновок. Композиційні матеріали відіграють ключову роль у розвитку сучасного машинобудування, забезпечуючи новий рівень ефективності, довговічності та надійності конструкцій. Завдяки своїм унікальним властивостям, таким як висока міцність при низькій масі, стійкість до корозії та зношування, композити активно використовуються в авіації, автомобілебудуванні, суднобудуванні та інших галузях.

Впровадження новітніх технологій у виробництво композиційних матеріалів дозволяє не лише покращити експлуатаційні характеристики виробів, але й зменшити енергоспоживання та негативний вплив на довкілля. Незважаючи на певні недоліки, зокрема високу вартість виробництва та складність переробки, композитні матеріали залишаються перспективним напрямом розвитку машинобудівної галузі.

Подальші дослідження в цій сфері спрямовані на оптимізацію технологій виробництва, розробку більш екологічних та економічно вигідних матеріалів, а також розширення сфер їхнього застосування. Це відкриває нові можливості для створення ще більш ефективних, безпечних і довговічних конструкцій, що сприятиме прогресу сучасного машинобудування.

Список використаної літератури

1. Композиційні матеріали: веб-сайт. URL: https://esu.com.ua/article-4385?utm_source (дата звернення 10.02.2025).

2. Застосування пластмас: веб-сайт. URL: https://plastmass.kiev.ua/uk/zastosuvannya-plastmas/?utm_source (дата звернення 17.02.2025).

3. Види і основні характеристики композиційних матеріалів : веб-сайт. URL: <https://pkf-elektroplast.com.ua/ua/a461180-vidy-osnovnye-harakteristiki.html?srsId=AfmBOorl6FzMbICpLuC7ur6D8xIZbksrXGVT3nfOkkP2viwt-VXTFeLH> (дата звернення 25.02.2025).

4. Конструкційні матеріали: веб-сайт. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1>

%80%D1%83%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D1%96 %D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%B8
(дата звернення 11.03.2025).

5. Яковенко І.Е., Пермьков О.А., Фесенко А.В. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник. Харків НТУ «ХПІ». 2022. 422 с

Володимир ШКУТА⁵⁵,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

РОЛЬ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПРОДУКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН: АНАЛІЗ ВИТРАТ ТА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

***Анотація.** Дослідження вивчало історичне використання дизельного палива для бездоріжжя сільськогосподарської техніки, сучасні тенденції підвищення ефективності дизельного палива та потенціал оцінки паливної ефективності за допомогою вдосконалених процедур тестування. Додаткова робота оцінює точність машинних даних.*

***Ключові слова:** сільськогосподарська техніка, нафтопродукти, бездоріжжя, експлуатація, крутний момент, двигун.*

***Annotation.** The study examined the historical use of diesel fuel for off-road agricultural equipment, current trends in diesel fuel efficiency, and the potential for estimating fuel efficiency through improved testing procedures. Additional work is evaluating the accuracy of machine data.*

***Keywords:** agricultural machinery, petroleum, off-highway, operation, torque, engine.*

Вступ. Сільське господарство в сучасному світі надзвичайно важливе для забезпечення продовольчої безпеки і виробництва сировини для промисловості. Ефективність сільськогосподарської техніки впливає на врожайність і якість сільськогосподарської продукції [1-5]. Одним із факторів, що впливають на ефективність роботи сільськогосподарської техніки, є використання нафтопродуктів.

Нафтопродукти, такі як дизельне пальне, мають важливе значення для сільськогосподарської техніки, особливо для тракторів, комбайнів та інших сільськогосподарських машин. Вони використовуються як паливо для двигунів

⁵⁵Науковий керівник – Телятник І.А., асистент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

цих машин і надають їм необхідну потужність для виконання сільськогосподарських операцій.

Існують різні види нафтопродуктів, такі як дизельне пальне, бензин, газовий нафтовий газ (пропан) та змащувальні рідини. Кожен з них має свої унікальні хімічні і фізичні властивості, які можуть впливати на роботу сільськогосподарської техніки.

Вплив нафтопродуктів на ефективність сільськогосподарської техніки [1]:

Потужність та продуктивність: тип нафтопродукту може впливати на потужність двигуна і, відповідно, на продуктивність сільськогосподарської техніки. Використання недоречного палива може призвести до зниження ефективності роботи машини і збільшення витрати пального.

Надійність і технічний стан: погана якість пального може призвести до порушень роботи двигуна і інших частин сільськогосподарської техніки. Важливо використовувати високоякісні нафтопродукти, щоб забезпечити довгий та надійний технічний стан машин.

Витрати пального: різні види нафтопродуктів мають різну енергетичну щільність, що впливає на витрати пального. Важливо обирати оптимальний тип палива, який дозволить зменшити витрати і підвищити ефективність виробництва [1-5].

Виробники сільськогосподарської техніки активно працюють над поліпшенням паливної ефективності своєї продукції, спрямовуючи свої зусилля на досягнення більш вигідних умов для споживачів. Використання якісних нафтопродуктів, включає в себе зниження експлуатаційних витрат, підвищення продуктивності, поліпшення аспектів енергоефективності та захисту довкілля.

Випробування сільськогосподарських тракторів зосереджено насамперед на характеристиках максимальної продуктивності але для кращого вимірювання потрібні розширені процедури тестування паливна ефективність для випадків навантаження, характерних для польових операцій [1-5]. Це допомогло б фермерам приймати кращі рішення щодо купівлі та використання обладнання та допомагати виробникам кількісно оцінювати підвищення ефективності; зрештою, сприяти безперервному прогресу до кращої ефективності.

Нафтопродукти відіграють ключову роль у сільському господарстві, впливаючи на ефективність роботи сільськогосподарської техніки. Вибір правильного типу палива і дотримання високих стандартів якості можуть допомогти підвищити продуктивність та надійність машин, а також зменшити витрати на експлуатацію.

Виклад основного матеріалу. Агропромисловий комплекс (АПК) України є однією зі стратегічно важливих галузей національної економіки, від якої залежить забезпечення продовольчою безпекою та експортними можливостями країни. Використання нафтопродуктів у сільському господарстві та сільськогосподарській техніці відіграє ключову роль у процесах виробництва сільськогосподарської продукції та її конкурентоспроможності на світовому ринку [1-5].

Використання дизельного палива в Україні залишалося відносно постійним з 1995 років, але скоротилося незначно в 2019 році, що можна пояснити зростанням цін і економічною рецесією (рис. 1).

За попередніми оцінками Українського клубу аграрного бізнесу, посівні площі під зерновими культурами у 2023 році становитимуть 8,7 млн га, що на 22% менше показника 2022 року та на 45% менше показника 2021 року [1,2]

Відтак, у 2023 році в Україні буде на 45% скорочено посівні площі під зерновими культурами та на 60% менше отримано врожаю зернових в порівнянні з довоєнним 2021 роком.

Станом на грудень 2022 року з 28,4 млн га всіх посівних площ, що були в обробітку у 2021 році по всій території нашої країни, на підконтрольній території України знаходиться 24,6 млн га (86% всієї території), з яких ще 3,8 млн га неможливо посіяти через близькість до лінії фронту [1-3].

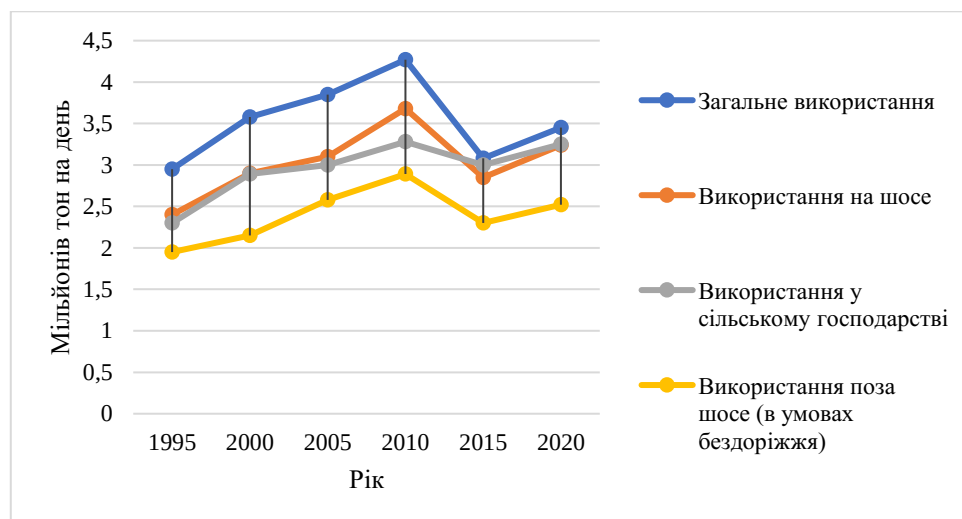
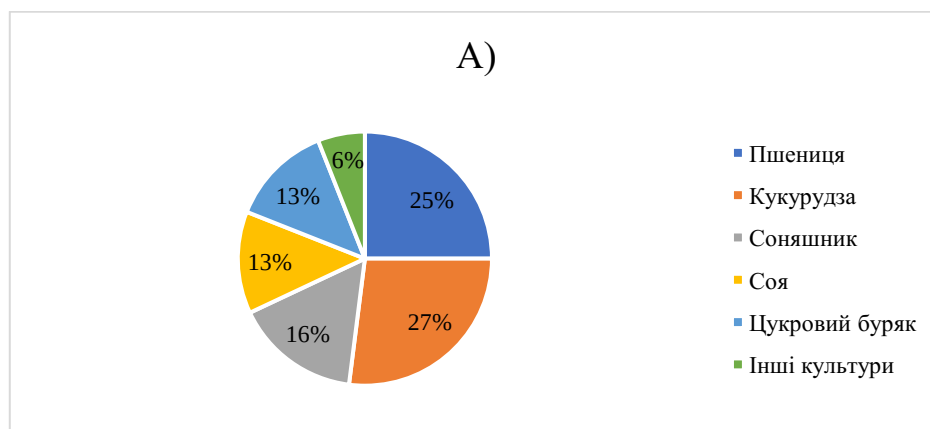


Рис. 1. Історичне споживання дизельного палива в Україні.

Сільськогосподарські культури, на які, за оцінками, припадає 58% використання дизельного палива в сільському господарстві України, включають кукурудзу, сою, пшениця, сіно, і люцерна, відповідно, на основі на зібрано урожай область і а останній аналіз з розрахункове використання палива за культурами (рис. 2).



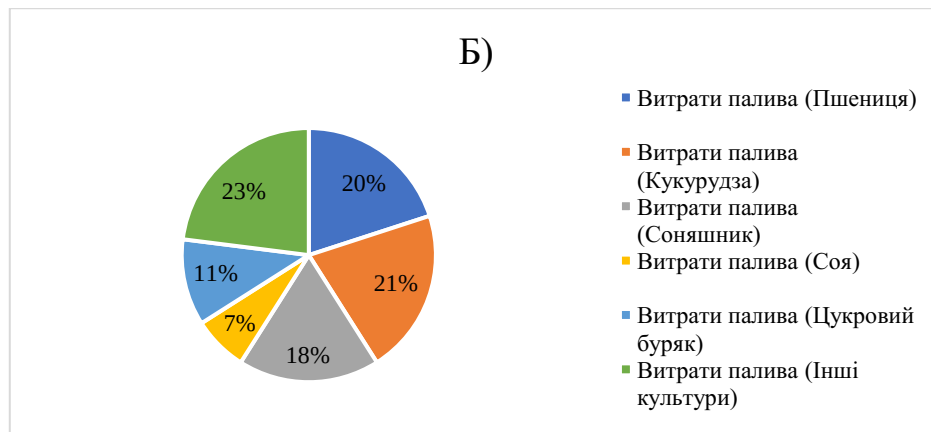


Рис. 2. Розрахункове використання дизельного палива за зібраним урожаєм у 2020 році: А) зібрано площ за посівами; Б) оцінка дизельного палива використання за культурами.

Використання дизельного палива в цих системах землеробства є головним від обробітку ґрунту, урожайності та інших операції (сівба, обприскування, збирання). На підготовку ґрунту витрачається 47% палива, на сівбу та застосування хімікатів – 19%, на збір урожаю – 34% (рис. 3) [1-4].



Рис. 3. Цикл вирощування сільськогосподарських культур та використання дизельного палива.

Ефективність дизеля значно змінюється в залежності від типу машин, умов експлуатації (тип ґрунту, щільність, вологість) і змінність оператора. Споживання дизельного пального в АПК України на одиницю площі зазнало незначного зменшення протягом останніх двох десятиліть, як це видно з рисунка 4. На даний момент витрати на дизель оцінюються на рівні 5% на гектар від загальних витрат на виробництво [2,3].

Це означає, що дизельне пальне залишається важливим елементом в сільському господарстві, проте його вплив на фінансову структуру витрат АПК є обмеженим і досить незначним за останні роки.

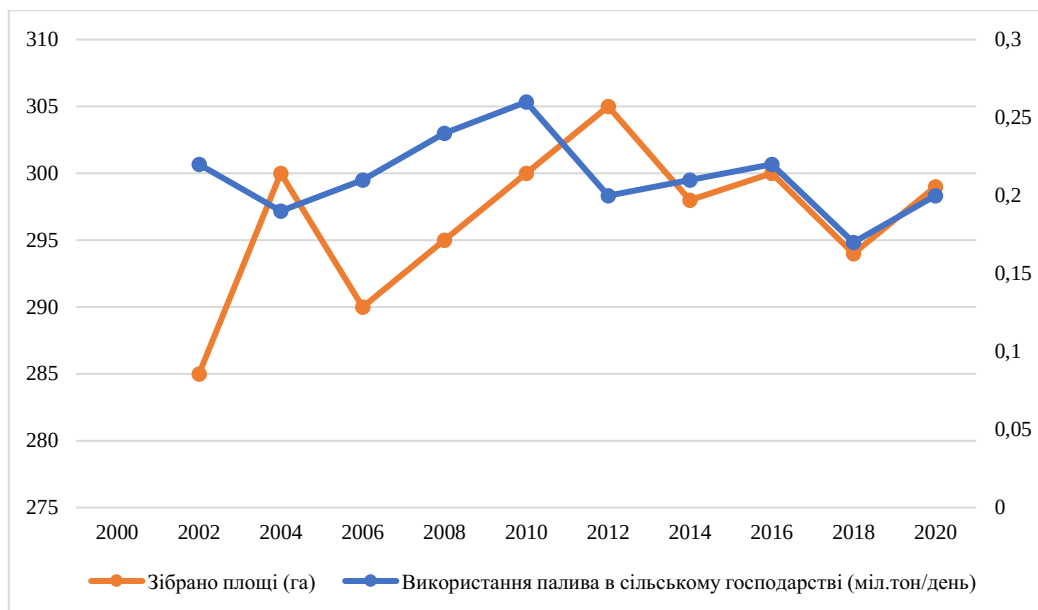


Рис. 4. Використання дизельного палива відповідно зібраних гектарів 2002-2020 рр.

Більшість сільськогосподарських робіт, які виконуються за допомогою механізованих засобів, базуються на використанні тракторів як основного джерела потужності. Проте сам трактор, без навісного обладнання, має обмежену корисність. Для виконання конкретних завдань, таких як обробка ґрунту, вирощування та збирання врожаю та інші операції, потрібно встановлювати спеціальне обладнання на трактор [3-5].

Сучасні трактори зазвичай оснащуються різними джерелами потужності, такими як двигун, вал для приводу, і система гідравлічного управління. Ці ресурси забезпечують необхідну потужність для виконання різних сільськогосподарських завдань.

Багато уваги та зусиль було приділено розвитку тракторів, оскільки саме вони використовують паливе для створення механічної потужності. Протягом століть від появи тракторів були внесені значні інновації та поліпшення у їхні двигуни, силові системи та допоміжні системи живлення. Результатом цих зусиль стали значні покращення в сфері сільськогосподарської техніки [3-5].

Питома витрата пального (ПВП) для тракторів, в проміжку часу з 2000 року по 2020 рік, показала значний приріст ефективності. Потужність двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) покращилася на 19,7%, а для потужності, яку трактор передає через вал відбору потужності (ВВП) – на 23,4%. Це означає, що ми порівнюємо дані, які середньо відображають останні два роки даного періоду, з даними, які відображають перші два роки цього самого періоду (рис. 5).

Важливо зауважити, що ці тенденції, можуть не враховувати всі моделі тракторів, що виробляються промисловістю (з деякими винятками для тракторів, які продаються в Україні). Крім того, мінімальна потужність тракторів, яка підлягає офіційним випробуванням, з часом зростає, щоб уникнути необхідності випробування дрібних тракторів, які призначені для використання в комерційному сільському господарстві, наприклад, в садівництві [3,4].

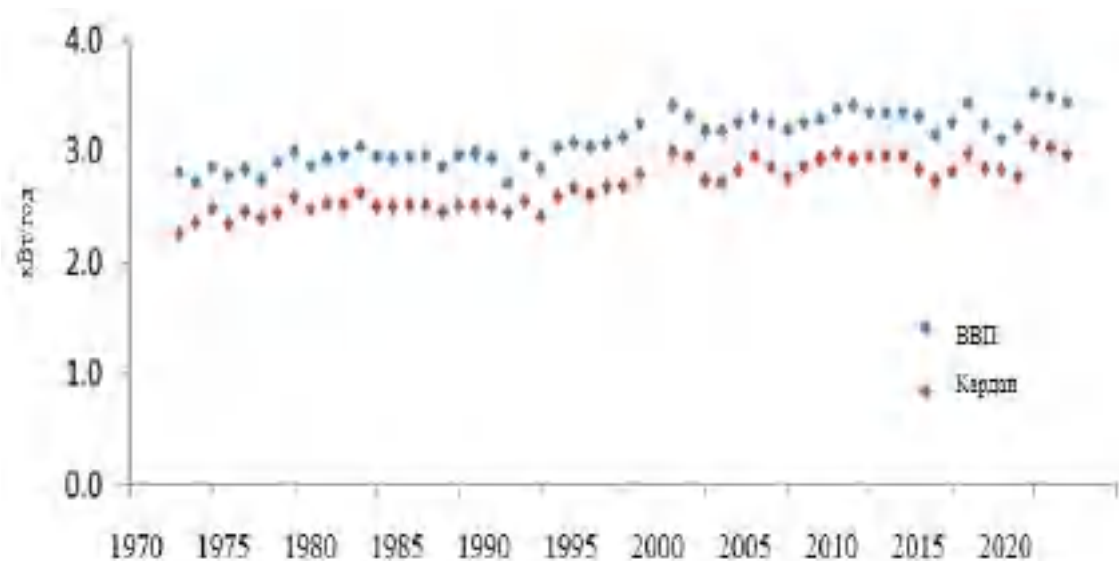


Рис. 5. Середньорічна питома об'ємна витрата палива для дизельних тракторів.

Підвищена ПВП спостерігався в тракторах з вищим рівнем потужності ВВП, що може бути наслідком до паразитних навантажень, які становлять меншу частку валової потужності, коли рівні потужності збільшуються (рис. 6, 7) [4,5].

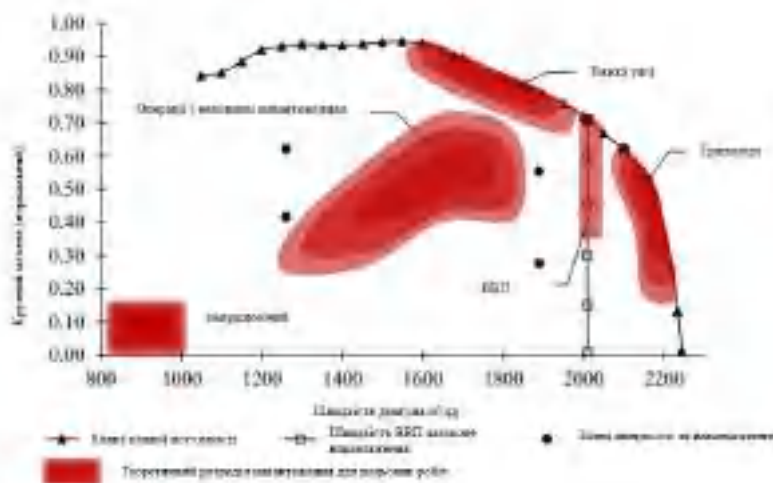
Тенденція до покращення витрати пального ВВП не мають достатнього обліку в документації, але фактори, що внесли в це покращення включають:

- вдосконалення двигуна та трансмісії;
- ефективність паливної системи, турбонаддув;
- виробництво жорсткіших допусків, розширені матеріали тощо;
- покращена якість паливно-мастильних матеріалів;
- зменшення паразитних навантажень (перемінні вентилятори, закритий центр гідравліка тощо);
- конструкція шин (зміщена проти радіальних шин);
- налаштування та робота машини (оптимальне баластування, перемикання вгору-дросьель назад тощо).
-



Рис. 6. Середньорічна питома об'ємна витрата палива на потужність ВВП для дизельних тракторів.

Стандартні процедури тестування, такі як ОЕСР (Стандартний код для офіційного тестування сільськогосподарських і лісгосподарських тракторів), використовуються для визначення продуктивності трактора.



Однак вони не забезпечують достатньо точної оцінки ефективності трактора у польових операціях, де навантаження можуть значно відрізнятись через різні фактори, такі як особливості конфігурації поля, типу та структури ґрунту, особливості їзди оператора. У таких умовах вимагається одночасне

врахування різних вимог до потужності, таких як навіска, ВВП та гідравлічне навантаження [5,6].

Рисунок 8 показує приклад кривої крутного моменту двигуна та відповідної точки навантаження, виміряних за процедурою ОЕСР, порівняно з теоретичним навантаженням.

Фактичний розподіл навантажень для типових операцій сільськогосподарських тракторів не відомий. Більшість часу трактор працює з неповним навантаженням, і багато операцій не потребують постійного навантаження. Операції різного типу мають часткові навантаження, які не враховуються в існуючих процедурах тестування. Якщо б були відомі фактичні розподіли навантажень, можна було б розробити більш точні процедури тестування для оцінки навантаження та пов'язаної з ними ефективності, яка б була більш репрезентативною для польових робіт [6,7].

Майже всі сучасні трактори, що використовуються в промисловому сільському господарстві, працюють на дизельному паливі. Хоча економія палива важлива для виробників двигунів і машин, багато зусиль і ресурси в останні роки були спрямовані на зниження токсичності відпрацьованих газів. Калібрування двигунів було оптимізовано для зменшення забруднюючих речовин у відпрацьованих газах відповідно до рівнів викидів STAGE (екологічний стандарт ЄС). Це було досягнуто кількома способами, включаючи оптимізацію згоряння в циліндрі, рециркуляцію відпрацьованих газів (EGR) тощо, але не включаючи доочищення відпрацьованих газів [8-10].

З розвитком гібридних автомобілів та електричних силових систем деякі виробники впроваджують насоси для охолоджуючої рідини з електричним приводом, які можуть регулювати свою швидкість. Це допомагає зменшити потік охолоджуючої рідини, коли повне охолодження не є необхідним, що в свою чергу сприяє збереженню енергії та пального [8].

Альтернативні конструкції були вивчені для поліпшення використання пального. Наприклад, деякі виробники використовують електрично приводні водяні насоси зі змінною швидкістю для регулювання потоку охолоджуючої рідини. Це дозволяє заощадити енергію та пальне, коли повний потік охолоджуючої рідини не є необхідним.

Висновки. Дослідження показало, що дизельне пальне залишається важливим елементом у забезпеченні ефективної роботи сільськогосподарської техніки, зокрема тракторів, комбайнів та іншої техніки, що працює в умовах бездоріжжя. Його використання має безпосередній вплив на продуктивність, потужність і витрати пального, а також на технічний стан машин.

Використання дизельного палива у сільськогосподарському секторі в Україні має значний вплив на витрати виробництва, при цьому ефективність його використання змінюється залежно від типу техніки та умов експлуатації. Оцінка питомої витрати пального для тракторів показала тенденцію до покращення ефективності двигунів, що пов'язано з удосконаленням конструкції та технологій.

Визначення реальних навантажень під час сільськогосподарських операцій є важливим кроком для розробки більш точних тестів на ефективність техніки. Знання фактичного розподілу навантажень дозволить створити процедури тестування, які будуть відображати реальні умови роботи техніки та сприятимуть підвищенню її паливної ефективності та зниженню витрат.

Список використаної літератури

1. Ідеальне дизпаливо. Властивості й основні характеристики якісного енергоносія для дизельних двигунів: веб-сайт. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/947-idealne-dyzpalyvo-vlastyvosti-i-osnovni-kharakterystyky-iaakisnoho-enerhonosiia-dlia-dyzelnykh-dvyhuniv.html> (дата звернення 11.03.2025).
2. Паладійчук Ю.Б., Телятник І.А. Обґрунтування параметрів зниження токсичності відпрацьованих газів дизельних двигунів. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2020. № 1 (108). С. 44-57.
3. Паладійчук Ю.Б., Телятник І.А. Підвищення ефективності технологій та технічних засобів контролю якості відновлення двигунів малогабаритної техніки. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2021. № 1 (112). С. 137-151.
4. Паладійчук Ю.Б., Телятник І.А., Буздиган М.В. Дослідження димності відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння, які працюють на дизельному паливі з елементами біопалива. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2022. № 2 (117). С. 75-86.
5. Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б., Труханська О.О. Технічний сервіс в АПК: навч. посіб. Т. 1. Вінниця: ВНАУ. 2019. 648 с.
6. Супрун Д.Г., Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б. Ремонт машин та обладнання: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ. 2012. 85 с.

Анатолій СЛОБОДЯНЮК⁵⁶,
студент 2-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ТЕХНІКА ДЛЯ МУЛЬЧУВАННЯ ТА ЇЇ РОЗВИТОК І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ

Анотація. *Мульчування є важливим процесом для аграрної сфери завдяки якому ґрунт може зберігати вологу, захищатись від перегріву і охолодження, запобігати росту та розвитку бур'янів, поліпшувати структуру ґрунту та захищати його від ерозії.*

⁵⁶Науковий керівник – Труханська О.О., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу.

Ключові слова: мульчування, техніка для мульчування, екологічне землеробство, ефективність, органічне землеробство, мульчувальні матеріали.

Annotation. *Mulching is an important process for the agricultural sector because it allows the land to retain moisture, protect against overheating and cooling, prevent the growth and development of weeds, improve soil structure, and protect the soil from erosion.*

Key words: *mulching, mulching machinery, ecological farming, efficiency, organic farming, mulching materials.*

Вступ. Мульчування є однією з технологій, що поєднує традиції та новітність. Незважаючи на те, що даний процес виник ще до сімнадцятого століття, він і дотепер залишається актуальним і полягає у покритті поверхні ґрунту або змішуванні цієї поверхні з різними матеріалами - як органічними так і неорганічними, наприклад, агротканинами чи камінням [1].

Актуальність техніки для мульчування ґрунту в сучасному сільському господарстві зростає з огляду на необхідність підвищення ефективності землеробства, збереження родючості ґрунтів та адаптації до кліматичних змін. Наразі, через підвищений інтерес до екології, інтерес до екологічно чистих та методів землеробства також зріс, а техніка для мульчування отримала значного розвитку.

На сьогодні, інновації у цій галузі включають розробку матеріалів які можуть швидко і безпечно розкладатися в ґрунті, не завдаючи шкоди довкіллю та розробку нової техніки з ліпшими функціями та їх більших різноманіттям [1, 2].

Об'єкт дослідження у статті – технологічний процес мульчування.

Предмет дослідження – техніка для мульчування та її технічні параметри.

Виклад основного матеріалу. Мульчування має велике значення для здоров'я ґрунту та рослин. Воно знижує потребу в поливі та використанні хімічних засобів для боротьби з бур'янами, а також сприяє кращому росту рослин і збільшенню врожайності [3].

Мульчування полягає у покритті поверхні ґрунту спеціальними матеріалами (органічними або неорганічними) з метою збереження вологи в ґрунті; захисту від ерозії (вітрової та водної); поліпшення мікроклімату в прикореневій зоні; гальмування росту бур'янів; покращення структури ґрунту та підвищення його біологічної активності.

Сучасна техніка для мульчування (мульчувачі, подрібнювачі, комбіновані агрегати) дозволяє механізувати процес, зменшити трудові витрати та забезпечити рівномірне покриття поверхні подрібненою рослинною масою або іншими матеріалами. Це особливо важливо для великих сільськогосподарських площ, де ручне мульчування є економічно та фізично недоцільним.

У зв'язку з глобальним потеплінням, підвищенням посушливості клімату та зниженням рівня ґрунтової вологи, мульчування стає критично важливою технологією для збереження врожайності. Крім того, використання рослинних

залишків для мульчування сприяє екологізації землеробства і раціональному використанню біомаси.

Мульчування за допомогою техніки використовується в сільському господарстві і ландшафті, де ручне мульчування було б занадто трудомістким і не надто ефективним. Техніка дозволяє швидко і ефективно виконувати цей процес, забезпечуючи швидку, структуровану роботу. Покриття мульчою за допомогою техніки є більш рівномірне і просте.

Мульчери, які використовуються для садів, полів, ландшафтів а також для підтримки чистоти узбіч доріг, подрібнюють рослинні залишки, траву, гілки чи інший органічний матеріал і розподіляють його по поверхні ґрунту (рис. 1). Мульчери можуть бути причіпними, навісними або самохідними [4, 5].

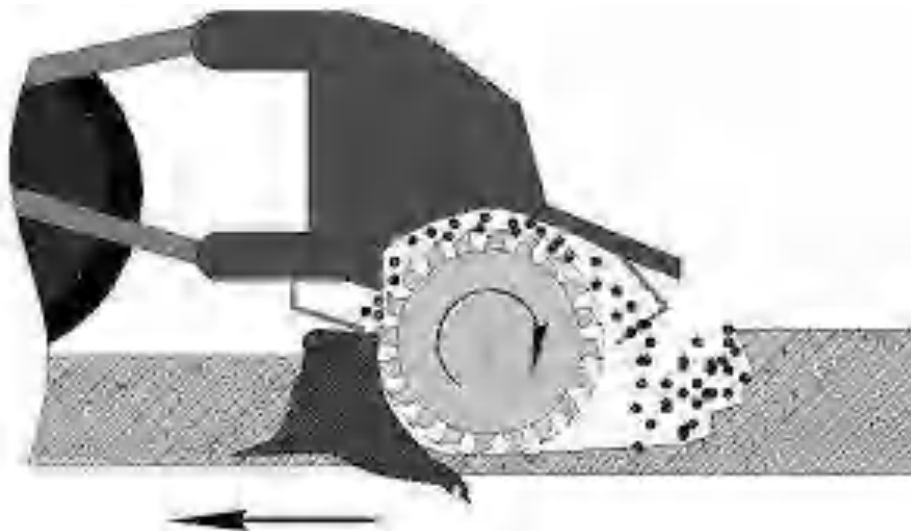


Рис. 1. Схема робочого процесу мульчера.

Мульчувальні котки використовуються в основному на полях для подрібнення рослинних залишків і рівномірного розподілу їх по поверхні ґрунту та можуть бути гладкими або зубчастими (рис. 2).

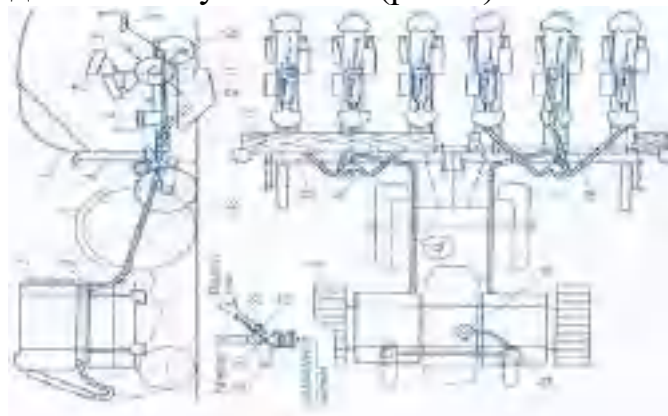


Рис. 2. Схема розташування мульчувальних котків.

Мульчувальні машини для заготівлі сіна подрібнюють його і рівномірно розподіляють на полі використовуються на луках та пасовищах для покращення родючості ґрунту та збереження вологи (рис. 3) [1, 5].

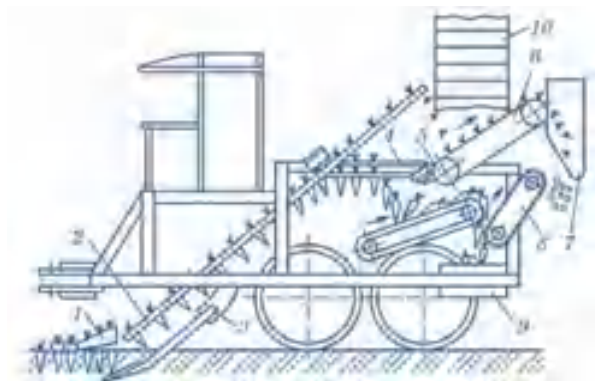


Рис. 3. Схема мульчувальних машин для заготівлі сіна.

Агрегати для плівкового мульчування, які розкладають пластикову плівку на поверхню ґрунту, закріплюючи її по краях і залишаючи місця для посадки рослин представлено на (рис.4). Використовуються в овочівництві, ягідництві та в теплицях для збереження вологи та контролю температури ґрунту.



Рис. 4 Приклад машини для плівкового мульчування.

Автоматизовані системи для мульчування можуть виконувати мульчування без перерв і керуються програмами. Такі системи можуть поєднувати декілька процесів мульчування з іншими операціями, такими як полив чи садіння.



Рис. 5. Приклад машини для автоматизованого мульчування.

З розвитком техніки для мульчування, з'являються нові типи машин, які за технічними характеристиками потужніші, швидші, екологічніші та мають більше сфер використання [4]:

- мульчувачі з подрібненням та розподілом поживних залишків - можуть рівномірно розподіляти подрібнені залишки по полю на ширину жатки (до 12 метрів і більше), що забезпечує швидке, рівномірне мульчування ґрунту;

- мульчувачі з вертикальними роторами – «вертикальні фрези» подрібнюють залишки рослинного походження та частково змішують їх з верхнім шаром ґрунту;

- мульчувачі з регульованою висотою зрізу - для мульчування лук та пасовищ, де потрібна певна висота травостою;

- мульчувачі з системами контролю глибини обробітку - для рівномірного мульчування та запобігання пошкодження ґрунту.

Крім того розвитку зазнала і сама мульча.

Біорозкладні плівки: замість синтетичних плівок, які потрібно збирати після використання (бо шкідливі для навколишнього середовища), з'явилися біорозкладні на основі крохмалю, целюлози чи інших матеріалів. Ці розкладаються в ґрунті під впливом мікроорганізмів, не тільки не шкодячи йому, а й збагачуючи його.

Компост та біогумус: Вони є хорошими органічними добривами, які можна використовувати і для мульчування. Вони захищають ґрунт від пересихання та перегріву та забезпечують ґрунт поживними речовинами. Особливо ефективним є компостний чай.

Гідромульчування: Ця технологія суть якої в нанесенні на поверхню ґрунту суміші, що складається з води, целюлозних волокон, насіння рослин і спец. добавок. Цей метод можна використовувати для укріплення схилів чи засадження газонів на великих площах.

Агроволокно та агротканина, яке складається з поліпропілену, пропускає повітря та воду, але приваблює сонячне світло й запобігає ріст бур'янів. Причому, агротканина – більш міцна та довговічна [5].

Переваги новітніх технік мульчування:

- більш ефективні у боротьбі з бур'янами;
- підвищене збереження вологи;
- краща структура ґрунту та збагачення;
- створення оптимальної температури для розвитку рослин;
- менше використання гербіцидів чи інших хімічних речовин;
- більш екологічні та безпечні для навколишнього середовища.

Висновок. Мульчування - це важливий процес, що забезпечує: збереження вологи ґрунту, захист його від перегріву та поліпшення структури. Сучасні технології дозволяють ефективно автоматизувати цей процес, спрощуючи роботи в господарстві. Нові мульчувальні машини, такі як мульчери з вертикальними роторами чи регульованою висотою зрізу, показують високу адаптацію до різних умов чи завдань. Але інновацій зазнала і мульча, така як

біорозкладна плівка, агроволокно чи агротканина та гідромульчування. Це зменшує екологічний вплив і сприяє розвитку землеробства.

Отже, поєднання сучасних технологій і безпечних матеріалів робить мульчування не просто корисним, а ще й екологічним, відповідальним рішенням для аграрної сфери.

Список використаної літератури

1. Соданий О.С. Основи агрономії: підручник. Київ. 2021. 360 с.
2. John Deere Bosch: веб-сайт. URL: <https://www.deere.ua/uk/index.html> (дата звернення 05.01.2025).
3. Загірняк М.В., Невзлін Б.І. Електричні машини: підручник. Київ. 2009. 399 с.
4. Буценко Л.М., Пирог Т.П. Біотехнологічні методи захисту рослин: підручник. 2021. 343 с.
5. Габрієлла Бирта, Юрій Бургу Основи рослинництва і тваринництва: підручник. 2019. 304 с.

Павло ТКАЧ⁵⁷,
студент 2 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОТРАНСМІСІЙ В ПРИВОДАХ САМОХІДНИХ СІЛЬСКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Анотація. Розглядаються ефективні схеми гідростатичних приводів самохідних сільськогосподарських машин. Однією з найбільш відповідальних систем, які впливають на роботу і надійність даної техніки є об'ємний гідропривід.

Ключові слова: сільськогосподарська машина, гідравлічний привод, гідростатична трансмісія, технологічне навантаження, тиск, надійність, гідронасос, гідромотор.

Annotation. Effective schemes of hydrostatic drives for self-propelled agricultural machines are considered. One of the most critical systems that affect the operation and reliability of this equipment is the volumetric hydraulic drive.

Key words: agricultural machine, hydraulic drive, hydrostatic transmission, technological load, pressure, reliability, hydraulic pump, hydraulic motor.

⁵⁷Науковий керівник – Руткевич В.С., к.т.н., доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

Вступ. Важливим питанням підвищення продуктивності і покращення умов праці на самохідних сільськогосподарських машинах є гідрофікація привода ходу. Дана задача для самохідних сільськогосподарських машин може бути здійснена двома шляхами, перший з яких це використання безступінчастих трансмісій, а другий – використання ступінчастих трансмісій з автоматичним перемиканням передач [1, 2].

Другий шлях менш перспективний, так як він веде до ускладнення існуючих механічних ступінчастих трансмісій внаслідок автомата перемикання передач. Більшість самохідних сільськогосподарських машин оснащені безступінчастими гідростатичними трансмісіями (ГСТ). Одна з основних переваг ГСТ – можливість корисного використання резервів потужності двигунів машин і підвищення за рахунок цього продуктивності.

До числа головних показників, які визначають якість гідропередачі, відноситься встановлена потужність гідромашини і ступінь її використання при роботі трансмісії, саме ці параметри визначають вартість, розміри і ККД трансмісії.

Високі значення робочих параметрів і широкі діапазони регулювання параметрів гідропроводів сучасних самохідних сільськогосподарських машин вимагають подальшого дослідження і вдосконалення.

Виклад основного матеріалу. При детальному аналізі публікацій [1] можна дійти висновку, що провідні спеціалісти прикладають багато зусиль для підвищення тягового зусилля та ККД трансмісії.

У роботі [2] пропонується застосувати тихохідний високомоментний гідромотор (замість звичайного тихохідного), що за розрахунками НАТІ дозволяє збільшити ККД передачі приблизно на 5 %. Розрахунки показують, що така трансмісія (рис.1) може конкурувати по ККД з гідромеханічною, яка широко застосовується на сільськогосподарських тракторах.

Використання високомоментних гідромоторів особливо доцільно на гусеничних машинах по схемі з двома насосами регульованої продуктивності. При цьому гідромотори вбудовуються безпосередньо у ведучі зірочки, що практично виключає шестеренчасті передачі.

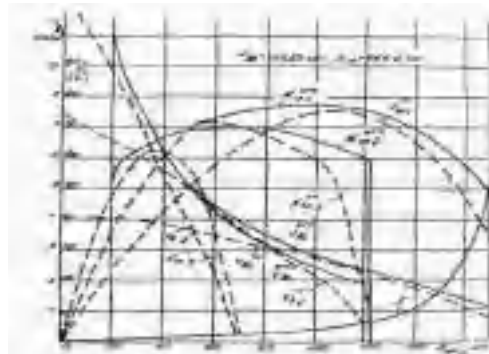


Рис. 1. Порівняння розрахункових тягових характеристик однотипних тракторів кл.10 з ГМТ (— — —) і ОГТ (—) з гідромотором МР-10 і насосом SPV-26 (індекси, зазначені римськими цифрами, відповідають включеному діапазону, $N_{дв} = 117,65$ кВт, $G_{тр} = 154,2$ кН).

Можливість роздільного безступінчастого регулювання швидкостей лівої і правої гусениць в даному випадку дозволить замінити спеціальні механізми повороту та забезпечувати рух з будь-яким радіусом аж до повороту навколо вертикальної осі машини, коли гусениці рухаються в протилежних напрямках.

Гідрооб'ємний привод самохідних сільськогосподарських машин, таких як зернозбиральні комбайни, де потрібний широкий діапазон робочих швидкостей машини, не забезпечують достатню глибину регулювання, тобто відношення максимальної швидкості до мінімально допустимої.

У зв'язку з цим при використанні гідрооб'ємної передачі на зернозбиральних комбайнах додатково між вихідним валом регульованого гідромотора і приводними колесами встановлюють коробку передач з понижуючою передачею. Це призводить до ускладнення конструкції і керованості комбайном, так як для вибору потрібного діапазону швидкостей, наприклад в комбайні «Дон-1500» необхідна зупинка комбайна, що призводить до втрати продуктивності комбайна при збиранні урожаю. Крім того, займаний коробкою передач технічний простір неможливо використовувати для компонування інших агрегатів.

У гідротрансмісії з високомоментними гідромоторами передавальне число досягає 1000 і більше, тобто є можливість реалізації великих передавальних чисел, що дозволяє такій гідротрансмісії конкурувати з гідромеханічними трансмісіями.

В роботі [3] представлено гідрооб'ємну передачу, схемне рішення якої дозволяє отримати необхідну тягово-швидкісну характеристику моста без коробки передач, принципову схему якої представлено на рис.2. Тут зображено гідравлічну схему гідрооб'ємного привода самохідної машини з використанням для передачі потужності на приводні колеса мосту диференціала і тандему з гідромоторів.

Регульований насос 1 приводиться в дію від двигуна внутрішнього згорання і подає робочу рідину до тандему аксіально-поршневих моторів 2 і 3 з похилою шайбою, які підключені один до одного паралельно, причому їх вихідні вали з'єднані один з одним і мають спільну вісь обертання. Крутний момент від вихідного вала гідромоторів 2 і 3 передається через диференціал 6 на колеса 7.

Робочий об'єм гідромотора 2 регулюється в діапазоні від максимального до мінімального, рівного нулю.

Регулювання подачі іншого гідромотора 3 здійснюється в діапазоні від максимального до заздалегідь встановленого значення, коли похила шайба при зменшенні кута нахилу впирається в заздалегідь виставлений фіксатор.

Необхідну швидкість руху машини оператор вибирає за допомогою важелів управління продуктивністю гідронасоса 1 і робочими об'ємами регульованих гідромоторів 2 і 3. Для збільшення швидкості руху машини збільшують продуктивність гідронасоса 1 при незмінному робочому об'ємі гідромоторів 2 і 3, або при максимальній продуктивності гідронасоса 1 зменшують робочі об'єми гідромотора 2 до нуля і гідромотора 3 до заздалегідь фіксованого значення. Такий перехід на роботу з двох гідромоторів на один

рівносильний зміні діапазонів швидкостей з робочих на транспортні і відбувається без зупинки гідрооб'ємного привода, плавно і без ривків.

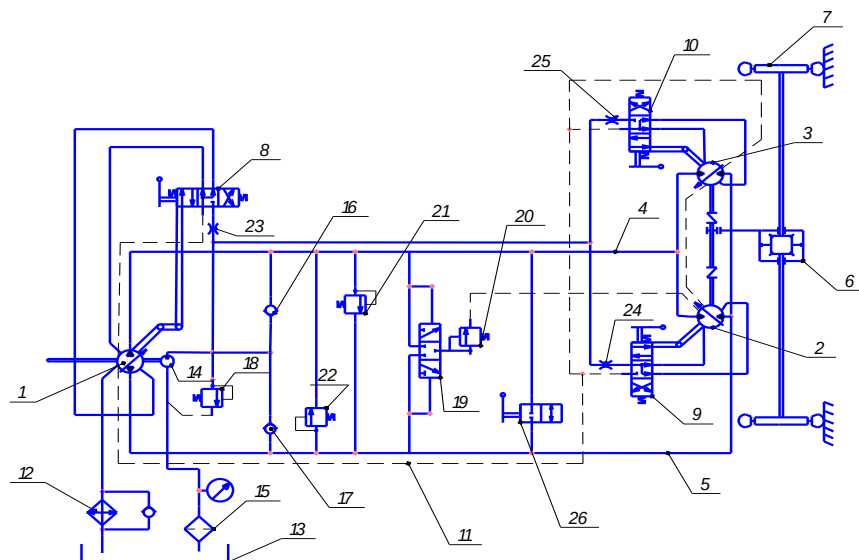


Рис. 2. Схема гідропривода ходової частини зернозбирального комбайна КЗС-9 «Славутич»:

- 1 – гідронасос НП 112-1, 2, 3 – гідромотори МПР112-1, розташовані співвісно,
 4,5 – гідролінії, 6 – диференціал, 7 – приводні колеса, 8,10 – сервозолотник, 11 – дренажна
 гідролінія, 12 – теплообмінник, 13 – гідробак, 14 – насос підживлення, 15 – фільтр,
 16, 17 – зворотний клапан, 18 – переливний клапан, 19 – перемикаючий клапан,
 20 – переливний клапан, 21, 22 – напірний клапан, 23, 25 – дроселі, 26 – шунтувальний
 клапан.

Керування робочими об'ємами обох гідромоторів здійснюється однією ручкою керування, до якої приєднані дві тяги до важелів керування гідромоторів. Крім того, наведена схема гідропривода допускає подальше удосконалення в частині застосування дистанційного гідравлічного керування насосом і гідромотором.

Дана конструкція гідротрансмісії дозволяє замінити коробку передач, не зручну в експлуатації, на рівноцінний за вартістю гідромотор МП-112 та забезпечує:

- безступінчасте регулювання швидкості у всьому діапазоні від мінімальної робочої до максимальної транспортної;
- звільнення міжколісного простору в районі ведучого моста комбайна для технологічних цілей;
- економію маси.

Для даної конструкції гідротрансмісії в роботі [4, 5] було проведено оцінку вихідних характеристик за допомогою графіка тягово-швидкісних характеристик (ТШХ), та порівняно з подібними конструкціями гідротрансмісій. ТШХ гідротрансмісії зернозбирального комбайна КЗС-6 «Славутич» та подібних конструкцій гідротрансмісій представлено на рис. 3.

Як видно з ТШХ, представлених на рис.3, найбільш високий ККД в транспортному режимі має трансмісія зернозбирального комбайна КЗС-6 «Славутич», але при цьому потребує розробки і введення в трансмісію

додаткових пристроїв відключення і розмикання гідравлічних і механічних силових потоків.

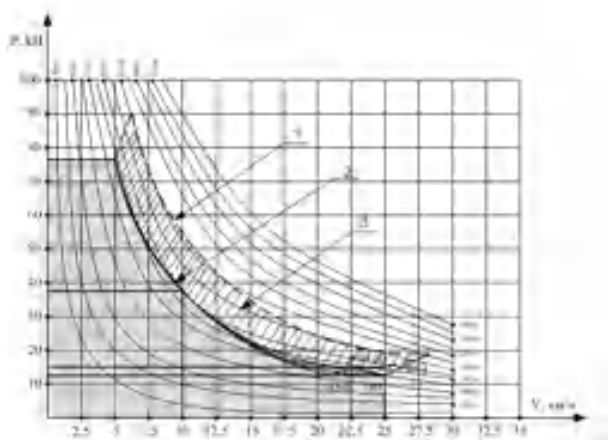


Рис. 3. Тягово-швидкісні характеристики гідротрансмісій зернозбирального комбайна КЗС-6 «Славутич» та подібної за конструктивним виконанням: 1а – потужність, споживана насосом НП-112 при $n = 2000$ об/хв.; $P = 35$ МПа. 2а – потужність, приведена до коліс: 01-02-03 I – гідротрансмісії подібного конструктивного виконання I; 01-02-03 II – гідротрансмісії подібного конструктивного виконання II; 01-02-03 III – гідротрансмісії зернозбирального комбайна КЗС-6 «Славутич» 3а – втрати потужності в трансмісії.

В статті [5] пропонується використовувати додаткову гідромашину, працюючу лише при малих передавальних числах трансмісії, що дозволить ефективно знизити сумарну встановлену потужність гідромашин передач.

На сучасних сільськогосподарських самохідних машинах все частіше застосовуються різноманітні електронні системи та пристрої, за допомогою яких виконуються функції керування окремими агрегатами та вузлами машини.

В публікації [5] пропонується підвищити ефективність гідростатичної трансмісії шляхом використання електронних компонентів разом з гідрооб'ємними приводами.

При допомозі електронно-гідравлічних систем забезпечується обмеження тягового зусилля з метою запобігання буксуванню ведучих коліс, автоматичне керування робочою швидкістю збиральних машин при зміні навантаженості, захист двигуна від перевантажень, та інше.

Наприклад, для гідропривода з паралельним з'єднанням гідромоторів, щоб забезпечити блокування диференціала ведучих коліс з різними кутовими швидкостями, пропонується встановити в гідролінію зливу першого гідромотора та в напірну гідролінію другого гідромотора регулюючі пропорційні дроселі. При послідовному з'єднанні гідромоторів в напірній гідролінії другого гідромотора пропонується встановити запірний клапан з електромагнітом. Це дозволить подавати однакову кількість рідини у два гідромотори, що призведе до вирівнювання кутової швидкості і тягового зусилля правого і лівого коліс при русі машини по прямій. Електромагніти регулюючих пропорційних дроселів та запірного клапана з'єднані з блоком електронного управління, який з'єднано з встановленими на гідромоторах датчиками тиску рідини і частоти обертання валів. На рис. 4 представлено принципову схему тягового гідропривода з електронним керуванням.

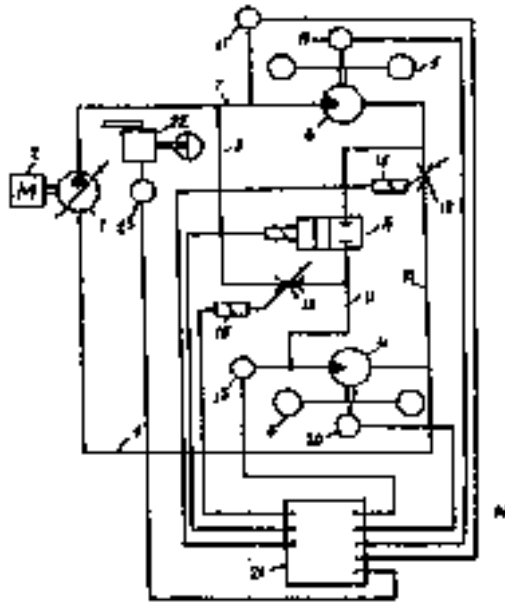


Рис. 4. Гідропривод з електронним керуванням.

Гідропривод машини включає регульований насос 1, зв'язаний з двигуном 2, гідромотори 3 та 4 привода коліс 5 і 6. Гідромотори з'єднуються з насосом напірними гідролініями 7 і 8 і зливними гідролініями 9 і 10 (паралельне з'єднання) або напірними гідролініями 7 і 11 і зливною гідролінією 9 (послідовне з'єднання). Для зміни схеми підключення гідромоторів встановлені два пропорційних дроселі 12 і 13 та запірний клапан 14. Дросель 12 з електромагнітом 15 встановлено після гідромотора 3 в зливній гідролінії 10, дросель 13 з електромагнітом 16 встановлено в напірній гідролінії 8 перед гідромотором 4.

Зрушення машини відбувається при максимальному моменті гідромоторів 3 та 4, тобто при їх паралельному з'єднанні. Для цього клапан 14 має бути закритий, а дроселі 12 і 13 відкриті. При буксуванні одного із коліс за допомогою одного з дроселів обмежують подачу потоку робочої рідини в гідромотор цього колеса, чим досягається ефект блокування диференціала ведучих коліс. При автоматичному управлінні блоком 21 підвищене буксування визначається різницею сигналів датчиків 19 і 20 кутових швидкостей гідромоторів.

При досягненні максимальної швидкості при даному режимі відкривається клапан 14, реалізуючи ефект розімкнутого зчеплення механічної передачі. Одночасно плавно закриваються дроселі 12 і 11. Для більшої плавності перемикавання режимів слід також зменшити подачу палива у двигун або подачу насоса.

При послідовному вмиканні гідромоторів в гідромотор 4 потрапляє менша кількість рідини. З цієї причини він не розвиває крутного моменту, і тиск в гідролінії 11 падає до нуля. Для нормальної роботи машини сили тяги на обох колесах 5 і 6, а, відповідно, і моменти на обох гідромоторах 3 та 4 повинні бути однакові. Для створення однакових моментів на валах гідромоторів необхідні однакові перепади тиску, які контролюються датчиками тиску 17 і 18, сигнал з

яких надходить до блоку електронного керування, де формується відповідна команда електромагніта 16, який керує дроселем 13. Датчик 23 положення рульового механізму 22 дозволяє підтримувати мінімальну різницю кутових швидкостей коліс 5 і 6, необхідну для повороту самохідної машини, не допускаючи зайвого буксування одного з коліс.

Даний гідропривод забезпечує ефект повного і часткового блокування диференціала приводних коліс при паралельному з'єднанні гідромоторів та їх синхронну роботу при послідовному з'єднанні.

Висновки. Розглянуті схеми гідротрансмісій самохідних сільськогосподарських машин забезпечують безступінчасту зміну швидкості та беззупиночне перемикання робочих режимів при русі машини по рівній поверхні. Так як деякий час самохідним сільськогосподарським машинам доводиться працювати на похилих поверхнях доцільно дослідити гідрооб'ємні трансмісії цих машин на можливість підгальмовування при русі на спуск, та проаналізувати доцільність вибраних параметрів при такому режимі роботи гідротрансмісії.

Список використаної літератури.

1. Панченко А.І., Волошина А.А., Золотарьов О.Ю., Тітов Д.С. Перспективи гідрофіксації мобільної сільськогосподарської техніки. *Промислова гідроліка і пневматика: науковий журнал*. 2003. №1. С.71–74.
2. Веселовська Н.Р., Шаргородський С.А., Ящук Є.В. Експериментальне дослідження роботи гідростатичної трансмісії типу ГСТ-90/Н.Р. *Техніка, енергетика, транспорт АПК: науковий журнал*. 2022. №1(111). С. 58–64.
3. Shargorodskiy S, Rutkevych V. Development of the mathematical model of the volume hydrostatic transmission HST-112 in the braking mode. *Вібрації в техніці та технологіях: науковий журнал*. 2023. № 1 (108). С. 85–93.
4. Руткевич В.С., Шаргородський С.А. Дослідження процесу гальмування зернозбирального комбайна за допомогою об'ємної гідротрансмісії ГСТ-90. *Техніка, енергетика, транспорт АПК: науковий журнал*. 2023. №1(120). С. 102–109.
5. Ivanov M., Pereyaslavskyy O., Shargorodskiy S., Hrechko R., Mazurenko V., Holovko S. Vibration resistance of HST 90 hydrostatic transmission. *Journal of Physics: Conference Series: scientific journal*. 2021. Vol. 1741. P. 1–9.

Владислав ЮЗЬКО⁵⁸,
студент 4 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ВПРОВАДЖЕННЯ ГІБРИДНИХ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ТРАКТОРІВ

***Анотація.** Стаття розглядає сучасні енергоефективні технології в промислових тракторах, зокрема використання гібридних та електричних систем, що сприяють зниженню витрат пального та підвищенню продуктивності.*

***Ключові слова:** енергоефективність, гібридні технології, електрифікація, сільськогосподарська техніка, зниження пального.*

***Annotation.** The article examines modern energy-efficient technologies in industrial tractors, particularly the use of hybrid and electric systems that contribute to reducing fuel consumption and increasing productivity.*

***Keywords:** energy efficiency, hybrid technologies, electrification, agricultural machinery, fuel reduction.*

Вступ. Сучасне сільське господарство характеризується активним впровадженням інноваційних технологій, що спрямовані на підвищення ефективності та екологічності експлуатації техніки. Одним із ключових аспектів цього процесу є оптимізація роботи двигунів та трансмісій тракторів, що дозволяє знизити витрати пального та рівень шкідливих викидів. У зв'язку з цим, виробники сільськогосподарської техніки постійно вдосконалюють конструкції дизельних двигунів, дотримуючись сучасних екологічних стандартів, таких як STAGE і Tier 4 Interim.

Окрім покращення паливної ефективності за допомогою традиційних методів, таких як оптимізація згоряння та використання систем рециркуляції вихлопних газів (EGR), значну увагу приділяють впровадженню гібридних та електричних технологій. Наприклад, використання електропривідних насосів охолодження, вентиляторів зі змінною швидкістю, а також рекуперативних систем дозволяє суттєво зменшити витрати пального та підвищити загальну ефективність роботи сільськогосподарської техніки.

Розвиток трансмісій також відіграє важливу роль у підвищенні ефективності тракторів. Використання автоматизованих коробок передач, безступінчастих трансмісій (ГБТ) та GPS-управління дозволяє оптимізувати робочі процеси, знизити навантаження на двигун та підвищити продуктивність машин. Впровадження таких технологій сприяє покращенню економічних

⁵⁸Науковий керівник – Швець Л.В., к.т.н., доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

показників сільськогосподарського виробництва, а також зменшенню негативного впливу на довкілля.

Актуальність даного дослідження полягає у необхідності аналізу сучасних підходів до вдосконалення двигунів та трансмісій тракторів, що працюють на дизельному паливі, а також перспектив використання гібридних та електричних технологій. Це дозволяє не лише підвищити енергоефективність сільськогосподарської техніки, але й забезпечити її відповідність сучасним екологічним вимогам. У зв'язку з цим, у роботі розглядаються основні інноваційні рішення, що спрямовані на зниження витрат пального та підвищення ефективності роботи тракторів у різних умовах експлуатації.

Виклад основного матеріалу. Більшість сучасних промислових тракторів працюють на дизельному паливі. Останніми роками, окрім економії палива, значна увага приділяється зниженню токсичності вихлопних газів. Двигуни оптимізуються для зменшення шкідливих викидів відповідно до екологічних стандартів STAGE шляхом покращення згоряння та використання рециркуляції відпрацьованих газів (EGR) [1-4].

Для відповідності стандарту Tier 4 Interim застосовуються системи очищення вихлопних газів. Деякі двигуни потребують використання рідини для обробки вихлопних газів (наприклад, сечовини) для каталізації забруднюючих речовин. Інші системи впорскують дизельне паливо у вихлоп для очищення сажових частинок у дизельному сажовому фільтрі (DPF).

У сфері енергоефективності впроваджуються електричні водяні насоси зі змінною швидкістю, що регулюють потік охолоджуючої рідини залежно від потреби, заощаджуючи енергію та пальне (до 1.7% економії, з регульованою муфтою – до 4%). Також використовуються вентилятори охолодження зі змінною швидкістю для мінімізації паразитних навантажень (важливо підтримувати чистоту радіатора). Досліджуються системи кондиціонування повітря, що використовують тепло відпрацьованих газів двигуна (наприклад, система Verdacc від ClimateWell) [1-4].

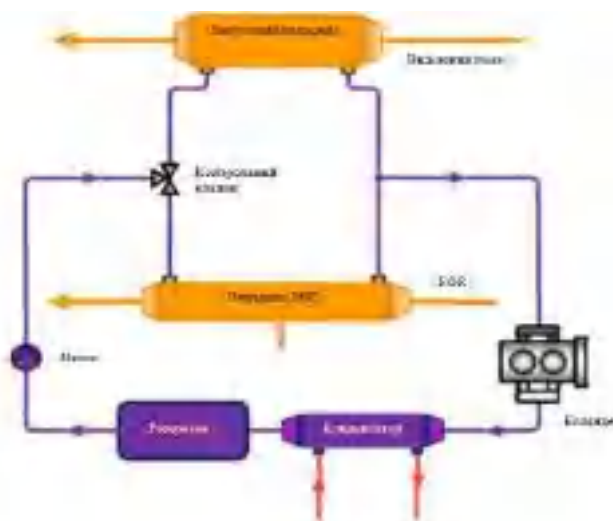


Рис. 1. Прототип системи утилізації відпрацьованого від компанії Behr.

Розробляються технології відновлення енергії з вихлопних газів за допомогою генераторів або мотор-генераторів для підзарядки акумуляторів та живлення інших систем, підвищуючи паливну ефективність. Прототип системи утилізації відпрацьованого тепла від компанії Behr продемонстрував підвищення ефективності до 5.2%, перетворюючи тепло вихлопу в механічну енергію.

Традиційні коробки передач мають різні швидкості для різних завдань, але ручне управління може спричиняти неефективне використання двигуна. Оптимізація перемикання передач відповідно до навантаження дозволяє знизити витрати пального на 5-30% [1-4].

Сучасні трансмісії мають більше передач з меншими передаточними числами, що сприяє ефективнішій роботі двигуна. Для зниження енергетичних втрат деякі виробники регулюють тиск мастила залежно від режиму роботи трансмісії.

John Deere використовує автоматизовані трансмісії, такі як e23, що автоматично змінюють передачу та знижують оберти двигуна, підвищуючи економію пального до 4%. Гідромеханічні безступінчасті трансмісії (ГБТ) забезпечують оптимальний баланс між швидкістю та крутним моментом, підвищуючи ефективність роботи при часткових навантаженнях [3,4].

Виробники тракторів серії Puma досягли зменшення витрати пального на 25% завдяки ГБТ і системам автоматичного керування. Надалі технології GPS можуть покращити управління трансмісіями, підвищуючи продуктивність і ефективність.

Патент на систему управління транспортними засобами, що базується на географічних картах, розглядає можливість використання геоприв'язаних даних для передбачення умов роботи та поліпшення ефективності роботи тракторів, комбайнів, розпилювачів та іншої сільськогосподарської техніки за допомогою передбачуваного регулювання передач, блокування диференціала та інших налаштувань машини з урахуванням нахилу, умов вирощування та стану ґрунту. Ця концепція також може застосовуватися до гібридних систем, де, наприклад, можна керувати зберіганням енергії для майбутніх спусків по нахилу, використовуючи поточну енергію до досягнення початку схилу і зберігаючи її для використання при спуску [3,4].

Нижче наведено приклади сучасних електричних ГБТ тракторів:

Один з таких прикладів - це трактор Rigitrac EWD120 (рис. 2), який розроблений Технічним університетом імені Дрездена і підтримується компанією Rigitrac Traktorenbau AG та іншими незалежними компаніями. Він оснащений незалежними електричними колісними двигунами, які живляться за допомогою дизельного генератора. Цей генератор також може надавати електроенергію для зовнішнього обладнання [3,4].

Завдяки безступінчастій характеристиці електричної трансмісії, дизельний двигун завжди працює в оптимальному режимі споживання палива. В документації прототипу вказано, що система електроприводу має більш високий коефіцієнт корисної дії (ККД) порівняно зі звичайними трансмісіями. Крім того, електричні гальма та гальмівні резистори дозволяють конвертувати енергію під

час гальмування в корисне тепло, хоча деталей щодо використання цієї відновленої енергії не наводиться. Проте є заяви про покращення паливної ефективності; одне джерело стверджує, що трансмісія працює з ККД 85% у порівнянні з 65%-70% у випадку гідростатичних установок, які використовуються на стандартних машинах Rigitrac [4].



Рис. 2. Трактор Rigitrac EWD120 з електричним силовим агрегатом.

ZF Friedrichshafen AG розробила електричну гібридну трансмісію, відому як ZF TERRA+, спеціально для використання на сільськогосподарських тракторах і самохідних комбайнах (рис. 3). Ця трансмісія містить інтегрований модуль стартера-генератора, який виробляє електричну енергію для допоміжних функцій та реалізації. Додавши акумулятор, ZF TERRA+ може перетворитися на гібридну систему, здатну рекуперувати енергію під час гальмування, надавати короткочасні навантаження для полегшення роботи двигуна та дозволяти йому працювати в більш ефективному діапазоні. До цієї системи входить електричний насос для трансмісійної оливи [4-6].

За словами компанії, використання цієї системи на тракторі дозволяє досягти приблизно 5% зниження споживання пального в середньому. За даними ZF, ZF TERRA+ може бути використана для живлення електричних приводів на обладнанні з високим ККД і має до 10% більше доступної потужності, порівняно зі звичайним гідравлічним приводом.



Рис. 3. Стартер-генератор ZF TERRA+ у поєднанні з безступінчастою S-Matic коробкою переміни передач.

У патентній заявці про "Трактор з гібридною силовою системою" описано концепцію дизель-електричного силового агрегата, який включає в себе можливість відновлення енергії за допомогою акумулятора. Ця концепція також включає можливість використання змінної швидкості з електричним приводом та гідравлічним насосом з електричним приводом. Заявка на патент стверджує, що симуляції цієї гібридної системи показують економію пального від 5% до 20%, в залежності від типу обладнання, що використовується з трактором [4-6].

Компанія AGCO розробила прототип електричного обприскувача (рис.4) з високим кліренсом і стверджує, що цей прототип передає на землю на 35% більше енергії, ніж його звичайний аналог з тим самим двигуном. Electr Ro Gator 1386, як називається експериментальний електричний обприскувач AGCO, має на 36% більший крутний момент, на 6% більше потужності та на 20% кращу паливну ефективність і вищу продуктивність, ніж їхній звичайний обприскувач 1386. На цьому прототипі енергія, витрачена на гальмування, розсіюється у вигляді тепла через резистори, але проводяться дослідження щодо відновлення та зберігання цієї енергії для інших функцій машини. AGCO також вказує, що зернозбиральні комбайни є відмінними кандидатами для використання технології електричного приводу, де вони можуть отримати переваги у вигляді покращеної ефективності та незалежного керування різними функціями машини [5-7].



Рис. 4. Прототип електричного обприскувача ElectrRoGator 1386 від компанії AGCO.

У 2016 році компанія John Deere представила концепцію повністю електричного трактора (рис. 5), який обладнаний двома незалежними електричними двигунами потужністю 150 кВт, заснованими на акумуляторних пакетах ємністю 130 кВт/год.

Ці незалежні двигуни використовуються для приводу рухомих частин та живлять ВВП і гідравлічну систему. При звичайному використанні повної ємності акумулятора вистачає приблизно на чотири години роботи [4-7].



Рис. 5. Повністю електричний концептуальний трактор John Deere.

Електричні та гібридні силові системи були впроваджені в кілька моделей промислових і будівельних машин, таких як сканери бульдозерів, колісні навантажувачі та екскаватори.

Прототип гусеничного бульдозера Caterpillar D7E, представлений в 2009 році, має дизельний двигун для основної тяги та електричні аксесуари, включаючи компресор змінного струму і водяний насос. Деякі клієнти заявляють про економію пального від 10% до 30%, і деякі навіть стверджують, що їхні машини витрачають на 25% менше пального на переміщення одиниці матеріалу. Також, споживання пального може бути зменшено на машинах з функцією вимкнення двигуна на холостому ходу після певного часу [5].

Компанія John Deere продає гібридний електричний колісний навантажувач 644K з обіцяною середньою економією пального від 25% (за результатами внутрішніх тестів, включаючи накопичення, завантаження вантажівок і транспортування). Хоча ця машина не має системи зберігання енергії, її силовий агрегат, який замінює дизельний двигун електричним, допомагає знизити навантаження на двигун і споживання пального.

Гібридний екскаватор Komatsu H205-1 відомий своєю економією пального від 25% до 41%. Енергія, вилучена під час гальмування, зберігається в ультраконденсаторі, який використовується для живлення допоміжного обладнання під час наступного циклу роботи. Компанія Komatsu стверджує, що успіх їхньої гібридної системи частково пояснюється здатністю ультраконденсаторів швидко заряджатися та розряджатися, щоб задовольнити високі вимоги до енергії під час роботи екскаватора, які акумулятори були б надто повільні для забезпечення [5-7].

Дослідники розробили, демонстраційний гібридний екскаватор, який мав систему накопичення енергії на маховику. Вони стверджували, що ця система може забезпечити економію палива від 10% до 30% в залежності від умов роботи. Маховик, що обертається з великою швидкістю у вакуумі, може зберігати 0,25 кВт-год енергії і надавати до 28 Нм крутного моменту. Розробляються інші моделі маховиків з більшою ємністю до 1,25 кВт-год. Вони коштують на 65%

менше, ніж гібридні акумулятори, і все ще забезпечують 80% економії палива. Ця гібридна система з маховиком може бути особливо ефективною для машин з невеликим обсягом виробництва.

Компанія Caterpillar стверджує, що її гібридний гідравлічний екскаватор 336Е Н споживає на 25% менше палива, ніж стандартна модель 336Е, при цьому досягаючи ефективності в 50% на тонну переміщеного матеріалу на об'єм пального. Ця гібридна конструкція використовує гідравлічні акумулятори для захоплення гальмівної енергії та використання її під час наступних машинних циклів. Завдяки продуманому управлінню двигуном, включаючи автоматичне вимкнення двигуна та регулювання потужності, ця система забезпечує великі економічні вигоди [6,7].

Обидва ці типи машин є ідеальними кандидатами для гібридних систем приводу та відновлення енергії через їхню циклічну природу роботи, яка включає гальмування та інші можливості відновлення енергії. Багато сільськогосподарських операцій також мають стабільний робочий режим з обмеженими можливостями відновлення енергії, проте можливо, що для машин, які використовуються для транспортування матеріалів або розпилення хімікатів, можуть бути розглянуті стратегії відновлення енергії під час гальмування.

Висновки. Сучасні промислові трактори оснащуються дизельними двигунами, що відповідають екологічним стандартам STAGE та Tier 4 Interim завдяки технологіям очищення вихлопних газів. Використання гібридних та електричних технологій, таких як електропривідні насоси, вентилятори зі змінною швидкістю та автоматизовані трансмісії, дозволяє зменшити витрати пального на 5-30%.

Розвиток безступінчастих трансмісій та гібридних систем, включаючи рекуперацію енергії, сприяє підвищенню ефективності тракторів та сільськогосподарської техніки. Застосування GPS і геоприв'язаного управління оптимізує роботу машин, покращуючи продуктивність.

Електрифікація в сільському господарстві розширюється: з'являються електричні трактори, гібридні обприскувачі, навантажувачі та екскаватори, що демонструють до 25-41% економії пального. Гібридні рішення, зокрема маховики та гідравлічні акумулятори, допомагають ефективніше використовувати енергію та знижувати витрати пального.

Таким чином, впровадження новітніх енергоефективних технологій дозволяє значно знизити споживання пального, підвищити ефективність роботи сільськогосподарських машин та зменшити шкідливий вплив на довкілля.

Список використаної літератури

1. Стандартні коди ОЕСР для офіційного тестування тракторів: веб-сайт. URL: <https://ndipvt.com.ua/oecp.html> (дата звернення 10.03.25).
2. New European Driving Cycle (NEDC): веб-сайт. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/New_European_Driving_Cycle (дата звернення 10.03.25).

3. Ідеальне дизпаливо. Властивості й основні характеристики якісного енергоносія для дизельних двигунів: веб-сайт. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/947-idealne-dyzpalyvo-vlastyvosti-i-osnovni-kharakterystyky-iakisnoho-enerhonosiia-dlia-dyzelnykh-dvyhuniv.html> (дата звернення 10.08.23).

4. Паладійчук Ю. Б., Телятник І. А. Обґрунтування параметрів зниження токсичності відпрацьованих газів дизельних двигунів. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2020. № 1 (108). С. 44-57.

5. Паладійчук Ю.Б., Телятник І.А., Буздиган М.В. Дослідження димності відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння, які працюють на дизельному паливі з елементами біопалива. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*: науковий журнал. 2022. № 2 (117). С.75-86.

6. Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б., Труханська О.О. Технічний сервіс в АПК: навч. посіб. Т. 1. Вінниця: ВНАУ. 2019. 648 с.

7. Супрун Д.Г., Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б. Ремонт машин та обладнання: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ. 2012. 85 с.

Юлія ЗЕЛІНСЬКА⁵⁹,

студентка 4-го курсу,

інженерно-технологічний факультет,

Вінницький національний аграрний університет,

Вінниця, Україна.

ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ ДИСКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ

Анотація. Дана робота присвячена питанню вивчення особливостей визначення тягового опору дискових робочих органів комбінованого ґрунтообробного агрегату. У роботі наведена класифікація ґрунтообробних агрегатів, виконано аналіз їх переваг та недоліків і визначено оптимальну конструкцію.

Ключові слова: тяговий опір, дискові робочі органи, обробіток ґрунту, агрегати, конструкція.

Annotation. This work is devoted to the issue of studying the features of determining the traction resistance of disk working bodies of a combined tillage unit. The work presents a classification of tillage units, analyzes their advantages and disadvantages, and determines the optimal design.

Key words: traction resistance, disc tillage tools, soil cultivation, aggregates, design.

⁵⁹Науковий керівник – Шаргородський С.А., кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

Вступ. Існує безліч способів обробки ґрунту, з яких найпоширенішими є: мінімальна і традиційна - проводиться за допомогою звичайних відвальних плугів. Розвиток цих знарядь спрямований на мінімізацію витрат праці, пального та змащувальних матеріалів, а також підвищення якості виконуваної роботи.

У підсумку встановлені наступні проблеми: погане й несвоєчасне викрішування шару ґрунту у верхньому шарі ґрунту через відсутність верхнього ротора, а також висока ймовірність згруджування частини шару з робочих органів, у результаті чого значно збільшується тяговий опір агрегату. Практично у всіх сучасних комбінованих ґрунтообробних машинах [6] шар ґрунту руйнується за рахунок стиску між двома зустрічно обертовими ротаційними розрихлювачами, використання яких у значній мірі є енергоємним процесом, що приводить до додаткових енерговитрат.

Виклад основного матеріалу. Альтернативою традиційній системі обробки ґрунту є різні конструкції машин для нульової і мінімальної та найпоширеніші серед сільгоспвиробників машини, які обробляють ґрунт на глибину 8-15 см. комбінованою, широкозахватною технікою. При цьому створюється біологічно активний шар у верхній частині перепрілих і напівперепрілих залишків культур.

Мінімальна обробка спрямована на зниження енерговитрат, потреба в паливі та робочій силі у порівнянні із традиційною.

Основні робочі органи, які використовуються для чизельних агрегатів - чизельні стойки, вони були спроектовані таким чином, щоб забезпечувати якісне розпушування шару ґрунту на задану глибину обробки без її обертання, при цьому маючи як можна менший тяговий опір. При використанні таких знарядь не відбувається закладення поживних залишків і різного роду рослинності вглиб ґрунту, а лише її підрізання та переміщення в якості мульчуючого компонента, що приводить до додаткових проходів різних агрегатів і до підвищення витрат на проведення основної обробки ґрунту.

Таку проблему можна розв'язати, якщо використовувати комбіновані агрегати і різні конструкції, що дозволяють виконувати кілька технологічних операцій за один прохід агрегату.

Чизельні плуги проектували в першу чергу для глибокого розпушування ґрунту (до 45-50 см) з одночасним руйнуванням плужного обрію. Крім того, даний вид обробки сприяє проникненню мінеральних добрив углиб ґрунту, що підвищує врожайність.

Перспективним напрямком є гладка оранка яка являє собою процес основної обробки ґрунту без утворення звальнорозвальних борозен. Після проходу орних агрегатів, призначених для гладкої оранки, оброблене поле залишається рівною поверхнею, що позитивно позначається на подальшому виростанні й урожайності сільськогосподарських культур. Крім того, гладка оранка менш енергоємна, ніж традиційна.

Відома конструкція ґрунтообробного агрегату КГА-2,2 (Рис. 1). Недоліком його є - низька надійність роботи, високі енерговитратні технологічного процесу.



Рис. 1. Загальний вид комбінованого ґрунтообробного агрегату КГА-2,2.

При використанні активних робочих органів у ґрунтообробній частині комбінованих машин (Рис. 2) домагаються необхідного ступеня розпушування й переміщення ґрунту, що рідко вдається агрегатам з пасивними робочими органами. Однак такі агрегати дуже енергоємні й потребують частої заміни робочих органів через їхнє інтенсивне зношування.

На рис. 2 (а) і (б) показана схема розташування плоскоріжучих робочих органів і дискових батарей, у результаті чого при роботі даного комбінованого агрегату проводиться безвідвальна почвообробка з одночасних дискуванням на глибину до 8 см.

Недоліком ґрунтообробного агрегату є відсутня заміна робочих органів, високі енерговитратні. Комбіновані універсальні багатофункціональні машини (Рисунок 3) створені за кордоном.

Недоліком ґрунтообробного агрегату є відсутня заміна робочих органів, високі енерговитратні. Комбіновані універсальні багатофункціональні машини (Рисунок 3) створені за кордоном.

Недоліком комбінованих багатофункціональних машин є високі питомі енерговитратні, витрати праці.

Дискові робочі органи встановлюються на плугах, лушпильниках, боронах сівалках, комбінованих машинах і дискаторах (Рисунок 4).

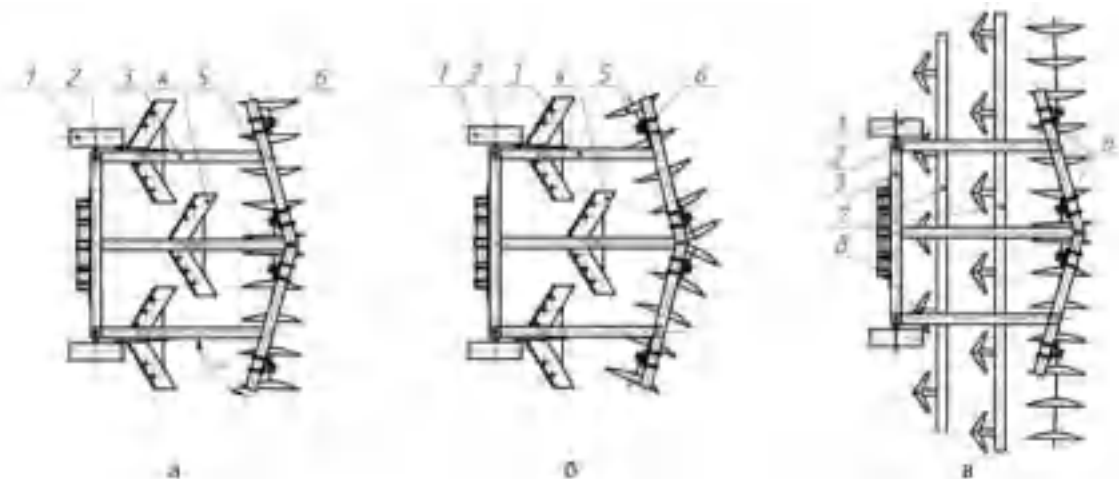


Рис. 2. Схема розміщення змінних робочих органів ґрунтообробного агрегату.



Рис. 3. Загальний вид дискової борони DXRV і SL DTD.

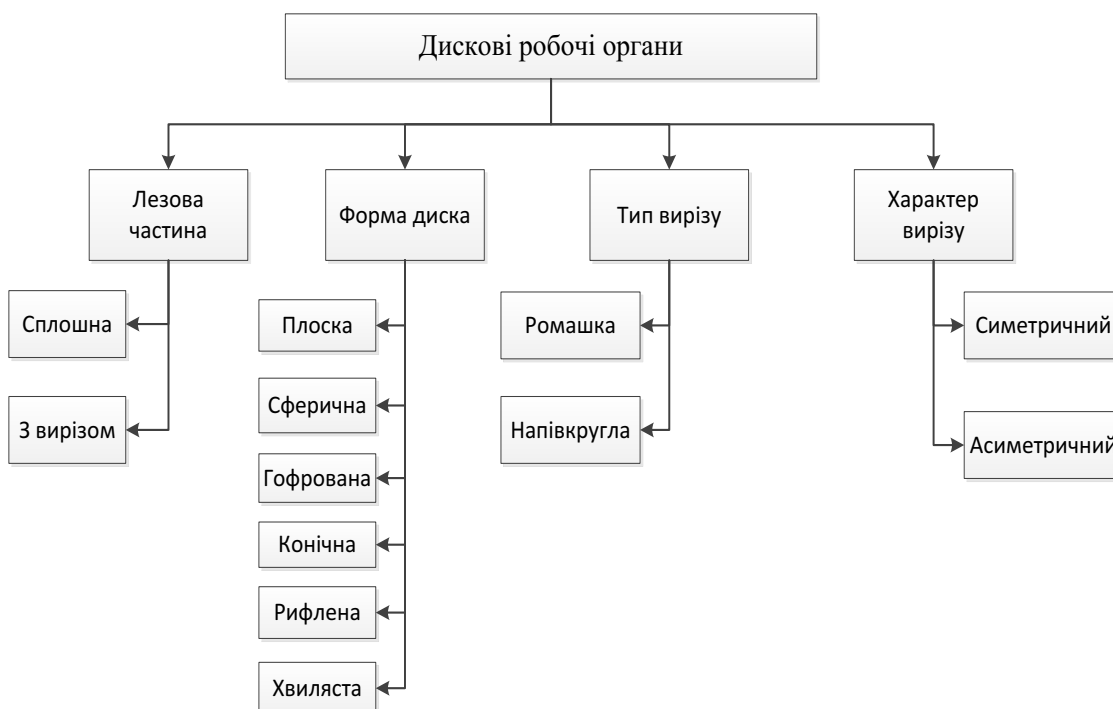


Рис. 4. Класифікація дискових робочих органів.

Робочі органи, що встановлюються на культиватори та інші ґрунтообробні машини і механізми, прийнято розділяти на підрізаючі, вичісуючі, присипаючі та органи спеціального призначення.

На даний момент часу усі сучасні виробники сільськогосподарської техніки обладнають плуги оборотними лемішами з долотоподібним лемішем, більша частина з яких виконана у вигляді цільних доліт без виступаючих елементів.

Як показує практика сьогодні більша перевага віддається складеним лемішам, які встановлюються на плуги, представлені в літературі.

Конструктивно даний елемент (Рисунок 4) виконаний у такий спосіб. До лапи 1 за допомогою заклепувального з'єднання монтуються леміші правий 3 і лівий 4, а в передній частині лабети розміщається долото 1, яке також за допомогою заклепувального з'єднання монтується на лапу 5. Для установки кута атаки плоскоріжучої лапи на стойці 2 є спеціальний упор 6, монтуємий до стойки 2 за допомогою болта 7, переміщаючи який вдається змінювати зсуви довгастого отвору, розташованого у верхній частині стойки 2.



Рис. 5. Плоскоріжуча лапа.



Рис. 6. Схема диска робочого органу ґрунтообробного агрегату (ГОА) у системі координат XYZ: s - товщина диска; R - радіус диска; a - глибина закладення.

Аналіз різних напрямків розвитку ґрунтообробних знарядь показав ефективність і перспективність засобів і способів обробки ґрунту, що дозволить застосувати в комбінованих плужних корпусах і підвищити врожайність сільськогосподарських культур на 15-20 %.

При русі в ґрунті дисків, дно борозни виявляється нерівним, тому що кожний диск утворює борозну жолобчастого або еліптичного профілю [9], який визначається наступними параметрами - діаметром D , радіусом кривизни сферичної поверхні R , товщиною диска s . (Рисунок 6).

Шар ґрунту, який відрізає диск ГОА представлено на рис. 6 і визначається за виразом:

$$t = b + \delta \cdot \cos(\beta) \quad (1)$$

або

$$t = 2R \cdot \sin(\beta) + \delta \cdot \cos(\beta) \quad (2)$$

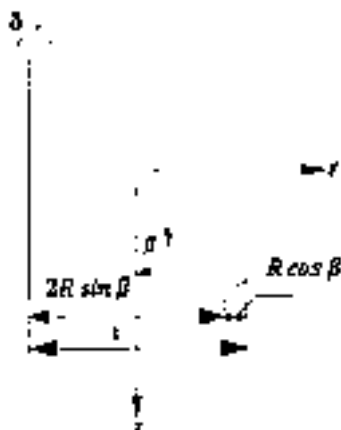


Рис. 7. Ширина захвату шару диском ГОА.

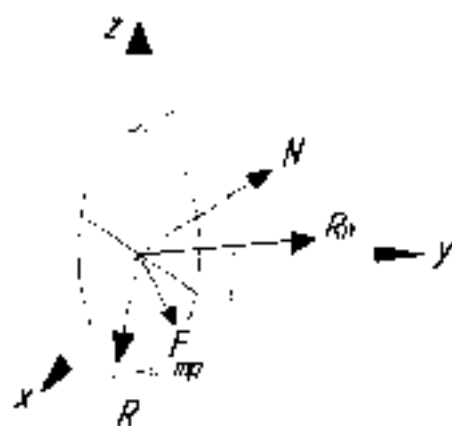


Рис. 8. Розрахункова схема із вказівкою сил, що діють на диск ГОА.

В. П. Горячкин запропонував формулу, по якій можна приблизно обчислити значення сили тяги ґрунтообробного агрегату (Рисунок 7), при деяких

ВІДОМИХ.

$$P = f \cdot G + k \cdot a \cdot b + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot v^2 \quad (3)$$

З метою визначення сили опору ґрунту допускається, що сила реакції ґрунту діє рівномірно на глибину закладення диска в ґрунт і будемо визначати силу опору ґрунту диска ґрунтообробного агрегату експериментальним шляхом (Рисунок 9).

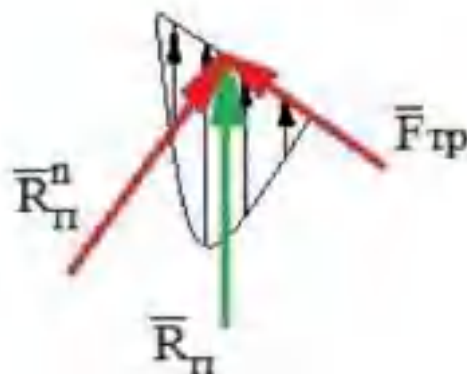


Рис. 8. Епюра реакцій ґрунту в поперечному напрямку.

З урахуванням співвідношення глибини обробки, діаметра диска й кута атаки радіус сфери диска рівний [13]:

$$R = \frac{D}{k_2} \cdot \sqrt{\frac{k-1}{\sin^2(\beta)}} + \left(\frac{1}{2}k_2 - 1 \right)^2 \quad (4)$$

де D - діаметр диска, м;

k_2 - коефіцієнт відповідності глибини обробки й діаметра диска;

β - кут атаки, град.

Для борін коефіцієнт відповідності глибини обробки й діаметра диска становить $k_2 = 4 - 6$.

Приймаємо $k_2 = 4$ у формулі (4):

$$R = \frac{D}{4} \cdot \sqrt{\frac{3}{\sin^2(\beta)}} + 1 \quad (5)$$

і виразимо D :

$$D = \frac{R-1}{0.433} \cdot \sin(\beta) \quad (6)$$

Одним з оціночних показників якості роботи дискових робочих органів є коефіцієнт рівномірності глибини обробки ґрунту η , тобто відношення площі перетину розпушеної смуги ґрунту до суми площ перетину неопрацьованого гребня та розпушеної смуги. При батарейній системі цей показник обчислюється за виразом [18]:

$$\eta = 1 - \frac{c}{2a} \quad (7)$$

де a - глибина ходу дисків; c - висота неопрацьованих гребнів.

З виразу (7) виразимо c :

$$c = 2 \cdot a \cdot (1 - \eta) \quad (8)$$

У свою чергу, висота неопрацьованих гребнів може бути обчислена залежно від відстані b між дисками в батареї [18]:

$$c = \frac{1}{2}D - \frac{1}{2}\sqrt{D^2 - b^2 \cdot \text{ctg}(\beta)} \quad (9)$$

Підставимо вирази (8) і (6) в (9), перетворимо й одержимо відстань b між дисками в батареї:

$$2a \cdot (1 - \eta) = \frac{1}{2} \cdot \frac{(R-1)}{0.433} \cdot \sin(\beta) - \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{(R-1)}{0.433} \cdot \sin(\beta)\right)^2 - b^2 \text{ctg}(\beta)} \quad (10)$$

$$2a \cdot (1 - \eta) = 1.155 \cdot (R-1) \cdot \sin(\beta) - \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{(R-1)}{0.433} \cdot \sin(\beta)\right)^2 - b^2 \text{ctg}(\beta)} \quad (11)$$

$$b = \sqrt{\frac{(2a \cdot (1 - \eta))^2 - 0.0015 \cdot (R^2 - 1) \cdot \sin^2(\beta)}{0.25 \cdot \text{ctg}(\beta)}} \cdot n_1 \quad (12)$$

У результаті обчислень, ширина захвату батареї залежить від глибини їх ходу, коефіцієнта рівномірності глибини обробки ґрунту, радіуса диска та кута атаки дисків.

Відомо, що сила ваги борони визначається за виразом [10]:

$$G = 0.001 \cdot \mu \cdot g \cdot b, \quad (13)$$

де μ - питома конструкційна маса борони, кг/м; g - прискорення вільного падіння, м/с².

Підставимо вирази (12) у (13) і отримаємо:

$$G = 0.001 \cdot \mu \cdot g \cdot \sqrt{\frac{(2a \cdot (1 - \eta))^2 - 0.0015 \cdot (R^2 - 1) \cdot \sin^2(\beta)}{0.25 \cdot \text{ctg}(\beta)}} \cdot n_1 \quad (14)$$

Підставимо вирази (12) і (14) у (3) та одержимо силу опору дискової борони:

$$\begin{aligned} P_{\text{диск}} = & f \cdot 10^{-3} \cdot \mu \cdot g \cdot \sqrt{\frac{(2a \cdot (1 - \eta))^2 - 0.0015 \cdot (R^2 - 1) \cdot \sin^2(\beta)}{0.25 \cdot \text{ctg}(\beta)}} + \\ & + k'' \cdot a \cdot \sqrt{\frac{(2a \cdot (1 - \eta))^2 - 0.0015 \cdot (R^2 - 1) \cdot \sin^2(\beta)}{0.25 \cdot \text{ctg}(\beta)}} + \\ & + \varepsilon \cdot q \cdot \sqrt{\frac{(2a \cdot (1 - \eta))^2 - 0.0015 \cdot (R^2 - 1) \cdot \sin^2(\beta)}{0.25 \cdot \text{ctg}(\beta)}} \cdot v^2 \end{aligned} \quad (15)$$

і тоді одержимо:

$$P_{\text{диск}} = \sqrt{\frac{(2a \cdot (1 - \eta))^2 - 0.0015 \cdot (R^2 - 1) \cdot \sin^2(\beta)}{0.25 \cdot \text{ctg}(\beta)}} \cdot (f \cdot 10^{-3} \cdot \mu \cdot g + k'' \cdot a + \varepsilon \cdot q \cdot v^2) \quad (16)$$

При величині $a = 15$ см вираз (16) прийме вид:

$$P_{\text{диск}} = \sqrt{\frac{(0,3 \cdot (1-\eta))^2 - 0,0015 \cdot (R^2 - 1) \cdot \sin^2(\beta)}{0,25 \cdot \text{ctg}(\beta)}} \cdot (f \cdot 10^{-3} \cdot \mu \cdot g + 0,15 \cdot k'' + 0,15 \cdot \varepsilon \cdot v^2) \quad (17)$$

На основі раціональної формули В. П. Гарячкіна було отримано вираз для визначення тягового опору дискового знаряддя, яке залежить від коефіцієнта рівномірності глибини обробки ґрунту, кута його нахилу, радіуса дисків, питомої конструктивної його маси й коефіцієнтів його формули.

Висновки. Обґрунтована конструктивно-технологічна схема комбінованого ґрунтообробного агрегату зі змінними робочими органами: дисками й чизельними лабетами, що дозволяють виконувати гладку оранку кожним робочим органом окремо або разом за один його прохід.

На основі раціональної формули В. П. Горячкина були отримані математичні моделі залежності тягового опору робочих органів КГА від параметрів дискового знаряддя, яке залежить від коефіцієнта рівномірності глибини обробки ґрунту, кута його нахилу, радіуса дисків, питомої конструктивної його маси й коефіцієнтів його формули.

Список використаної літератури

1. Pastukhov V., Boiko V., Tesliuk H., Ulexin V., Kyrychenko R. Study of seed agitation in the fluid of a hydropneumatic precision seeder. *European Journal of Enterprise Technologies: scientific journal*. 2020. Vol 5, No 1 (107). P 36-43.
2. Lu X., Chen F., Altintas Y. Magnetic actuator for active damping of boring bars. *CIRP Annals - Manufacturing Technology: scientific journal*. 2014. P. 369-372.
3. Matsubara A, Maeda M, Yamaji I. Vibration suppression of boring bar by piezoelectric actuators and LR circuit. *CIRP Annals - Manufacturing Technology: scientific journal*. 2014. P. 373-376.
4. Munoa J., Beudaert X., Dombovari Z., Altintas Y., Budak E., Brecher C., Stepan G. Chatter suppression techniques in metal cutting. *CIRP Annals - Manufacturing Technology: scientific journal*. 2016. P. 785-808.
5. Ivanov M.I., Rutkevych V.S., Kolisnyk O.M., Lisovoy I.O. Research on the block-portion separator parameters influence on the adjustment range of operating elements speed. *INMATEH - Agricultural Engineering: scientific journal*. 2019. Vol. 57/1. P. 37–44.
6. Іванов М.І., Шаргородський С.А., Руткевич В.С. Підвищення експлуатаційної ефективності блочно-порційного вивантажувача консервованих кормів шляхом гідрофікації привода робочих органів. *Промислова гідравліка і пневматика: науковий журнал*. 2013. №1(39). С. 91–96.
7. Серєда Л.П., В.С. Руткевич, М.В. Зінєв. Study of the mathematical model of hydraulic drives segment-finger mower unit. *Техніка, енергетика, транспорт АПК: науковий журнал*. 2018. №1(100). С. 111–123.

Дмитро БОТАЄВ⁶⁰,
студент 1-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ СІВБИ. ПІДГОТОВКА ДО РОБОТИ ПРОСАПНОЇ СІВАЛКИ.

Анотація. У статті розглядаються актуальні технології, які застосовуються в конструкції просапних сівалок, а також підготовка їх до експлуатації. В останні роки в Україні та за межами країни відзначається тенденція до вдосконалення сівалок, зокрема, завдяки впровадженню новітніх технічних рішень, які збільшують їх універсальність та надійність.

Ключові слова: просапні сівалки, точний висів, автоматизація, підготовка сівалки, сільськогосподарські культури.

Annotation. The article discusses modern technologies used in the design of row seeders, as well as their preparation for work. In recent years, there has been a tendency to improve seeders in Ukraine and abroad, in particular due to the introduction of new technical solutions that increase their versatility and reliability.

Key words: row seeders, precision sowing, automation, seeder preparation, crops.

Вступ. Просапні сівалки відіграють визначальну роль у сучасному агровиробництві, гарантуючи високу ефективність і якість посіву просапних культур, зокрема кукурудзи, соняшнику й сої. Ринок просапних сівалок еволюціонує у бік покращення точності та швидкості посіву, що дає змогу підвищувати врожайність та зменшувати витрати на обробіток ґрунту. Сучасні технології просапних сівалок передбачають використання широкозахватних машин, які обробляють значні площі за короткий час, та електронні системи контролю висіву, що дозволяють оптимізувати процес посіву прямо з кабіни трактора. Підготовка просапної сівалки до роботи включає низку важливих кроків, як-от розрахунок кількості сошників, їх розташування згідно з методом посіву, налаштування глибини ходу сошників та інші технічні регулювання. Ці дії забезпечують рівномірний розподіл насіння по площі поля та високу якість посіву, що безпосередньо впливає на майбутню врожайність культур.

Виклад основного матеріалу. Останніми роками в Україні та поза нею спостерігається стабільна тенденція до конструювання сівалок, які мають нові технологічні та технічні рішення. Вони характеризуються підвищеною універсальністю й уніфікацією, що дає змогу вдвічі-втричі зменшити перелік сівалок при досягненні вищої продуктивності та надійності.

⁶⁰Науковий керівник – Луц П.М., кандидат технічних наук, старший викладач кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

В Україні у полі вирощують просапні культури, такі як: кукурудза, соняшник, соя, сорго, буряки, тютюн, рицина, бавовник, картопля, овочеві та баштанні культури [3].

В технології обробітку сільськогосподарських культур операція висівання має вирішальне значення. Водночас просапні культури досить чутливі до рівномірності висіву та оптимальної площі живлення. Тому сівалки мусять гарантувати потрібну для конкретних ґрунтово-кліматичних умов глибину загортання насіння, густоту стояння рослин і отримання запланованого врожаю.

Напрямок розвитку техніки для висіву насіння просапних культур визначає нещодавня тенденція до використання пневматичних висівних систем. Для зручності аналізу та оцінки ключових особливостей пневматичних висівних систем доцільно розділити відомі їх типи за принципом дії на дві основні групи.

До першої групи (рис. 1) входять пневматичні висівні системи з однокомпонентним потоком повітря, котрі є традиційними для просапних сіялок. В залежності від типу висівного апарата, який використано на сіялці, пневматичну висівну систему останньої можна назвати вакуумною, надлишкового тиску чи комбінованою.

В пневмосистемах вакуумних або надлишкового тиску повітряний потік з тиском меншим або більшим за атмосферний використовується у висівних апаратах для наповнення комірок (отворів) висівних дисків насінням. Комбіновані пневматичні висівні системи використовуються в конструкціях сіялок, призначених переважно для висіву насіння овочевих культур. Розрідження використовується у висівних апаратах для заповнення насінням комірок висівних дисків, а надлишковий тиск – для продування комірок в точці скидання з метою запобігання забиванню.

До другої групи (рис. 1) належать пневматичні висівні системи з двокомпонентним повітряно-насіннєвим потоком.

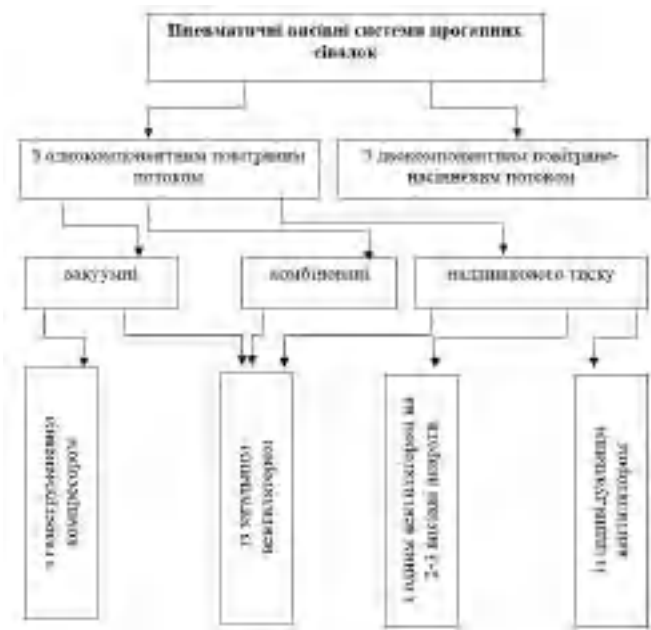


Рис. 1. Класифікація пневматичних висівних систем просапних сіялок.

Тут повітряний потік застосовується в централізованому висівному обладнанні для відбору насіння по одному з загальної маси й подальшого їх транспортування в сошники. За допомогою повітряного потоку насіння транспортується через спеціальні трубопроводи або повітроводи до кожного окремого сошника, де воно рівномірно розподіляється у ґрунт. Така система дозволяє забезпечити точний і контрольований висів насіння, а також знизити ризик засмічення та зупинки механізмів. Пневматичний потік створює стабільний потік повітря, що дозволяє підтримувати постійну швидкість і рівномірність подачі насіння, навіть при високих швидкостях сівби, що особливо важливо для великих площ обробки [2].

Для відбору повітря з висівних апаратів у вакуумних пневматичних висівних системах та його розподілу по висівним апаратам в пневматичних висівних системах надлишкового тиску використовують різні види повітророзподільчих пристроїв (рис. 2).

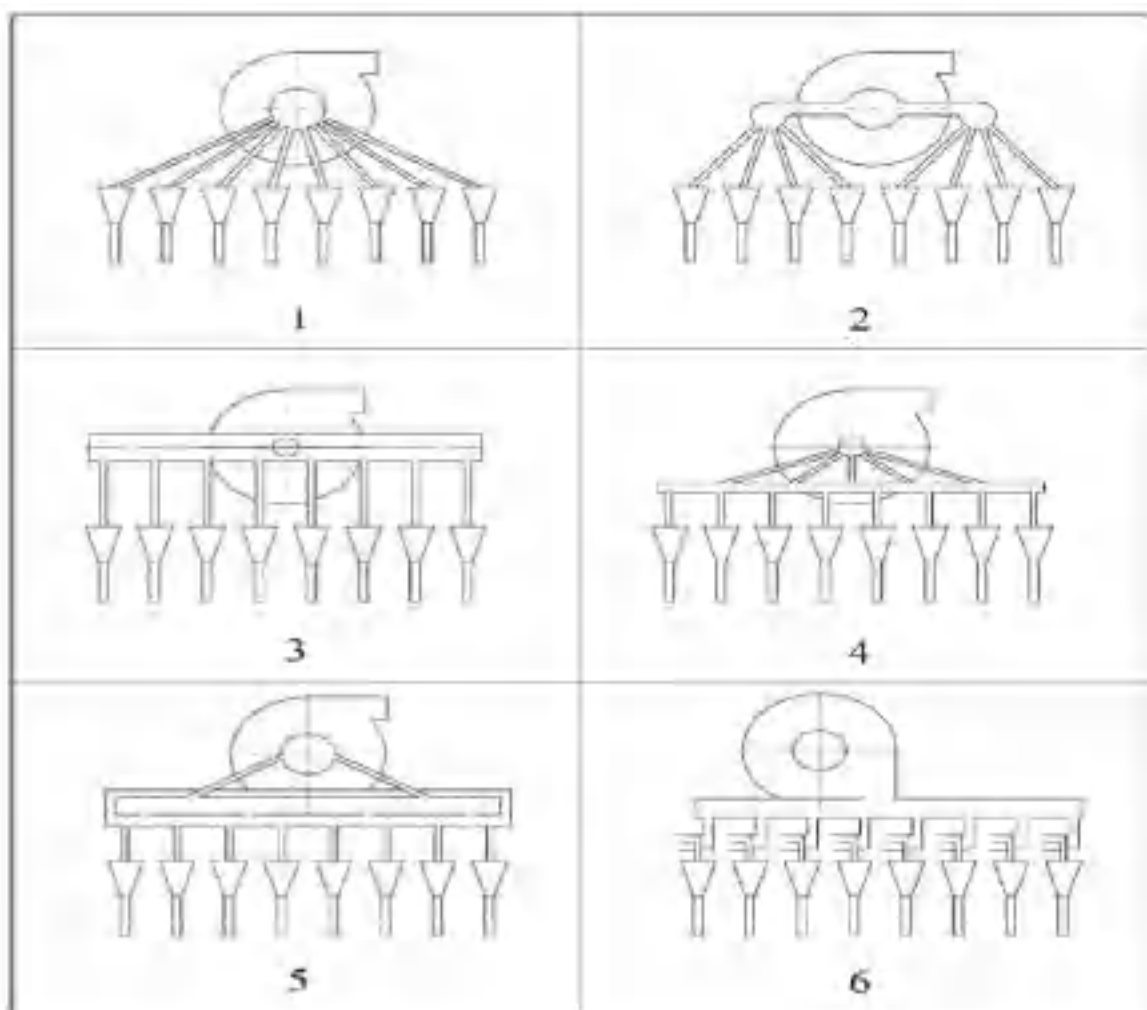


Рис. 2. Класифікація систем розподілу повітря у висівних системах сівалок. Системи з: 1 - радіальним розподільником; 2 - кільцевим розподільником; 3 - горизонтальним колектором; 4 - центральним розподільником і регульованими виходами; 5 - каскадним розподільником; 6 - багатоетапним розподілом через камери.

Найбільш поширена система розподілу повітря з вентилятором та повітроводами, що сполучаються з вакуумними камерами висівних апаратів. Така система розподілу повітря з вентилятором, що приводиться в рух від ВВП трактора та повітроводами, по яких повітря відсмоктується з висівних апаратів, є на сівалці Pneumasem (рис. 3) фірми Nodet Gougis (Франція). Аналогічні повітророзподільні пристрої встановлено на 6-, 8 -рядкових сівалках Unisem фірми Nassia (Німеччина) 2- 12-рядкових сівалках Monosem фірми Sfoggia (Італія), 6- рядкова Румунська сівалка SPC-6М, вітчизняні СУПН-8, СУПО-6, СУПО-9.

Сучасні просапні сівалки в більшості вже оснащені передовими технологіями, які дозволяють оптимізувати процес сівби. Основні компоненти та нововведення включають:

1. Системи точного висіву. Більшість просапних сівалок використовують вакуумні або механічні висівні апарати. Вакуумні системи, зокрема, забезпечують точне розміщення насіння на визначеній глибині та зрівномірними інтервалами. Такі технології, як Precision Planting, дозволяють контролювати кількість насіння на гектар із мінімальними відхиленнями.

2. Автоматизація та GPS-навігація. Інтеграція GPS-технологій у сівалки дає змогу дотримуватися чітких рядків сівби, уникати перекриттів і пропусків. Системи автоматичного пілотування та карти полів допомагають адаптувати сівбу до рельєфу та особливостей ґрунту.

3. Контроль глибини та притискного зусилля. Сівалки обладнані механізмами регулювання глибини висіву та притискного зусилля сошників. Це дає змогу адаптувати машину до різних типів ґрунтів— від легких піщаних до важких глинистих.

4. Секції внесення добрив. Багато моделей мають вбудовані бункери для одночасного внесення мінеральних добрив під час сівби, що підвищує ефективність живлення рослин на ранніх етапах росту.

5. Електронні системи моніторингу. Датчики та дисплеї в кабіні трактора дозволяють оператору в реальному часі відстежувати якість сівби, виявляти засмічення чи збої в роботі апаратів висіву [1].



Рис. 3. Сівалка Pneumasem фірми Nodet Gougis (Франція).

Правильна підготовка сівалки до сезону є запорукою її безперебійної роботи та високої якості висіву. Основні етапи підготовки включають:

Огляд і технічне обслуговування. Перед початком роботи необхідно перевірити стан усіх вузлів: висівних апаратів, сошників, приводів, ланцюгів і підшипників. Зношені або пошкоджені деталі слід замінити. Особливу увагу звертають на чистоту вакуумних систем і герметичність шлангів.

Калібрування висівних апаратів. Калібрування проводиться для кожної культури окремо, враховуючи розмір і вагу насіння. Сучасні сівалки часто мають автоматичні системи калібрування, але все одно рекомендується виконати ручну перевірку відповідності показників системи дійсним показникам. Наприклад, для кукурудзи норма висіву може складати 70-80 тисяч насінин на гектар, і відхилення має бути мінімальним.

Налаштування глибини та міжряддя. Глибина висіву залежить від типу ґрунту та культури (наприклад, 4-6 см для кукурудзи). Міжряддя регулюється відповідно до агротехнічних вимог – зазвичай 45-70 см для просапних культур.

Перевірка систем внесення добрив. Якщо сівалка оснащена бункером для добрив, необхідно переконатися в чистоті шлангів і відсутності засмічень. Дозування добрив також калібрується для рівномірного розподілу.

Тестовий прогін. Перед виїздом у поле рекомендується провести тестовий висів на невеликій ділянці. Це дозволяє виявити можливі проблеми з розподілом насіння чи роботою електронних систем.

Підготовка оператора. Оператор має бути ознайомлений із інструкцією до сівалки, особливостями її роботи та налаштуваннями. У випадку використання GPS чи інших автоматизованих систем – пройти відповідне навчання [3].

Для досягнення високих результатів у використанні просапної сівалки важливо враховувати такі фактори:

1) тип і стан ґрунту: для важких ґрунтів, що сильно злежалися, потрібні більш потужні сівалки з додатковими механізмами для розпушування.

2) вологість ґрунту: оптимальна вологість важлива для забезпечення рівномірного висіву. Вологий ґрунт забезпечує кращу стабільність насіння в борозні.

3) тип культури: для різних культур застосовуються різні параметри налаштування сівалки, такі як глибина висіву та дозування насіння [4].

Просапні сівалки –ключовий інструмент для отримання великих врожаїв у сільському господарстві. Їхня технологія та будова гарантують точний висів, рівномірний розподіл насіння та ідеальні умови для розвитку рослин. Підготовка сівалки до роботи –важливий крок, який забезпечує її ефективну роботу та зменшує ймовірність поломок. Отже, необхідно регулярно перевіряти технічний стан сівалки, налаштовувати її відповідно до типу ґрунту та культури, щоб досягти найбільшого врожаю.

Висновки. Отже, сучасні просапні сівалки – це високотехнологічні машини, які поєднують механічні, електронні та програмні засоби для забезпечення точного висіву. Їхня ефективність залежить не тільки від

конструктивних особливостей, а й від ретельної підготовки до початку роботи. Регулярне обслуговування, правильне калібрування та врахування ґрунтових та польових умов дають змогу досягти оптимальних результатів, збільшити врожайність і зменшити витрати. У сучасному агровиробництві просапна сівалка є не просто інструментом, а справжнім високотехнологічним партнером фермера.

Список використаної літератури

1. Борзенко В. Багатофункціональні посівні агрегати. *Агробізнес сьогодні*: науковий журнал. 2013. №22(269). С. 58-64.
2. Пришляк В. М. Теоретичні дослідження систем розподілу повітря універсальної просапної сівалки. «Сучасні проблеми виробництва, переробки с.г. продукції, машинобудування та енергетичних систем АПК»: *матеріали IV магістерської науково-технічної конференції, 23-24 листопада 2016 року*. Вінниця: Вид-во ВНАУ. 2016. С. 64-66.
3. Сівалка: як підготуватися до посівних робіт: веб-сайт. URL: <https://ropa.in.ua/news/sivalka-jak-pidgotuvatisja-do-posivnih-robit/?srsltid=AfmBOoomtAWQJGa25FaltmyhS64YmPcqDVMx2srlWYO8qpyzyoTTJPsd> (дата звернення: 21.03.2025).
4. Сівалки просапних культур: конструктивні особливості: веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com/ua/sivalki-prosapnih-kultur-konstruktivni-osoblivosti> (дата звернення: 21.03.2025).

Ілля ГЕВКО⁶¹,
студент 1-го курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Анотація. Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) є важливим інструментом для сучасних наукових досліджень та практичного застосування в екології, сільському господарстві, геології та міському плануванні. Воно базується на використанні супутникових і авіаційних платформ для збору даних про стан природного середовища, прогнозування стихійних лих та оцінки антропогенних впливів.

Ключові слова: дистанційне зондування, супутникові технології, гіперспектральне зондування, радарна інтерферометрія.

⁶¹Науковий керівник - Холодюк О.В., к.т.н., доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу.

Annotation. *Remote sensing of the Earth (RS) is an important tool for modern scientific research and practical applications in ecology, agriculture, geology and urban planning. It is based on the use of satellite and aviation platforms to collect data on the state of the natural environment, forecast natural disasters and assess anthropogenic impacts.*

Key words: *Remote sensing, satellite technologies, hyperspectral sensing, radar interferometry.*

Вступ. Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) є інноваційною технологією, яка змінила підхід до моніторингу природного середовища, управління ресурсами та вирішення глобальних екологічних викликів. Ця методика базується на зборі даних про поверхню Землі за допомогою супутників, літаків чи безпілотників. У сучасному світі важливість ДЗЗ важко переоцінити: воно дозволяє прогнозувати стихійні лиха, аналізувати кліматичні зміни, контролювати стан посівів та навіть виявляти незаконну вирубку лісів. Основна мета цієї роботи - дослідження розвитку, сучасних досягнень та перспектив технологій дистанційного зондування.

Мета даної роботи дослідити етапи розвитку технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), проаналізувати сучасні досягнення в цій галузі та розглянути перспективи подальшого вдосконалення, зокрема впровадження новітніх технологій, таких як штучний інтелект, мініатюрні супутники CubeSat та квантові обчислення. Основним завданням є узагальнення інформації про застосування ДЗЗ у різних сферах екології, сільському господарстві, геології та урбаністиці з акцентом на практичну значущість цих технологій для моніторингу стану довкілля та прогнозування стихійних лих.

Виклад основного матеріалу. Історія дистанційного зондування розпочалася ще до появи космічних технологій. У XIX столітті перші спроби отримати зображення земної поверхні здійснювались за допомогою повітряних куль, що піднімалися над землею із прикріпленими фотокамерами. Ці експерименти дали можливість отримувати аерофотознімки місцевості, які використовувалися для картографії.

У XX столітті розвиток авіації сприяв вдосконаленню аерофотозйомки. Під час Першої та Другої світових воєн фотографування земної поверхні з літаків (рис. 1) стало ключовим інструментом для військових операцій, зокрема для створення точних карт територій [1, 2].



Рис. 1. Волинські села 1944 р.

1957 рік став переломним моментом в історії людства, адже був запущений перший штучний супутник Землі - "Супутник-1" (рис. 2). Хоча він не міг здійснювати фотозйомку, цей запуск ознаменував початок епохи космічного моніторингу Землі.

1972 року була запущена серія супутників "Landsat" (рис. 3), яка стала першою глобальною програмою космічного зондування. Супутники "Landsat" використовували багатоспектральні сенсори для отримання зображень поверхні Землі. Це дозволило досліджувати зміни ландшафту, стан рослинного покриву, водойми та інші екологічні аспекти. "Landsat" значно розширив можливості дистанційного зондування, забезпечивши регулярний моніторинг великих територій.



Рис. 2. Супутник-1.



Рис. 3. Супутник Landsat.

У 1980-1990-х роках розвиток комп'ютерних технологій та цифрових сенсорів відкрив нові горизонти для дистанційного зондування. З'явилися радарні системи, які дозволяли отримувати дані незалежно від погодних умов або часу доби. Особливо важливим стало впровадження радарної інтерферометрії (InSAR), що дозволило фіксувати зміни земної поверхні з високою точністю [1, 2]. Гіперспектральне зондування стало ще одним важливим досягненням цього періоду. Завдяки здатності розрізняти тисячі спектральних каналів, воно дозволило досліджувати хімічні та фізичні властивості об'єктів, таких як ґрунти, води та рослини.

Сучасні досягнення. На початку XXI століття розвиток технологій зондування набув нових обертів завдяки супутниковим програмам, таким як "Sentinel" (Європейське космічне агентство) та "TerraSAR-X". Ці програми забезпечили доступ до даних високої якості, що використовуються для моніторингу кліматичних змін, управління ресурсами та прогнозування стихійних лих. Сучасні сенсори, зокрема гіперспектральні та лазерні системи (LiDAR), дозволяють створювати тривимірні моделі поверхні Землі, досліджувати міські ландшафти та виконувати точний аналіз рослинного покриву. Сучасні супутники, такі як Sentinel (ESA) (рис. 4.), TerraSAR-X

(Німеччина) (рис. 5.), RADARSAT (Канада) (рис. 6), надають дані з високою роздільною здатністю для широкого спектра застосувань [3, 4].

Програма "Sentinel", яка є частиною європейської ініціативи "Copernicus", забезпечує вільний доступ до супутникових даних для дослідників, громадських організацій та урядів. Ці супутники охоплюють багатоспектральне та радарне зондування, що робить їх незамінними для моніторингу природних ресурсів, управління урбанізацією та реагування на надзвичайні ситуації.

LiDAR (Light Detection and Ranging) є однією з найсучасніших технологій, яка дозволяє створювати тривимірні моделі земної поверхні з високою точністю. Ця технологія широко використовується у міському плануванні, аналізі рослинного покриву та картографії. Наприклад, LiDAR активно застосовується для моніторингу лісових масивів та оцінки їхнього об'єму. Гіперспектральне зондування дозволяє аналізувати спектральні характеристики об'єктів із високою деталізацією. Ця технологія використовується для виявлення забруднення, оцінки стану водних ресурсів і навіть аналізу складу ґрунтів для сільського господарства. Наприклад, гіперспектральні сенсори успішно застосовуються для моніторингу якості води в озерах і річках, що є критично важливим у контексті глобальних екологічних викликів.



Рис. 4. Супутник Sentinel-1. Рис. 5. Супутник TerraSAR-X. Рис. 6. Супутник Radarsat-1.

Штучний інтелект став невід'ємною частиною сучасного дистанційного зондування. Алгоритми машинного навчання та глибокого навчання використовуються для автоматичного аналізу супутникових даних, виявлення змін ландшафтів, класифікації рослинного покриву та прогнозування екологічних процесів. Наприклад, нейронні мережі допомагають розпізнавати зони ризику, такі як ймовірні райони повеней, і оцінювати рівень загрози.

Розробка мініатюрних супутників CubeSat відкриває нові можливості для моніторингу поверхні Землі з низькими фінансовими витратами. CubeSat - це невеликі супутники розміром із коробку для взуття, які можуть працювати як констеляції (групи супутників) для забезпечення постійного збору даних у реальному часі. Вони особливо ефективні для моніторингу локальних природних катастроф та управління регіональними ресурсами. Інтерферометричний радар з синтезованою апертурою (InSAR) дозволяє вимірювати деформації земної поверхні з точністю до міліметрів. Ця технологія активно використовується для

вивчення сейсмічної активності, моніторингу вулканів і прогнозування землетрусів. Застосування InSAR стало революційним у геології та управлінні ризиками природних лих.

Сучасні супутникові системи забезпечують оперативний доступ до даних у реальному часі. Це особливо важливо для управління стихійними лихами, таких як пожежі або повені. Завдяки даним у реальному часі рятувань служби можуть швидше реагувати, що допомагає рятувати життя та мінімізувати збитки. Майбутнє галузі пов'язане із впровадженням мініатюрних супутників (CubeSat), які здатні працювати у сукупності, створюючи констеляції для отримання даних у реальному часі. Крім того, інтеграція штучного інтелекту й квантових обчислень дозволить автоматизувати аналіз даних та значно підвищити точність прогнозів ДЗЗ базується на використанні електромагнітного випромінювання, яке відбивається або випромінюється земною поверхнею.

Основними засобами отримання даних є: *оптичне зондування*, що забезпечує зображення високої якості у видимому й інфрачервоному спектрі, *радарне зондування*, яке дозволяє отримувати дані навіть у нічний час і за хмарної погоди, *гіперспектральне зондування*, що дає змогу вивчати спектральні характеристики об'єктів із високою деталізацією. Отримані дані проходять кілька етапів обробки: *радіометрична корекція* для виправлення похибок, викликаних атмосферними умовами, *геометрична корекція* для приведення зображень до реальних координат місцевості, *класифікація об'єктів* із використанням алгоритмів машинного навчання.

Сфери застосування дистанційного зондування дозволяє відстежувати зміни екосистем, зокрема вирубування лісів, деградацію ґрунтів і забруднення водойм [5, 6]. Наприклад, знімки супутників Sentinel показують зменшення площ тропічних лісів Амазонії через антропогенний вплив. ДЗЗ широко використовується у видобувній промисловості для виявлення родовищ корисних копалин. Геологічний аналіз супутникових даних також дає змогу оцінити зміну топографії після видобування. Використання індексів рослинності, таких як NDVI (нормалізований диференційний вегетаційний індекс), дозволяє визначати стан посівів, прогнозувати врожайність, а також раціоналізувати використання води й добрив. Це є особливо актуальним для країн із ризиками посух. Супутникові технології допомагають прогнозувати та оцінювати наслідки природних катастроф, таких як урагани, повені та землетруси. Наприклад, технологія радарного зондування InSAR використовується для виявлення деформацій земної кори, що можуть передувати землетрусам. ДЗЗ дає змогу оцінити зміни в міському середовищі, відслідковувати забудову територій, управляти інфраструктурою та зменшувати екологічний вплив урбанізації.

Європейська програма "Copernicus" забезпечує дані в реальному часі, які застосовуються для моніторингу кліматичних змін, управління лісами й водоймами. Використання лазерного сканування (LiDAR) відкриває нові можливості для створення тривимірних моделей земної поверхні. Ця технологія використовується для аналізу лісових масивів та урбаністичного моделювання.

Інтеграція алгоритмів машинного навчання дозволяє автоматизувати аналіз супутникових знімків, виявляти закономірності та прогнозувати зміни довкілля.

Хоча більшість програм, таких як "Sentinel", надають безкоштовний доступ до даних, все ще існує брак спеціалізованих знань і інструментів для їх аналізу. Подальше вдосконалення технологій включає збільшення роздільної здатності супутників і розробку мініатюрних супутників, які можуть працювати у сукупності (констеляції). Квантові технології здатні прискорити обробку великих масивів даних, що дозволить створювати більш точні прогнози кліматичних змін.

Висновки. Дистанційне зондування Землі є ключовим інструментом для дослідження нашої планети, моніторингу природного середовища та вирішення глобальних викликів. Розвиток нових технологій, інтеграція ШІ й удосконалення супутників відкривають безмежні можливості для науки, промисловості й сталого розвитку.

Список використаної літератури

1. Євтушенко О. Розвиток супутникових технологій для екологічного моніторингу. *Геоінформатика: науковий журнал*. 2022. № 3. С. 45–57.
2. Довгий С.О., Лялько В.І., Бабійчук С.М. Основи дистанційного зондування Землі: навчальний посібник. Київ: Академперіодика. 2017. 256 с.
3. Smith J. The Evolution of Remote Sensing Technologies. *Journal of Earth Observation: scientific journal*. 2019. P. 112–126.
4. Petrov A. Historical Milestones in Remote Sensing. *International Journal of Space Science: scientific journal*. 2020. P. 209–221.
5. Johnson A. Satellite Innovations and Environmental Applications. *Earth Observation Systems: scientific journal*. 2021. P. 300–315.
6. Smith R. Technological Advances in Remote Sensing. *Journal of Space Science: scientific journal*. 2021. P. 180–195.

Каріна МУДРЕНКО⁶²,

студентка 3 курсу,
факультет технології виробництва та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

МЕТОДИ ЕКСТРАКЦІЇ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Анотація. Екстракція є важливим процесом у харчовій промисловості, оскільки вона дозволяє вилучати цінні компоненти з сировини. Вибір методу екстракції залежить від конкретного застосування. Стаття розглядає різноманітні технології вилучення цінних компонентів з харчової сировини.

⁶²Науковий керівник – Токарчук О.А., к.т.н., доцент кафедри інженерної механіки та технологічних процесів в АПК.

Ключові слова: Екстракція, методи екстракції, харчова промисловість, безпечність продуктів.

Annotation. Extraction is an important process in the food industry, as it allows for the extraction of valuable components from raw materials. The choice of extraction method depends on the specific application. The article discusses various technologies for extracting valuable components from food raw materials.

Key words: Extraction, extraction methods, food industry, food safety.

Вступ. Екстракція — це процес, у якому дві фази вступають у контакт з метою перенесення розчиненої речовини або частинки з однієї фази в іншу. Для розділення та очищення біологічних продуктів фази найчастіше являють собою незмішувані рідини, а розчинена речовина знаходиться в розчинній формі. У деяких випадках, одна фаза є рідиною, а інша - твердою; екстракція кофеїну з кавових зерен є одним із прикладів. Органічний розчинник часто використовується як рідина для екстрагування, коли розчинена речовина, що екстрагується, є стабільною в органічному розчиннику, типовими прикладами є низькомолекулярні антибіотики. Зазвичай екстрагувати білки органічними розчинниками неможливо, оскільки білки часто денатуруються або розкладаються в результаті контакту з органічним розчинником[1].

Безпека харчових продуктів стала головною проблемою нашого суспільства. Загалом громадськість дедалі більше турбується про безпеку харчових продуктів, які вони споживають щодня, оскільки виникає все більше випадків зараження харчових продуктів. У результаті необхідні надійні та ефективні методи аналізу безпеки харчових продуктів. Навіть із застосуванням сучасних методів виявлення через низькі концентрації забруднювачів і складні харчові матриці необхідна ефективна підготовка проб. Традиційні методи екстракції зразків харчових продуктів, такі як рідинно-рідинна екстракція і екстракція Сокслета, часто займають багато часу та потребують великої кількості органічних розчинників. Таким чином, однією з цілей аналітичних досліджень безпеки харчових продуктів в даний час є розробка нових методів екстракції, які можуть підвищити точність аналітичних результатів і спростити аналітичні процедури[2].

Виклад основного матеріалу. Екстракція зразка є вирішальним кроком у аналізі зразків їжі, оскільки це може вплинути на концентрацію аналіту та чистоту зразка. Традиційні методи екстракції зразків, які використовуються в дослідженнях безпечності харчових продуктів, ґрунтуються на правильному виборі розчинників і використанні тепла та перемішування для покращення розчинності бажаних сполук і масообміну. Для початку пропоную розглянути традиційні методи екстракції.

Мацерація — це простий метод екстракції, який передбачає замочування підготовленої рослинної сировини у грубозернистому або порошкоподібному вигляді в потрібному розчиннику при кімнатних умовах протягом принаймні трьох днів з періодичним перемішуванням. Після завершення екстракції суміш

проціджують через сито або сітку з дрібними отворами. Згодом вижимки пресують, а рідкий екстракт очищають за допомогою фільтрації або декантації після відстоювання. Дуже важливо вибрати відповідний розчинник під час мацерації, оскільки розчинник визначає класи фітохімічних речовин, отриманих із зразків. Основним недоліком процедури є низька ефективність і довга тривалість екстракції. Однак оптимізовані умови можуть приписати цій методиці значну ефективність, оскільки з чорноплідної горобини отримано високий рівень фенольних сполук і вихід антоціанів [3]. З іншого боку, дослідження листя *S. саїап* для екстракції флавоноїдів за допомогою мікрохвильової печі, рефлюксу, ультразвуку та мацерації показало, що методи мацерації дають найнижчий вихід.

Ще один цікавий метод, схожий на настоювання, але більш ефективний, ніж мацерація, — перколяція. Перколяція є найпопулярнішою процедурою для приготування рідких екстрактів, таких як настоянки. Перколяція означає «пропускати рідину крізь твердий матеріал по краплі». Під час перколяції розчинник, як правило, етиловий спирт, повільно проходить крізь рослинний матеріал, поступово наповнюючи себе фітохімічними речовинами, і поступово просувається вниз іншим свіжим розчинником, доданим зверху. Перед введенням рослинної сировини в перколятор її необхідно ретельно подрібнити, не роблячи частинок дуже дрібними. Якщо частинки занадто дрібні, це ускладнить відділення дрібних частинок від екстракційного розчинника. Відповідно, екстракт буде каламутним із залишком, який осідає на дні перколятора. Після того, як рослинний матеріал вставлено в перколятор, екстракційний розчинник заливається зверху і просочується крізь рослинний матеріал зі швидкістю, яка визначається природою рослинного матеріалу, що піддається екстракції. Швидкість потоку розчинника не повинна бути надмірною, щоб дати розчиннику час для проникнення в клітини рослин і вилучення складових фітохімічних речовин.

Вибір розчинника для екстракції залежить від хімічних властивостей вторинних метаболітів, що екстрагуються. Зазвичай використовується водно-спиртова суміш розчинників, що забезпечує надзвичайно ефективну екстракцію, оскільки вода зволожує стінки рослин, оскільки спирт хімічно подібний до більшості активних компонентів, витягнутих із рослинного матеріалу. Наприклад, фенольні сполуки, зокрема епікатехін, екстрагували за допомогою 70% етанолу, а петролейний ефір використовували для екстракції антиоксидантів, таких як феноли та флавоноїди. Цікаво, що крім спирту для вилучення алкалоїдів з дикорослих плодів шляхом перколяції використовували неорганічний водний розчин соляної кислоти. Однак алкоголь має додаткову перевагу збереження екстракту, оскільки він є консервантом. Екстракт називається фільтратом. Після завершення процесу рослинний матеріал пресують, щоб відновити поглинений залишковий розчинник, і залишковий розчин додають до фільтрату (екстракту). Екстракція закінчується після виведення з перколятора безбарвної рідини, позбавленої фітохімічних речовин.

Відвар. Ця техніка екстракції корисна для фітохімічних речовин, які не розкладаються та не змінюються з підвищенням температури. Під час

відварювання рослинну сировину кип'ятять у воді від 15 до 60 хв. Тривалість кип'ятіння залежатиме від природи рослинних тканин і фітохімікатів, що екстрагуються. Після закипання суміш охолоджують, а потім проціджують, доливаючи холодну воду до отримання необхідної кількості розчину. Після завершення процесу відварювання суміш проціджують для отримання рідкого екстракту. Екстракт, отриманий за допомогою техніки відварювання, ймовірно, містить багато небажаних продуктів. Можна також зазначити, що це не ідеальний метод для термолабільних сполук.

Екстракція Сокслета — це безперервна екстракція фітохімічних речовин за допомогою гарячого розчинника. Подрібнений рослинний матеріал поміщають у наперсток (пористий мішок), виготовлений або з твердого фільтрувального паперу, або з целюлози. Наперсток, упакований подрібненим рослинним матеріалом, поміщають у відділення атрибутки Сокслета. Екстракційний розчинник, такий як етанол або метанол, поміщають у нижню колбу. Потім розчинник нагрівається та випаровується в наперстку для зразків, потім конденсується в конденсаторі у верхній частині приладу, а потім капає назад, що призводить до екстракції фітохімічних речовин. Порівняно з методами екстракції на основі мацерації досягається підвищений вихід. Жирні кислоти екстрагували за допомогою цієї техніки з насіння конопель при 70 °C протягом восьми годин, а фенольні сполуки з листя з використанням 60% етанолу протягом двох годин екстракції. Цей спосіб вилучення досить ефективний. Однак через високу температуру цей метод ризикує деградувати термолабільні сполуки.

Недоліки, пов'язані зі звичайними методами екстракції розчинником, включають тривалий час екстракції, значну кількість розчинників і іноді багато етапів екстракції. Крім того, значні кількості термолабільних фітохімічних речовин розкладаються або деградують під час нагрівання. Однак ці методи екстракції все ще використовуються для вилучення запашних і ароматичних олій з рослин через їхню простоту [4].

А зараз пропоную розглянути сучасні методи екстракції. Екстракція рідини під тиском також була описана різними дослідницькими групами як прискорена екстракція розчинником, посилена екстракція розчинником. Екстракція рідини під тиском застосовує високий тиск під час екстракції. Високий тиск підтримує розчинники в рідкому стані вище їх точки кипіння, що призводить до високої розчинності та високої швидкості дифузії розчинених ліпідів у розчиннику, а також до високого проникнення розчинника в матрицю. Цей метод різко зменшив споживання часу екстракції та розчинника та мав кращу повторюваність порівняно з іншими методами. Рідинна екстракція під тиском була успішно застосована дослідниками з Університету Макао та інших інститутів для вилучення багатьох типів природних продуктів, включаючи сапоніни, флавоноїди та ефірну олію. Реакції Майяра відбувалися, коли метод використовували при 200 °C для вилучення антиоксидантів із виноградних вичавок. Умови високотемпературної короткочасної екстракції рідини під тиском можуть подолати недолік високої температури, що використовується в екстракції.

Надкритична рідинна екстракція використовує надкритичну рідину як екстракційний розчинник. Надкритична рідина має подібну розчинність до рідини та подібну дифузію до газу, і може розчиняти широкий спектр природних продуктів. Їх властивості сольватації різко змінювалися поблизу критичних точок через невеликі зміни тиску та температури. Надкритичний діоксид вуглецю широко використовувався в надкритичній рідинній екстракції через його привабливі переваги, такі як низька критична температура (31 °C), селективність, інертність, низька вартість, нетоксичність і здатність витягувати термічно лабільні сполуки. Низька полярність робить його ідеальним для вилучення неполярних природних продуктів, таких як ліпіди та леткі масла.

Ультразвукова екстракція, яку також називають обробкою ультразвуком, використовує для екстракції енергію ультразвукової хвилі. Ультразвук у розчиннику, що викликає кавітацію, прискорює розчинення та дифузію розчиненої речовини, а також передачу тепла, що покращує ефективність екстракції. Інша перевага ультразвукової екстракції – низьке споживання розчинника та енергії, а також зниження температури та часу екстракції. Ультразвукова екстракція застосовна для вилучення термолабільних і нестабільних сполук. Даний метод зазвичай використовується для видобутку багатьох видів природних продуктів.

Екстракція за допомогою мікрохвиль. Мікрохвилі генерують тепло, взаємодіють з полярними сполуками, такими як вода та деякі органічні компоненти в рослинній матриці, дотримуючись механізмів іонної провідності та дипольного обертання. Застосування екстракції за допомогою мікрохвиль забезпечує багато переваг, таких як збільшення виходу екстракту, зменшення термічної деградації та вибіркове нагрівання рослинного матеріалу. Її також визнано екологічною технологією, оскільки вона зменшує використання органічних розчинників. Існує два типи методів екстракції за допомогою мікрохвиль: екстракція без розчинників (зазвичай для летких сполук) і екстракція розчинником (зазвичай для нелетких сполук).

Екстракція імпульсним електричним полем значно збільшує вихід екстракції та зменшує час екстракції, оскільки вона може збільшити масообмін під час екстракції шляхом руйнування мембранних структур. Ефективність методу залежить від кількох параметрів, включаючи напруженість поля, питому витрату енергії, кількість імпульсів і температуру обробки. Екстракція імпульсним електричним полем є нетермічним методом і мінімізує деградацію термолабільних сполук.

Екстракція за допомогою ферментів. Структура клітинної мембрани та клітинної стінки, міцели, утворені макромолекулами, такими як полісахариди та білок, а також коагуляція та денатурація білків при високих температурах під час екстракції є основними бар'єрами для екстракції природних продуктів. Ефективність екстракції підвищиться завдяки гідролітичній дії ферментів на компоненти клітинної стінки та мембрани та макромолекули всередині клітини, що полегшує вивільнення природного продукту. У порівнянні з методом екстракції розчинником без обробки ферментами, у зразках, оброблених

целюлозою, були отримані в шість і десять разів вищі виходи двох цільових сполук.

Гідродистиляція і дистиляція з водяною парою є широко використовуваними методами видобутку леткої олії [5]. Гідродистиляція та дистиляція з водяною парою є двома різними методами екстракції. Парова дистиляція - це коли у вас є перегінний апарат із колоною, і ви заповнюєте рослинну речовину в колоні, щоб пара проходила через неї та охолоджувалася під високим тиском, щоб витягти з рослинної рослини як масло, так і воду. Метод екстракції дистильованою парою чудово підходить для отримання ефірної олії, але виробляє ефірну воду нижчої якості. Цей метод екстракції виробляє приблизно 1 галон необхідної води за одну годину. Гідродистиляція - це замочування ботанічного матеріалу у воді та дистиляція без колонки. Цей метод екстракції займає 12 годин, щоб отримати 1 галон необхідної води. Видобуті олії мікроскопічні і захоплюються водою [6].

Висновок. Вибір найбільш ефективних методів екстракції в харчовій промисловості залежить від багатьох факторів, включаючи тип сировини, цільові сполуки для екстракції, бажану чистоту екстракту, а також економічні та екологічні міркування. Однак деякі методи часто вважаються більш ефективними в певних ситуаціях:

1. Екстракція надкритичною рідиною буде ефективною при екстракції ефірних олій, ароматизаторів, кофеїну, каротиноїдів та інших цінних сполук.

2. Екстракція розчинниками широко використовується для екстракції олій, жирів, пігментів та інших сполук, простий і доступний метод.

3. Ультразвукова екстракція - екстракція біологічно активних сполук з рослинних матеріалів, таких як поліфеноли, антиоксиданти.

4. Мікрохвильова екстракція. Може забезпечити вищі виходи порівняно з традиційними методами. Екстракція ароматизаторів, лікарських речовин, тощо.

Вибір конкретного методу залежить від цілей виробництва та властивостей екстрагованих сполук. Наприклад, для отримання високоякісних екстрактів без залишків розчинників екстракція надкритичною рідиною часто є кращим вибором. У той же час, для великих обсягів виробництва та екстракції олій може бути більш економічно вигідною екстракція розчинниками. Комбінування різних методів також може бути ефективним для досягнення оптимальних результатів. Екстракція дозволяє максимально використовувати потенціал сировини, вилучаючи з неї всі цінні компоненти. Це зменшує кількість відходів та сприяє більш ефективному використанню природних ресурсів. За допомогою екстракції можна отримувати концентрати біологічно активних речовин, які використовуються для створення функціональних харчових продуктів. Ці продукти мають підвищену поживну цінність та сприяють покращенню здоров'я. Отже, екстракція є незамінним процесом у сучасній харчовій промисловості, що дозволяє створювати якісні, різноманітні та корисні харчові продукти.

Список використаної літератури

1. Bioseparations science and engineering: website. URL: <https://academic.oup.com/book/40711/chapter-abstract/348469730?redirectedFrom=fulltext> (дата звернення 10.03.2025).
2. The use of extraction technologies in food safety studies: website. URL: <https://www.chromatographyonline.com/view/use-extraction-technologies-food-safety-studies> (дата звернення 12.03.2025).
3. Optimization of polyphenols extraction from dried chokeberry using maceration as traditional technique: website. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814615011917> (дата звернення 13.03.2025).
4. A review of modern and conventional extraction techniques and their applications for extracting phytochemicals from plants: website. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227623000443> (дата звернення 15.03.2025).
5. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review: website. URL: <https://cmjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13020-018-0177-x> (дата звернення 18.03.2025).
6. Hydrodistillation VS steam distillation for essential oils and hydrosol: website. URL: https://twinflamelavender.farm/hydrodistillation-vs-steam-distillation-for-essential-oils-and-hydrosol/?srsltid=AfmBOopN-CB7TAgHFZ6A13ujLL6yecjkMieaO5fmUHL16wUtArag58gd#Hydrodistillation_vs_Steam_Distillation (дата звернення 20.03.2025).

Микола ТКАЧ⁶³,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

КАВІТАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ. ТЕХНІЧНІ ПЕРЕВАГИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ

***Анотація.** У статті досліджено використання кавітаційних ефектів у системах теплогенерації для підвищення ефективності теплообміну. Описано принципи формування та руйнування кавітаційних бульбашок, їх вплив на теплопередачу та енергоспоживання. Проведено порівняльний аналіз ефективності різних теплоносіїв.*

***Ключові слова:** кавітація, теплогенерація, ефективність теплообміну, енергозбереження, гідродинамічні процеси.*

⁶³Науковий керівник – Луц П.М., к.т.н., старший викладач кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

Annotation. The article investigates the use of cavitation effects in heat generation systems to increase the efficiency of heat transfer. The principles of formation and destruction of cavitation bubbles, their effect on heat transfer and energy consumption are described. A comparative analysis of the efficiency of various coolants in cavitation heat generators is carried out.

Key words: cavitation, heat generation, heat transfer efficiency, energy saving, hydrodynamic processes.

Вступ. У сучасних енергетичних і теплотехнічних системах ефективність використання ресурсів набуває дедалі більшого значення. Нові можливості для вдосконалення технологій нагрівання рідин можливо взяти використанням ефекту кавітації, який часто розглядається як небажане явище через його руйнівний вплив. У системах опалення контрольоване використання кавітаційних процесів може забезпечити суттєве підвищення ефективності теплообміну, також водночас паралельно відкриваються додаткові можливості, з очищення внутрішніх поверхонь трубопроводів від відкладень й зниження експлуатаційних витрат. Такий інноваційний підхід дозволяє не лише покращити роботу обладнання, але й зменшити його негативний вплив на довкілля. У цій статті розглядаються механізми виникнення кавітації, її переваги та перспективи застосування в сучасних опалювальних системах.

Виклад основного матеріалу. Кавітацією називається явище пароутворення в зонах низького тиску і подальше схлопування утворившихся бульбашок газу в зонах підвищеного тиску. Причиною її виникнення служить кипіння рідини при нормальній температурі і низькому тиску. Появі кавітації сприяє розчинене у воді повітря, яке виділяється при зменшенні тиску.

Рідина починає кипіти, коли тиск в деяких ділянках потоку знижується до тиску її насичених парів. Тиск, при якому починається кавітація, істотно залежить від фізичного стану рідини. Якщо рідина містить велику кількість розчиненого повітря, то зменшення тиску призводить до виділення повітря з рідини і утворення газових порожнин (каверн), в яких тиск вище, ніж тиск насиченої пари рідини. При наявності в рідині мікроскопічних, не видимих оком бульбашок кавітація може виникати при тисках, що перевищують тиск насиченого пара. Кожна кавітаційна бульбашка, формуючись з ядра, зростає до кінцевих розмірів, після чого схлопується. Весь процес відбувається протягом декількох мілісекунд. Бульбашки можуть з'являтися одна за одною настільки швидко, що здаються однією суцільною областю – каверною [1].

Кавітаційні пристрої, які використовуються для теплогенерації за принципом виникнення кавітаційного ефекту можливо розділити на дві великі групи (рис.1). Перший тип – це гідродинамічні пристрої, в яких ефект кавітації виникає за рахунок перепаду тиску, що виникає внаслідок наявності великої різниці відносних швидкостей руху рідини і поверхні перешкоди, яку обтікає рідина, або під час руху об'єкта з великою швидкістю у рідині. У якості приводів використовуються гідродинамічні машини та різноманітні насоси. Інша група – це кавітаційні пристрої, що використовують ультразвуковий та акустичний

принципи. Джерелом виникнення ефекту кавітації в них служить зміна в часі акустичного чи ультразвукового тиску певного діапазону. В більшості це частоти перевищують 18 кГц [1].

Методи, що використовуються для зниження тиску усередині рідини дозволяють виділити три групи кавітаційних теплогенераторів, заснованих на використанні явища виділення теплової енергії при кавітації в рідині (роторні, вихрові та комбіновані) [1].

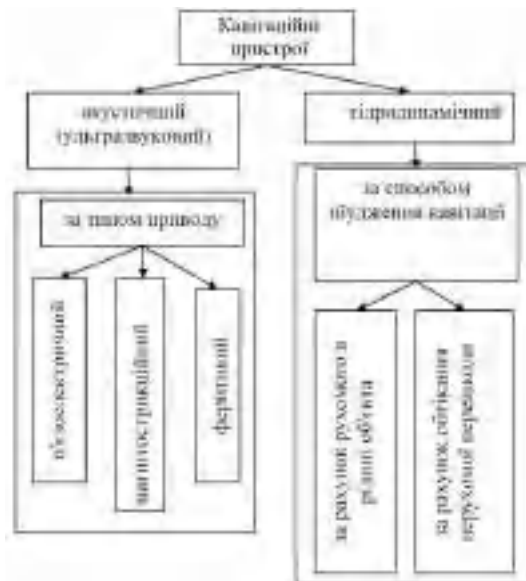


Рис. 1. Класифікація кавітаційних пристроїв за принципом виникнення.

Пристрій найпростішого кавітаційного теплогенератора показано на рис. 2. Принцип дії ґрунтується на нагнітанні води насосом у зону звуження трубопроводу. Коли потік води досягає сопла, тиск рідини значно підвищується, що спричиняє утворення кавітаційних бульбашок. Після виходу з сопла тиск рідини різко знижується, що спричиняє руйнування бульбашок вивільняючи значну теплову енергію.

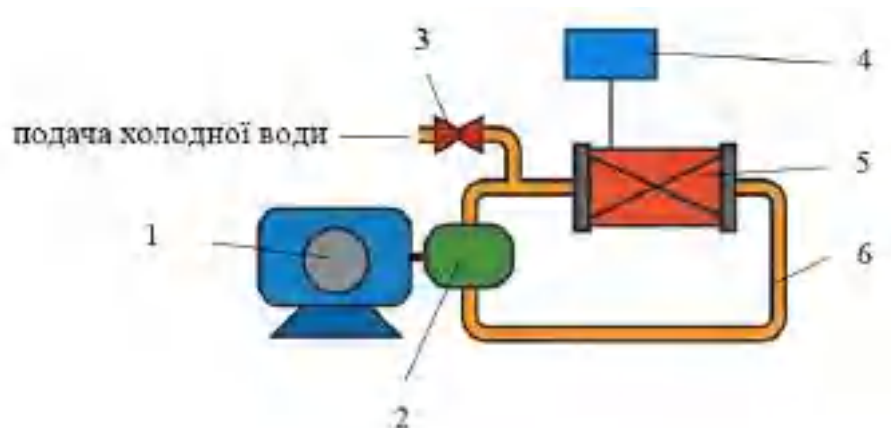


Рис. 2. Найпростіший кавітаційний теплогенератор:

1 – електродвигун; 2 – водяний насос; 3 – вентиль подачі холодної води; 4 – система керування кавітаційного генератора; 5 – кавітаційний генератор; 6 – замкнений трубопровід.

У роторно-вихровому кавітаційному пристрої нагрівання відбувається під тиском рідини, що потрапляє в конічне сопло Лаваля, де прискорюється і надходить у робочу камеру яка має розширення (рис. 3). У середині циліндричної порожнини, утвореної бічними поверхнями двох циліндрів, вода починає інтенсивніше обертатися. Внаслідок взаємодії виникає активна кавітація, що спричиняє нагрівання рідини. Найгарячіші шари води концентруються у середині кавітаційного сопла і спрямовуються до вихідного патрубка. У пристрої відбувається додаткове знезараження рідини, що може бути корисним у потоковому варіанті використання. [2].

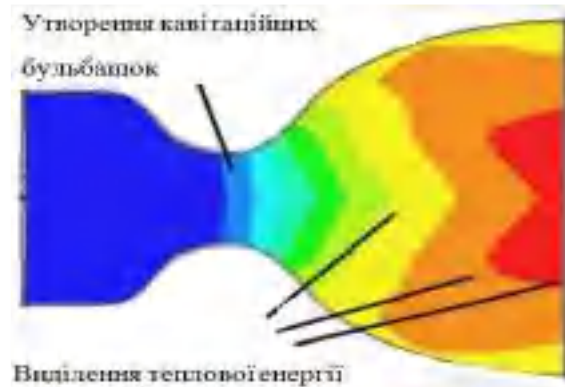


Рис. 3. Одне з кавітаційних сопел генератора тепла.

Конструкції кавітаційних генераторів для забезпечення стабільності та високої продуктивності процесу кавітації у кавітаційному соплі – перетворювачі енергії, пов'язаному замкненим контуром трубопроводів з електронасосом (при трубному типі) або з самим корпусом (у роторному типі) мають на вхідному та вихідному штуцерах бути встановлені термодатчики. Також важливим і зручним є можливість забезпечення автоматичної роботи розглянутих систем генерації тепла[2].

У представлених на рис. 4 динамічних і статичних теплогенераторах у двоконтурному виконанні в першому контурі (саме «кавітаційному») в якості теплоносія може бути використано розчин гліцерину (технічний гліцерин / вода: 50 / 50). У другому контурі, що включає теплообмінник, розміщений в корпусі кавітаційного сопла, використовується вода.

Можливий варіант використання в другому контурі 2х теплообмінників — для води на обігрів і для підігріву води на користування. Термодатчик 1-го теплообмінника встановлено на трубопроводі подачі води. У 2-му контурі для обігріву, а в другому теплообміннику термодатчик встановлений на трубопроводі отримання гарячої води, яка використовується. До складу таких систем входить: кавітаційний генератор (трубний або роторний), при необхідності – електронасос, для подачі рідини, трубопроводи, радіатори, манометри, термодатчики та виходи для підключення споживачів контурів опалення та гарячої води, блоку керування пристроєм. Підвищення тиску в контурі при нагріванні рідини компенсується баком розширення.

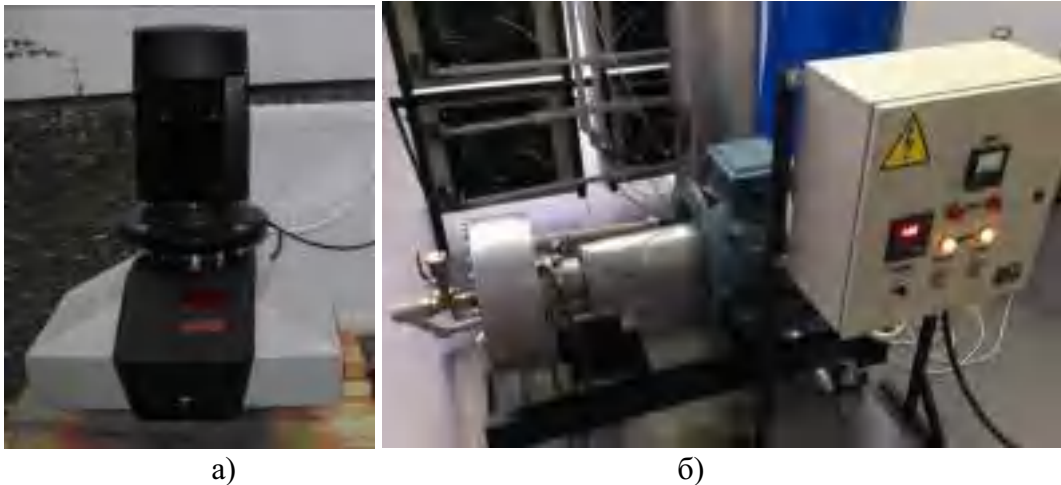


Рис. 4. Зовнішній вигляд промислових теплогенераторів статичного (а) та динамічного (вихрового) (б) типів.

Додаткове зменшення витрат та споживання електроенергії до 30-40% досягається використанням спеціальних розчинів у якості теплоносія, теплопровідність яких, температура кипіння та в'язкість мають максимально можливі значення, а теплоємність при цьому мінімальна. Такими рідинами є розчин гліцерину, суміш поліметилсилоксину та інші. При їх використанні швидкість зміни (підйому) температури значно збільшується у порівнянні з звичайною водою (рис. 5).

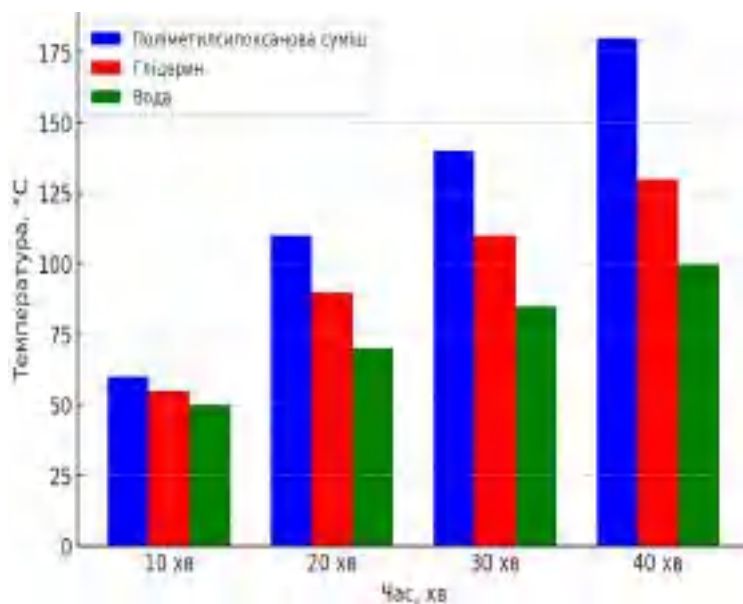


Рис. 5. Швидкість зміни температури у кавітаційному теплогенераторі за різних теплоносіїв (без навантаження).

Приведені залежності впливу теплоносія на динамічну характеристику зміни температури і витрат у процесі кавітаційної обробки в замкнутому просторі (об'ємі). Представлено данні визначення результату ефективності системи генерації тепла першого контура з використанням води, розчину гліцерину чи суміші поліметилсилоксану (ПМС). Дані розрахунків наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Данні визначення ефективності кавітаційних теплогенераторних опалювальних системах.

Вид теплоносія	Температура кипіння, °C	Швидкість нагріву, град/хв		Ефективність
		1 контур	2 контур	
Вода	100	2,5	0,4	> 1,8
Технічний гліцерин	264	5,6	0,8	> 2,5
ПМС	320	10,8	1,6	> 3,9

Ефективність використання суміші поліметилсилоксану (ПМС), як теплоносія найвища. Дуже чітко прослідковується пряма залежність із високим ступенем кореляційної залежності між швидкістю нагрівання та температурою кипіння під час кавітаційного процесу [2].

Наведені результати визначення швидкості підвищення температури в після кавітаційного сопла при використанні різних теплоносіїв: води, гліцерину та ПМС. Аналізуючи вимірювання температури та витрати електроенергії при нагріванні, було встановлено, що використання теплоносіїв з високою температурою кипіння значно скорочує витрати енергії на тепловиробництво. Зниження споживання електроенергії пояснюється факторами:

- У процесі нагрівання в'язкість усіх досліджуваних теплоносіїв помітно зменшується;
- Відбувається аналогічне зниження теплоємності та зміна змочуваності.

Кавітаційні бульбашки, що утворюються в першому контурі, проходять двоетапне руйнування: спочатку на розвихрювачі (або гальмі), а потім у релаксаторі. Насичення рідини мікрокавітаційними бульбашками спричиняє перехід із однофазного (рідина) у двофазний стан (рідина + кавітаційні бульбашки), що в 2-4 рази зменшує гідравлічний опір і, відповідно, знижує енергоспоживання електроприводу.

Поєднання цих ефектів у рідинно-газовому енергоносії дозволяє зменшити витрати на опалення приблизно втричі.

Окрім цього, спеціальна конструкція робочих поверхонь у зоні активного зародження й руйнування кавітаційних мікробульбашок запобігає пошкодженню обладнання. Це суттєва перевага порівняно з традиційними лопатями турбін, гребних гвинтів і насосних коліс, які зазнають ерозії від кавітаційного впливу. У даному випадку руйнування бульбашок відбувається не на конструктивних елементах, а безпосередньо у потоці теплоносія. При цьому сам теплоносій повинен відповідати двом ключовим вимогам:

- не спричиняти корозію внутрішніх елементів системи;
- зберігати стабільність та не піддаватися полімеризації під дією багаторазових кавітаційних процесів.

Висновок. Використання ефекту кавітації в системах теплогенерації дозволяє підвищити ефективність теплообміну, зменшити експлуатаційні витрати та покращити екологічні показники. Кавітаційні установки забезпечують ККД не менше 90% і дозволяють економити до 30-40% електроенергії. Додатково застосування спеціальних теплоносіїв (зокрема суміші гліцерину чи поліметилсилоксану) забезпечує зниження енерговитрат у 2–3 рази порівняно з водою.

Оптимізація конструкції кавітаційних пристроїв дозволяє уникнути їхнього руйнування та продовжити термін експлуатації обладнання. Отримані результати можуть бути використані для розробки нових енергоефективних систем опалення. Подальші дослідження та впровадження інноваційних рішень у сфері кавітаційних технологій сприятимуть створенню більш енергоефективних, економічно вигідних і екологічно безпечних систем опалення.

Список використаної літератури

1. Некоз О.І., Литвиненко О.А. Використання кавітації для генерування теплоти. *Вібрації в техніці та технологіях*: науковий журнал. № 2(2). 2009. С. 102 - 104.
2. Луговський О.Ф., Мовчанюк А.В., Берник І.М., Шульга А.В., Гришко І.А. Апаратне забезпечення ультразвукових кавітаційних технологій: монографія. К: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2021. 216 с.
3. Алієв Е.Б., Луц П.М., Верета В.В. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми роторно-кавітаційного диспергатора кормосумішей. *Наукові доповіді НУБіП України*: науковий журнал. 2019. Вип. 12. С. 17 - 25.
4. Avdieieva L., Pavlyk V. The study of the influence of hydrodynamic cavitation effects on the properties of complex multicomponent systems. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*: scientific journal. 2022. №44(2). С. 21 - 28.
5. Осаул О.І., Осаул П.О., Осаул А.О. Автономні вихрові енергосистеми, як пріоритетні напрями інноваційної діяльності держави в теплоенергетичній галузі: посібник. ВД "Прометей". 2007. № 1(22). С. 126-129.

Сергій ВАСИЛИК⁶⁴,
студент 3 курсу,
інженерно-технологічний факультет,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ФІЛАМЕНТУ ДЛЯ 3D ДРУКУ

Анотація. У статті розглянуто сучасні технології виготовлення філаменту для 3D-друку з акцентом на методи екструзії термопластичних полімерів. Проаналізовано лабораторні, промислові та рециклінгові підходи до виробництва філаменту, наведено порівняльну характеристику їх технічних і економічних показників.

Ключові слова: 3D-друк, філамент, екструзія, моделювання, полімери, термопласт, SolidWorks, COMSOL, ANSYS, FreeCAD.

Annotation. The article reviews modern technologies for manufacturing filament for 3D printing with an emphasis on methods of extrusion of thermoplastic polymers. Laboratory, industrial and recycling approaches to filament production are analyzed, a comparative characteristic of their technical and economic indicators is given.

Key words: 3D printing, filament, extrusion, modeling, polymers, thermoplastic, SolidWorks, COMSOL, ANSYS, FreeCAD.

Вступ. У зв'язку з широким впровадженням адитивних технологій в промисловості, освіті, медицині та побуті, значно зросла потреба у доступному та якісному філаменті — нитці, що використовується як витратний матеріал у 3D-друкарських системах типу FDM/FFF. Висока якість філаменту є запорукою стабільного друку, адже від неї залежить геометрична точність, механічна міцність і зовнішній вигляд кінцевого виробу.

У промисловому та лабораторному середовищі використовуються різні технологічні підходи до виготовлення філаменту, які базуються на принципах екструзії термопластичних матеріалів.

Виробництво філаменту – це процес екструзії термопластичних матеріалів у формі нитки заданого діаметра, що використовується як сировина для 3D-друку. Існує кілька основних підходів до виготовлення філаменту, кожен з яких має свої особливості, переваги й обмеження [1].

Серед українських виробників філаменту для друку можна відзначити Extrusion in Motion (PLA, PETG, ABS, HIPS, Nylon, TPU, Flex, та композитні філаменти (з деревом, вуглецевим волокном) , Filamentarno (PLA, PETG, ABS+, Flex, Nylon, ASA, а також нові види філаменту для технічних застосувань), REC Ukraine (PLA, PETG, ABS, HIPS, філаменти з металевими чи деревними

⁶⁴Науковий керівник – Луц П. М., к.т.н., старший викладач кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва.

домішкам), Plasttek (PLA, PETG, ABS, технічні філаменти), Atom Plastic (PLA, PLA+, PETG, TPU).

Виклад основного матеріалу. Найбільш поширеними термопластичними матеріалами для виготовлення філаменту є: PLA (полілактид) – біорозкладний та легкий у друку; ABS (акрилонітрилбутадієнстирол) – міцний, витримує високі температури; PETG (поліетилентерефталат-гліколь) – гнучкий, хімічно стійкий; TPU (термопластичний поліуретан) – еластичний, використовується для гнучких виробів.

В залежності від технології в більшості для виготовлення філаменту використовуються гранули первинного або вторинного полімеру, які піддаються термоплавленню в екструдері [2].

Будь який з технологічних процесів виготовлення філаменту включає наступні основні етапи: підготовчий, висушування, плавлення (екструзія), охолодження, перевірка та намотування готової продукції на котушки. Більшої уваги хотілося б приділити процесам підготовки сировини та переплавленню.

Підготовка полімерної сировини в себе включає подрібнення вторинного пластику, перевірку та фільтрацію гранул.

Плавлення або екструзія сировини відбувається в спеціальному шнековому екструдері та протискується через сопло, утворюючи безперервну нитку з певним заданим діаметром (зазвичай 1,75 або 2,85 мм).

Для забезпечення стабільної якості виготовленого філаменту для промислового виготовлення використовується комп'ютерне моделювання, яке дозволяє передбачити поведінку матеріалу під час екструзії та друку [3].

Основними задачами такого моделювання є:

- Тепловий аналіз для визначення оптимальної температури плавлення та охолодження;
- Реологічне моделювання для оцінки реологічних характеристик, таких як в'язкість полімерного розплаву в залежності від температури та швидкості потоку;
- Механічне моделювання, що має забезпечити прогнозування міцності, гнучкості, усадки та інших параметрів готового філаменту та у результаті надрукованих деталей;
- Комп'ютерне моделювання гідродинамічних процесів (CFD-аналіз) з моделюванням потоку розплаву полімеру в екструдері для уникнення дефектів та утворення повітряних бульбашок.

3D-друку надзвичайно важливо використовувати сучасні програмні комплекси моделювання, які дозволяють не лише створювати геометричні моделі, а й симулювати фізико-хімічні процеси, що відбуваються під час екструзії полімерів.



Рис. 1. Технології виготовлення філаменту.

Порівняльна характеристика технологій виготовлення філаменту для 3D друку наведена у таблиці 1.

Таблиця 1. – Порівняльна характеристика технологій виготовлення філаменту.

Характеристика	Лабораторна екструзія	Промислова екструзія	Переробка втор. сировини
Продуктивність	Низька (0,1–0,5 кг/год)	Висока (до 20 кг/год)	Середня
Якість філаменту	Залежить від налаштувань	Висока	Нестабільна без додатків
Автоматизація процесу	Часткова	Повна	Часткова
Вартість обладнання	Низька	Висока	Середня
Сфера застосування	Домашній, навчальний	Промисловий	Експериментальний, навчальний

У процесі розробки та оптимізації технології виготовлення філаменту для Ефективними засобами моделювання для забезпечення високої якості є застосовуються програмних комплексів типу SolidWorks Plastics, COMSOL Multiphysics, ANSYS Polyflow, а також open-source рішення на базі MATLAB або FreeCAD (рис. 2).

філаменту, аналіз структури потоку в шнеку та виникаючих деформацій під впливом тиску.

Поєднання розглянутих програм дозволяє реалізувати повний цикл дослідження від розробки обладнання до контролю якості готового філаменту, що особливо актуально для сучасного виробництва полімерних матеріалів у контексті сучасного інжинірингу.

Перспективними напрямками розвитку виготовлення філаменту для 3D друку є: впровадження систем зворотного зв'язку для контролю товщини та геометрії нитки в реальному часі; залучення до використання рецикльованих матеріалів і біополімерів; удосконалення та розробка інтелектуальних екструдерів з можливістю адаптивного налаштування параметрів.

Висновки. У результаті проведеного аналізу технологій виготовлення філаменту для 3D-друку можна зробити висновок, що процес екструзії полімерних ниток є ключовим етапом у забезпеченні якості та стабільності адитивного виробництва. Існує декілька основних підходів до виготовлення філаменту – лабораторна екструзія, промислова екструзія та виробництво з вторинної сировини. Кожен з них має свої переваги: лабораторна екструзія забезпечує гнучкість для досліджень і навчальних цілей, промислова – високу продуктивність та стабільність якості, тоді як переробка вторинної сировини сприяє екологічності та економії ресурсів.

Важливою складовою сучасного виробництва філаменту є впровадження комп'ютерного моделювання. Застосування програмних комплексів SolidWorks Plastics, COMSOL Multiphysics, ANSYS Polyflow та FreeCAD дозволяє аналізувати теплові, механічні та гідродинамічні процеси, що відбуваються під час екструзії. Це дає змогу прогнозувати поведінку полімеру, оптимізувати геометрію шнеків та сопел, мінімізувати дефекти, забезпечити рівномірність діаметра філаменту, а також розрахувати параметри охолодження та усадки.

Українські виробники філаменту, зокрема Extrusion in Motion, Filamentarno, REC Ukraine, Plasttek та Atom Plastic, демонструють високий рівень адаптації до ринкових умов та тенденцій. Вони активно розширюють асортимент матеріалів, включаючи функціональні та композитні філаменти, та впроваджують технічні рішення для покращення якості продукції.

У майбутньому розвиток технологій виготовлення філаменту буде пов'язаний із впровадженням інтелектуальних екструзійних систем, широким використанням біополімерів, автоматизованим контролем якості в реальному часі та активним застосуванням мультифізичного моделювання. Поєднання інженерного підходу, сучасного програмного забезпечення та екологічного мислення забезпечить подальше вдосконалення процесів виготовлення філаменту для потреб 3D-друку.

Список використаної літератури

1. Вольченко В.І., Сімеонов О.В. Технології виготовлення виробів з полімерів: навчальний посібник. Харків: УПА. 2019. 198 с.

2. Патон Б.Е., Дьяків О.І., Юхимець Г.В. Адитивні технології в промисловості: навчальний посібник. Київ: Наукова думка. 2021. 312 с.
3. Gibson I., Rosen D., Stucker B. Additive Manufacturing Technologies: manual. Springer. 2015.
4. FreeCAD Documentation - Open-source 3D CAD: веб-сайт. URL: <https://wiki.freecad.org> (дата звернення 12.03.2025).
5. SolidWorks Plastics Technical Documentation — Dassault Systèmes: веб-сайт. URL: <https://www.solidworks.com> (дата звернення 12.03.2025).
6. COMSOL Multiphysics® - Official Website: веб-сайт. URL: <https://www.comsol.com> (дата звернення 16.03.2025).
7. ANSYS Polyflow - Simulation of Polymer Processing : веб-сайт. URL: <https://www.ansys.com> (дата звернення 18.03.2025).

НАПРЯМ
5

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ РІШЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА.



Віталій КОЛІСНИК¹,
магістр 1-го року навчання,
факультет технології виробництва,
переробки та робототехніки у тваринництві
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОБІЛЬНОГО ЗМІШУВАЧА-РОЗДАВАЧА КОРМІВ НА ТВАРИННИЦЬКІЙ ФЕРМІ

Анотація. Стаття присвячена дослідженню мобільного змішувача-роздавача кормів, що використовується на тваринницьких фермах. У роботі розглядаються основні вимоги до механізованих систем годівлі, аналізуються існуючі конструкції кормороздавачів та їхні недоліки. Запропоновано удосконалену конструкцію самохідного змішувача-роздавача, яка відрізняється мобільністю, компактністю та здатністю здійснювати запарювання кормів. Наведено кінематичну схему роботи агрегату, проведено розрахунки потужності привода та вибрано відповідний електродвигун. Запропонована розробка сприятиме підвищенню ефективності годівлі тварин і зменшенню витрат на виробництво кормів.

Ключові слова: корми, перемішування, тварини, свиноферма.

Annotation. The article is devoted to the study of a mobile feed mixer-dispenser used on livestock farms. The paper examines the main requirements for mechanized feeding systems, analyzes existing feed dispensers and their drawbacks. An improved design of a self-propelled mixer-dispenser is proposed, featuring mobility, compactness, and the ability to steam feed mixtures. A kinematic diagram of the unit's operation is presented, along with power drive calculations and the selection of a

¹Науковий керівник – Алла СОЛОМОН, к. т. н., доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

suitable electric motor. The proposed development will contribute to increasing feeding efficiency and reducing feed production costs.

Key words: *feed, mixing, animals, pig farm.*

Вступ. Раціональна організація годівлі тварин є ключовим фактором підвищення ефективності тваринництва. Сучасні методи механізації та автоматизації процесів роздавання кормів дозволяють не тільки знизити витрати праці, а й покращити якість годівлі, забезпечуючи точне дозування та рівномірний розподіл кормів.

На сьогоднішній день існуючі конструкції кормороздавачів мають низку недоліків, зокрема обмежену мобільність, великі габарити та складність у використанні. Це зумовлює необхідність розробки нових технічних рішень, що відповідатимуть сучасним вимогам до ефективності та економічності.

Виклад основного матеріалу. У цій статті досліджується конструкція мобільного змішувача-роздавача кормів, який дозволяє не лише роздавати корм, а й забезпечувати його якісне перемішування та запарювання.

Ефективність годівлі тварин суттєво залежить від вирішення питань щодо роздавання кормів. Цей процес за трудомісткістю займає від 25 до 35 % всіх затрат праці на виробництво м'яса. В процесі доставки і роздавання кормів виконується значний обсяг робіт. Так на кожну 1000 голів свиней потрібно щодоби роздавати до 10 т., причому увесь кормовий вантаж потрібно своєчасно доставити і нормовано розподілити між тваринами. Порухення цих умов різко знижує ефективність інших зоотехнічних заходів.

Зазначені положення підкреслюють особливе значення механізації процесу роздавання кормів. Засоби механізації цього процесу повинні відповідати таким вимогам:

- забезпечувати задану точність дозування та рівномірність видачі всіх видів кормів;
- мати можливість дозувати корм кожній тварині окремо або групі тварин;
- робочі органи кормороздавачів не повинні погіршувати якість чи допускати втрати кормів;
- не створювати небезпеки для тварин і обслуговуючого персоналу, бути простими в експлуатації та обслуговуванні, надійними і довговічними в роботі.

Тривалість циклу роздавання кормів в одному приміщенні мобільними засобами не повинна перевищувати 30 хв., а стаціонарними – 20 хв.

Кормороздавачі повинні відзначатися універсальністю щодо можливості роздавання різних видів кормів у межах однієї ферми та регулювання норми видачі від мінімального до максимального значення, а також високою продуктивністю; не створювати надмірного шуму в приміщенні; легко очищатися від залишків корму та бруду; мати строк окупності не більше двох років і коефіцієнт готовності не менше 0.98.

Рівномірність та норму роздавання кормів визначають візуально або методом зважування проб, зібраних із метрових ділянок годівниці.

Робочий процес виконується в такій послідовності. Після завантаження і доставки корму до місця роздавання засувку вивантажувального вікна встановлюють на необхідну норму видачі, а потік за допомогою гідроциліндра – у робоче положення. Для роздавання кормів у годівниці включають ВВП трактора.

Кормороздавач-змішувач КС – 1.5 призначений для перемішування і роздавання сумішок на репродукторних та відгодівельних свинофермах.

Складається з бункера 1 (рисунок 2), який змонтований на ходовій частині 8, що переміщується на рейковому шляху. Бункер – зварної конструкції, середня частина – циліндричної форми, а верхня і нижня виконані за формою зрізаного конуса. Всередині бункера розміщений розрівнювач, шнекова і лопатева мішалки. Днище має вивантажувальні вікна, які перекриваються засувами. До днища кріпляться вивантажувальні шнеки та розподільна коробка.

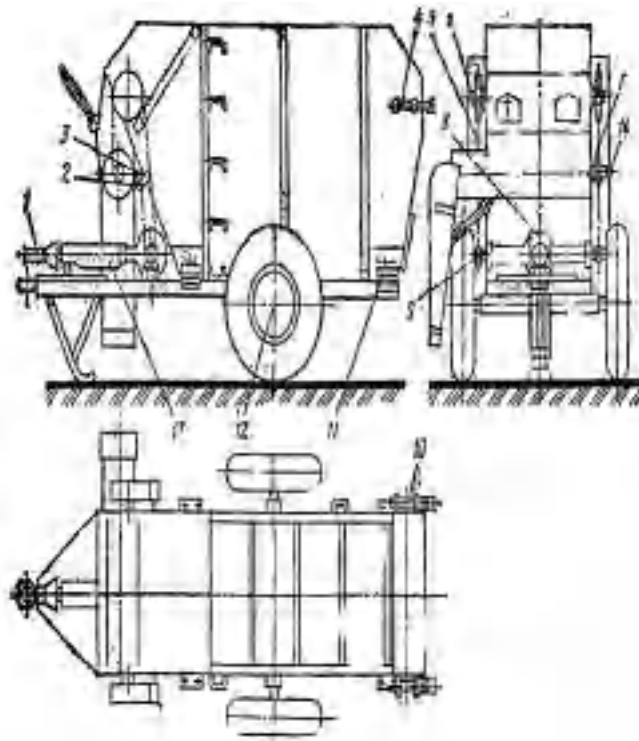


Рис 1 – Кормороздавач КУТ – 3А

- 1 – шарнірна передача; 2 – зірочка; 3 – шток; 4 – натяжний пристрій;
5 – ланцюг; 6 – зірочка; 7 – роздавальний пристрій; 8 – редуктор зчеплення;
9 – редуктор; 10 – ведучий вал; 11 – зірочка; 12 – ходова частина;
13 – проміжний вал; 14 – муфта.

Лопатева мішалка складається із маточини, лопатей і пристрою, що запобігає зависанню корму. Вивантажувальний пристрій обладнаний спеціальним ущільненням. Переміщують засувку у напрямних за допомогою штурвала.

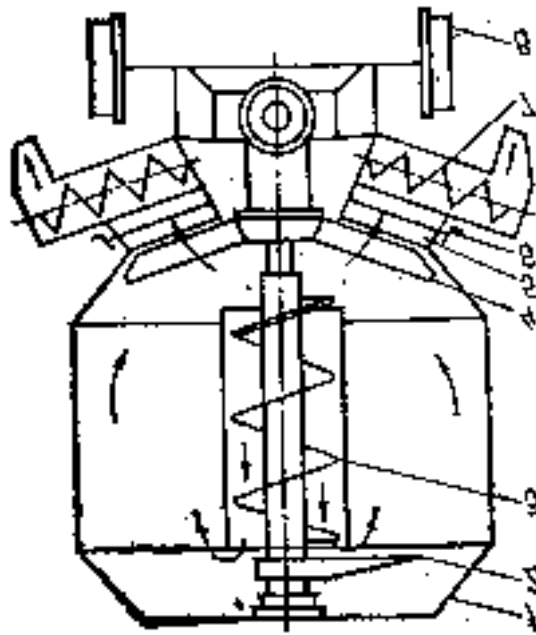


Рис.2 – Конструктивно-технологічна схема роздавача КС – 1.5

1 – бункер; 2 – розрівнювач; 3 – вертикальний шнек; 4 – лопатева мішалка; 5 – камера; 6 – засувка; 7 – вивантажувальний шнек; 8 – ходова частина.

Привід візка здійснюється від мотор-редуктора через ланцюгову передачу, шнека та лопатевої мішалки – від мотор редуктора через розподільну коробку, а вивантажувальних шнеків – клиноповними передачами.

Існуючі кормороздавачі спроектовані самохідними і причіпними. Основні недоліки існуючих конструкцій роздавачів кормів це:

- самохідні кормороздавачі спроектовані на візку приводом якого є електродвигун, недоліком даних конструкцій є прив'язаність роздавача до одного приміщення, так-як рухається він по рейсах, переміщення його до інших тваринницьких приміщень ускладнюється прокладанням рейсового шляху та навісної електролінії для живлення енергопривода;

- причіпні кормороздавачі агрегуються з тракторами, основним недоліком даних кормороздавачів є великі габаритні розміри агрегату та постійне використання мобільного транспортного засобу (трактора).

- Пропонуєма конструкція роздавача-змішувача кормів для свиней має ряд переваг над існуючими конструкціями це:

- самохідність конструкції з індивідуальним приводом робочих органів (двигун внутрішнього згорання);

- невеликі габарити машини порівняно з причіпними роздавачами;

- здатність кормороздавача переміщуватися в різних напрямках без допоміжних засобів;

- висока мобільність машини;

- основною перевагою проектного змішувача-роздавача кормів є здатність змішувати компоненти кормів з проведенням операції запарювання кормів.

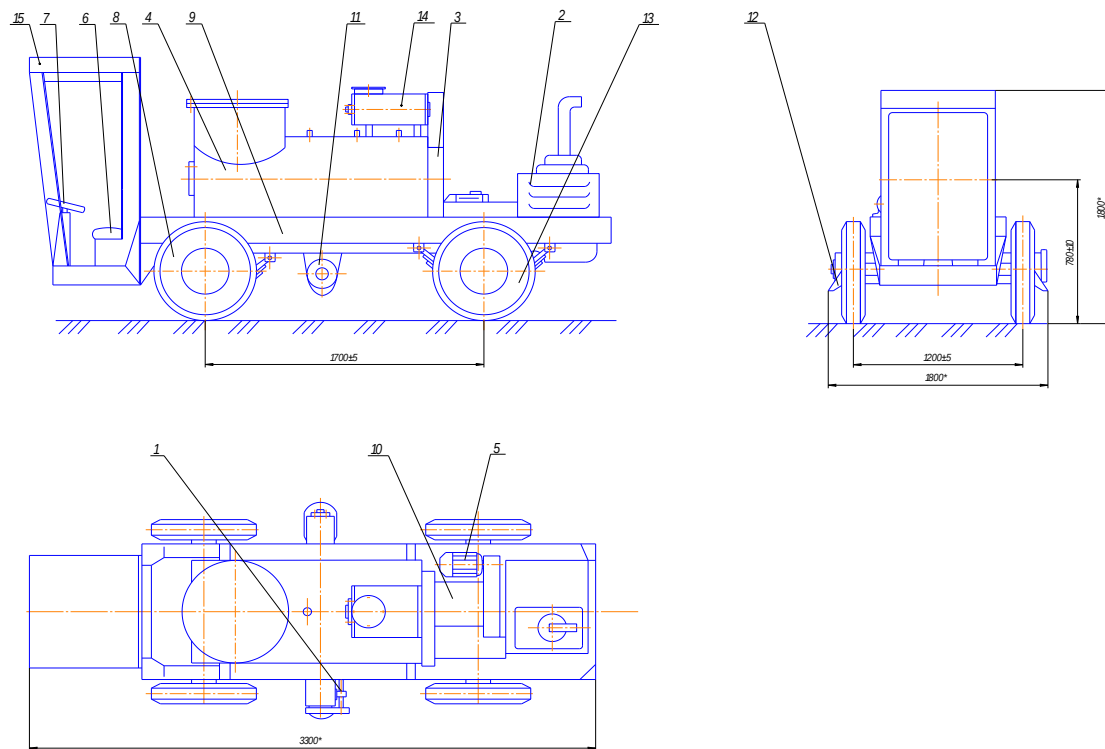


Рис 3. – Самохідний роздавач-змішувач кормів для свиней.

- 1 – Вал; 2 – двигун; 3 – захисний щиток; 4 – камера змішування;
 5 – електродвигун; 6 – місце робітника; 7 – кермо; 8 – колесо керування;
 9 – рама; 10 – розподільний редуктор; 11 – розвантажувальний шнек;
 12 – направляючий щиток; 13 – ходові колеса; 14 – бункер для кормових добавок; 15 – кабіна.

Самохідний роздавач-змішувач кормів для свиней складається з рами (рисунок 3.), на які змонтовані двигун внутрішнього згорання з коробкою перемінних передач і розподільним редуктором, бункер для змішування кормів та ходова частина машини, на бункері прикріплені розвантажувальні шнеки, в машині знаходиться місце для водія-оператора із системою керування. Для додавання в суміш кормової добавки над бункером розміщений бункер добавок.

Машина працює наступним чином: через горловину в бункер надходять компоненти кормів, в бункері проходить процес змішування і запарювання кормосуміші. При запарюванні робочі органи змішувача приводить в рух електродвигун, який встановлений на рамі машини. Після запарювання електродвигун вимикається, а робочі органи змішувача приводить в дію двигун внутрішнього згорання. Приготувавши кормосуміш роздавач транспортує корми до місця годування, після чого проводить роздавання кормів.

Місткість бункера змішувача-роздавача визначаємо за формулою:

$$V_6 = \frac{G_{\partial\partial\zeta}}{\rho * \beta},$$

де $G_{\partial\partial\zeta}$ - разова видача кормів на фермі, $G_{\partial\partial\zeta} = 734.9$ кг (приймаємо);

ρ - щільність корму, $\rho = 755.1$ кг/м³ (приймаємо);

β - коефіцієнт заповнення бункера, $\beta = 0.8 - 1$, $\beta = 0.8$.

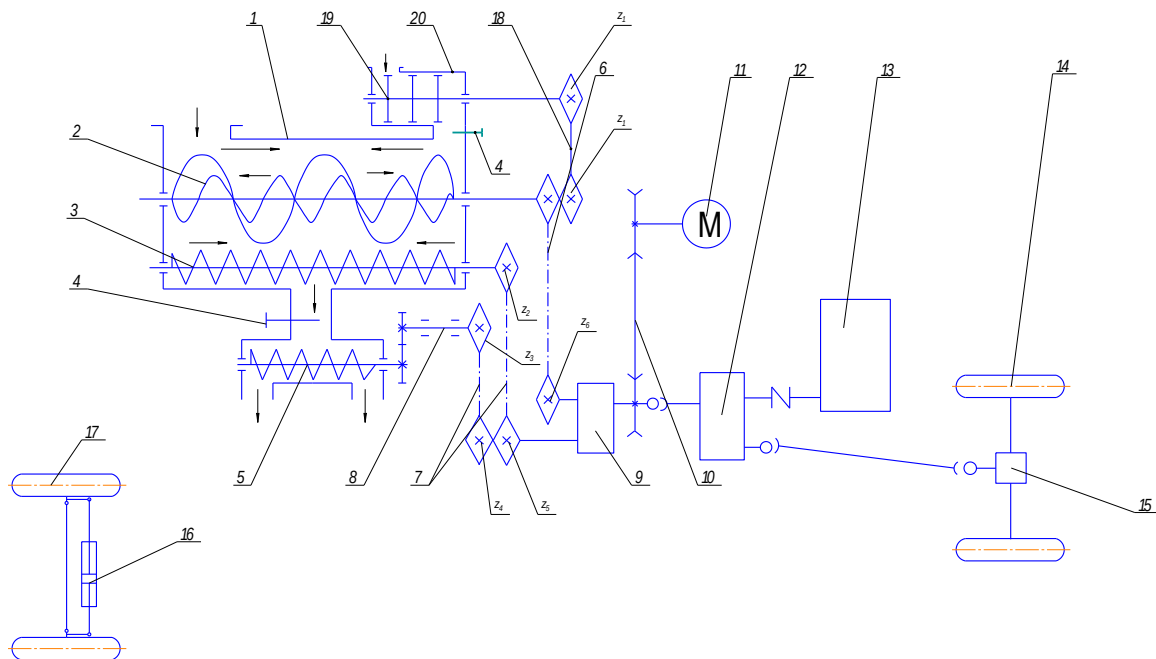


Рис 4. – Кінематична схема змішувача-роздавача кормів для свиней.

- 1 – бункер; 2 – змішувальні шнеки; 3 – транспортуючий шнек; 4 – шиберна заслінка; 5 – розвантажувальний шнек; 6 – ланцюгова передача привода змішувальних шнеків; 7 – ланцюгова передача привода транспортуючого і розвантажувального шнеків; 8 – приводний вал; 9 – розподільчий редуктор; 10 – клинопасова передача; 11 – електродвигун; 12 – КПП; 13 – двигун внутрішнього згорання; 14 – ходові колеса; 15 – диференціал; 16 – гідроциліндр; 17 – колеса керування; 18 – ланцюгова передача; 19 – перемішувач; 20 – бункер добавок.

Місткість бункера змішувача-роздавача визначаємо за формулою:

$$V_6 = \frac{734.9}{755.1 \cdot 0.8} = 1.3 \text{ м}^3$$

Враховуючи розміщення робочих органів в бункері приймаємо об'єм бункера 2.1 м^3 . Приймаємо розміри бункера довжина 1.5 м, діаметр 0.7 м.

Потужність привода робочих органів визначаємо за формулою

$$N = \frac{Q}{367 \cdot 10^3 \cdot \eta} \cdot (L \cdot \omega \cdot k_1),$$

де Q - продуктивність змішувача, приймаємо $Q = 18 \text{ т/год}$;

L - шлях переміщення корму, $L = 3 \text{ м}$;

ω - кутова швидкість, рад/с;

η - ККД привода, $\eta = 0.9$;

k_1 - коефіцієнт, який враховує витрати на тертя в підшипниках, $k_1 = 1.7$.

Кутову швидкість визначаємо за формулою:

$$\omega = \frac{n \cdot \pi}{30},$$

де n - частота обертання шнека, $n = 20 \text{ хв}^{-1}$.

$$\omega = \frac{20 \cdot 3.14}{30} = 2.09 \text{ рад/с},$$

$$N = \frac{18 \cdot 3 \cdot 2.09 \cdot 1.7}{367 \cdot 10^3 \cdot 0.9} = 5.8 \text{ кВт.}$$

Приймаємо потужність привода $N=7.5$ кВт, вибираємо електродвигун 4A132S4 частотою обертання $n = 1500 \text{ хв}^{-1}$.

Висновки. 1. У результаті проведеного дослідження було розглянуто та запропоновано нову конструкцію мобільного змішувача-роздавача кормів для свиней, що має низку переваг у порівнянні з існуючими конструкціями. Однією з головних особливостей є самохідність пристрою, що дозволяє без обмежень переміщувати його між різними тваринницькими приміщеннями, що значно покращує мобільність та зручність у використанні.

2. Завдяки використанню двигуна внутрішнього згоряння для приводу робочих органів та компактному дизайну, новий роздавач-змішувач має менші габарити та високу маневреність порівняно з причіпними моделями, що робить його більш універсальним і зручним для використання на фермах різного масштабу.

3. Розроблений змішувач-роздавач забезпечує не лише точне дозування кормів, а й здатний до проведення операції запарювання кормів, що дозволяє підвищити ефективність годівлі та покращити якість кормів.

4. Кінематична схема та розрахунки потужності привода показують, що запропонована конструкція має достатню продуктивність для забезпечення ефективного роздавання кормів на свинофермах, що сприятиме зниженню витрат на виробництво кормів та покращенню загальної ефективності фермерських господарств.

5. Враховуючи всі розрахунки та характеристики, запропонована конструкція змішувача-роздавача кормів є технічно обґрунтованою та економічно доцільною для використання на сучасних тваринницьких фермах, що дозволяє зменшити трудові витрати, покращити якість кормів та збільшити продуктивність тварин.

6. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення матеріалів для виготовлення робочих органів та покращення енергоефективності агрегату, що дозволить ще більше підвищити ефективність роботи мобільних кормороздавачів у тваринництві.

Список використаної літератури

1. Велит І. А., Скиба М. М., Дорохін Р. С., Луняк В. О. Ефективність механізації приготування кормів на сімейній молочній фермі з використанням кормороздавачів-змішувачів. *Вчені записки Таврійського національного університету. Серія «Технічні науки»*. 2020. Т. 31 (70), № 5. С. 5-12.

2. Хомик Н. І., Довбуш А. Д. Машини та обладнання для тваринництва: курс лекцій. Ч. 1. Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2013. 224 с.

3. Ляшук О. Л., Гевко Р. Б., Дзюра В. О., Кирик О. М., Довбиш А. П. Створення та модернізація транспортно-технологічних механізмів машин і обладнання. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 167 с.

4. Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г., Рогатинський Р. М., Синій С. В. Системи доочищення коренеплодів при їх механізованому збиранні: монографія. Тернопіль: Осадча Ю. В., 2020. 216 с.

5. Гевко Р. Б., Лещук Р. Я., Хомик Н. І., Довбуш Т. А., Дунець Б. О., Олексюк В. П. Шарнірний шнек: пат. на корисну модель 142736. Україна. Заявл. 24.12.2019 ; опубл. 25.06.2020. Бюл. № 12. 4 с.

6. Гевко Р. Б., Рогатинський Р. М., Ляшук О. Л., Довбуш Т. А., Рогатинська Л. Р., Станько А. І. Шнек з еластичною щіткоподібною поверхнею : пат. на корисну модель 142241 Україна. Заявл. 18.11.2019; опубл. 25.05.2020. Бюл. № 10. 4 с.

Нікіта КРАСНОВСЬКИЙ²,

студент 2-го курсу,
факультет технології виробництва,
переробки та робототехніки у тваринництві
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НОВОГО КОРМОВОГО ФАКТОРУ У ГОДІВЛІ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ

Анотація. *Світове виробництво харчових яєць і курячого м'яса покриває понад 30% національного попиту на натуральні продукти тваринного походження. Завдяки ідеальному складу білків, жирних кислот, вітамінів і мінералів у курячих яйцях, їх виробництво і споживання постійно зростає. Наукові дослідження і практичний досвід чітко підтверджують, що максимальна реалізація генетичного потенціалу птиці досягається за умови правильного та оптимального годування. Важливим завданням сучасного птахівництва є пошук і випробування нових економічно вигідних, екологічно безпечних та біологічно активних кормових добавок, які підвищують продуктивність птиці, покращують її здоров'я та, в результаті, збільшують безпеку птахівничої продукції.*

Ключові слова. *Несучість, біодоступність, мінеральні комплекси, продуктивність.*

Annotation. *Global production of food eggs and chicken meat covers more than 30% of the national demand for natural animal products. Due to the ideal composition of proteins, fatty acids, vitamins and minerals in chicken eggs, their production and consumption is constantly growing. Scientific research and practical experience clearly confirm that the maximum realization of the poultry's genetic potential is*

²Науковий керівник: Тетяна ТКАЧЕНКО, доктор філософії, старший викладач кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва, ВНАУ.

achieved with proper and optimal feeding. An important task of modern poultry farming is to find and test new cost-effective, environmentally friendly and biologically active feed additives that increase poultry productivity, improve their health and, as a result, increase the safety of poultry products.

Keywords: *Laying, bioavailability, mineral complexes, productivity.*

Вступ. Основним напрямом удосконалення технології годівлі та лікувально-профілактичних заходів у сучасному птахівництві є розробка та впровадження функціональних кормових добавок. Їх регулярне використання дозволить ефективніше використовувати корми, запобігати захворюванням птиці та реалізувати повний потенціал сучасних гібридів і порід [2].

М'ясо птиці відрізняється від м'яса великої рогатої худоби за кольором м'язових тканин, який варіюється від світло-рожевого (біле) до темно-червоного (червоне), залежно від вмісту пігментів у м'язах. Червоні м'язи мають менше білка і більше жиру, холестерину, фосфоліпідів та вітаміну С, тоді як білі м'язи містять більшу кількість карнадину, глікогену і аденозинтрифосфату (АТФ). Міоглобін у білих м'язах складає 0,05-0,08%, тоді як в червоних його концентрація значно вища[3].

М'ясні продукти повинні мати високу харчову цінність, що визначається їх здатністю забезпечити організм білками, жирами, мінералами та вітамінами, а також хімічним складом. Склад м'яса залежить від виду, віку і категорії птиці. У м'ясі курчат-бройлерів, курей та індиків співвідношення білків і жирів є оптимальним.

Аналіз публікацій чітко показує перевагу використання мікроелементів з органічних сполук у кормовиробництві. Це, насамперед, пов'язано з їх високою біодоступністю, що дозволяє значно знизити їх кількість у складі комбікормів. Важливою перевагою є те, що нижчі рівні мікроелементів у органічній формі зменшують надходження важких металів і покращують якість продукції птахівництва [5].

В цьому контексті особливу актуальність має вивчення ефективності мікроелементних комплексів, що містять цинк, марганець, залізо, а також біологічно активних добавок у комбікормах для курчат-бройлерів з метою отримання продукції, зокрема яєць.

Ліпіди відіграють важливу роль в оцінці харчової цінності м'ясних продуктів, оскільки вони є джерелом енергії. Їх біологічна цінність залежить від вмісту поліненасичених (незамінних) жирних кислот і жиророзчинних вітамінів. Поліненасичені жирні кислоти не синтезуються в організмі людини у достатній кількості, тому вони є необхідними для харчування. Жири, багаті на ненасичені жирні кислоти, сприяють кращому засвоєнню білкового азоту [1].

Надходження мікроелементів в організм також важливе для мінерального обміну, особливо для обміну кальцію та фосфору у молодих тварин. Наприклад, виключення з раціону добавок цинку та міді призводить до зниження рівня кальцію в крові на 14% і фосфору на 15%. Введення в раціон солей цинку,

марганцю, міді, кобальту та йоду підвищує зольність кісток за рахунок кальцію та фосфору.

Збалансоване годування повинно організовуватися за допомогою високоякісних кормів власного виробництва та комбікормів із застосуванням різноманітних кормових добавок і преміксів.

Серед усіх факторів, що впливають на підвищення продуктивності птиці, найбільш важливою є раціональна та фізіологічно обґрунтована годівля. Однією з головних вимог такої годівлі є забезпечення птиці необхідними мікроелементами у постійних кількостях і пропорціях. Мікроелементи в організмі птиці виконують важливі та різноманітні функції, а також впливають на енергетичний, азотний, вуглеводний і ліпідний обмін, будучи структурними матеріалами організму [4].

Зокрема, вони регулюють обмін речовин і є складовими, які формують тканини та органи, а також беруть участь у диханні, кровотворенні, травленні та всмоктуванні.

У зв'язку з цією ситуацією проводиться пошук нових нетрадиційних джерел мікроелементів та сполук з різними речовинами, які були б біологічно ефективними і економічно вигідними для виробництва.

Для експерименту було сформовано дві групи молодняку курей, по 20 голів у кожній. Контрольній групі надавали звичайний раціон, в той час як дослідній групі I — органічний мікроелементний комплекс міді, цинку, заліза та марганцю у кількості 10% від рекомендованої норми за активною речовиною.

Умови годівлі та утримання для всіх груп були однаковими, а раціони були розраховані відповідно до основних поживних речовин та вікових норм годівлі.

У зв'язку з цією ситуацією проводиться пошук нових нетрадиційних джерел мікроелементів та сполук з різними речовинами, які були б біологічно ефективними і економічно вигідними для виробництва.

Таблиця 1. Перетравність поживних речовин комбікорму курчатами-бройлерами (вік 35 днів)

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Спожито комбікорму, г	141,42±0,37	146,60±0,29
Спожито із кормом, г: Органічної речовини	119,62±0,43	125,52±0,33
Сирого протеїну	23,41±0,08	27,14±0,07
Сирого жиру	5,37±0,02	5,44±0,03
Сирої клітковини	7,84±0,03	7,99±0,04
БЕР	94,62±0,22	94,82±0,18
Ca	1,39±0,03	1,44±0,03
P	1,09±0,05	1,07±0,05
Mg	0,351±0,04	0,359±0,03

Ефективність використання нових кормових добавок у раціонах сільськогосподарських тварин залежить від засвоюваності та використання

поживних речовин в організмі птиці. Курчата-бройлери дослідної групи продемонстрували найкращу здатність засвоювати поживні речовини корму.

Варто зазначити, що перетравність клітковини у птиці зазвичай є досить низькою, проте в наших експериментах застосування нової кормової добавки для годівлі курчат-бройлерів позитивно вплинуло на перетравність клітковини. Результати показали, що у I та II дослідницьких групах перетравність клітковини була вищою на 11,4% ($P<0,001$) та 12,4% ($P<0,001$) відповідно, що на 4,88% та 10,57% перевищує показники контрольної групи.

Основними показниками росту і розвитку худоби та птиці є жива маса, абсолютний та середньодобовий приріст, відсоток жиру та витрати корму на виробництво продукції. Жива маса відображає загальне накопичення тканин у тварин під час вирощування та відгодівлі. Показники абсолютної живої маси та середньодобового приросту дозволяють оцінити інтенсивність і швидкість росту тварин за певний період.

Ріст і розвиток у птиці, як і в інших тварин, є складовими єдиного процесу, який включає накопичення клітинних структур, утворення позаклітинних компонентів та анатомічну, морфологічну і фізіологічну диференціацію клітин, тканин і органів.

Продуктивність птиці безпосередньо залежить від складу високоякісного корму, важливою складовою якого є забезпечення мінеральними речовинами. Недостатність мінералів у кормі призводить до уповільнення росту птиці та зниження її продуктивності.

Згідно з нашими дослідженнями, використання активного біо-мінерального комплексу у годівлі курчат-бройлерів показало, що дана кормова добавка позитивно вплинула на живу масу курчат.

Таблиця 2. Динаміка живої маси дослідних курчат-бройлерів, г (n=20)

Вік, днів	Група	
	контрольна	дослідна
Жива маса, г: доба	41,3 $\pm$ 0,13	41,4 $\pm$ 0,12
7 днів	161,3 $\pm$ 1,54	173,1 $\pm$ 1,73
21 день	729,4 $\pm$ 4,19	771,8 $\pm$ 3,21
28 днів	1233,4 $\pm$ 3,21	1367,3 $\pm$ 2,99
39 днів	2087,8 $\pm$ 5,13	2245,8 $\pm$ 4,21***
Середньодобовий приріст, г	54,3 $\pm$ 0,14	59,6 $\pm$ 0,17***
Конверсія корму на 1 кг приросту, кг	1,83	1,73

Жива маса курчат-бройлерів дослідної групи в кінці вирощування була на 97,6 г (4,8%) ($P<0,01$) і 155,9 г (7,3%) ($P<0,001$) вищою, ніж у контрольній групі.

Для більш детальної оцінки росту піддослідних курчат-бройлерів було досліджено динаміку абсолютного та середньодобового приросту маси. Результати показали, що курчата з дослідних груп почали відрізнятися за абсолютними приростами вже з 8-денного віку (табл. 3). Абсолютний приріст маси курчат, що отримували комбікорм, варіювався з 8 до 14-денного віку.

Таблиця 3. Абсолютний приріст живої маси піддослідних курчат-бройлерів, г

Вік, днів	Група	
	контрольна	дослідна
1-7	122,4 $\pm$ 1,18	133,9 $\pm$ 1,09*
8-14	257,8 $\pm$ 1,24	282,9 $\pm$ 1,24***
15-21	316,4 $\pm$ 1,09	322,0 $\pm$ 1,44
22-28	507,8 $\pm$ 1,49	559,4 $\pm$ 1,55***
29-39	857,8 $\pm$ 1,94	918,5 $\pm$ 1,68***
1-39	2049,9 $\pm$ 2,68	2202,7 $\pm$ 2,16***

Інтенсивність росту курчат дослідної групи була досить високою протягом усього періоду вирощування, що підтверджується показником середньодобового приросту ваги. Однак найбільші відмінності за цим показником спостерігались у віці 8-14, 22-28 та 29-39 днів.

Оскільки абсолютні показники живої маси та приросту маси не дають повної картини росту курчат-бройлерів, ми також вивчили відносну масу приросту у піддослідних курчат. Розрахунки показали, що відносна маса приросту була вищою у дослідній групі курчат протягом усього періоду вирощування.

Таблиця 4. Середньодобовий приріст живої маси, г (n=20)

Вік, днів	Група	
	контрольна	дослідна
1-7	18,9 $\pm$ 0,13	19,6 $\pm$ 0,09
8-14	39,5 $\pm$ 0,18	44,2 $\pm$ 0,32***
15-21	46,7 $\pm$ 0,28	47,3 $\pm$ 0,36
22-28	73,9 $\pm$ 1,31	83,2 $\pm$ 1,36***
29-39	78,9 $\pm$ 1,18	85,9 $\pm$ 1,29***
1-39	53,5 $\pm$ 0,49	59,4 $\pm$ 0,46***

Результати досліджень показали, що додавання мікроелементів до раціонів курчат-бройлерів призвело до збільшення живої маси, середньодобового приросту та зменшення витрат корму на кг приросту в дослідних групах.

М'ясна продуктивність м'ясних порід птиці зазвичай визначається здатністю виробляти велику кількість високоякісного м'яса за короткий період часу при постійних витратах корму та зростанні виробничих витрат на одиницю продукції. М'ясо птиці є важливим джерелом повноцінного тваринного білка та ліпідів, зокрема незамінних жирних кислот. М'ясо складається зі скелетних м'язів, кісток, шкіри та вісцерального жиру тушок птиці.

До складу м'яса входять м'язова тканина, різні види сполучної тканини (пухка, щільна, жирова, хрящова та кісткова), кров, нервова тканина, кровеносні та лімфатичні судини і лімфатичні вузли.

Кількісні та якісні вимірювання м'ясної продуктивності дозволяють оцінити, як корми та біологічно активні речовини впливають на цей показник і чи є доцільність їх використання в раціонах птиці. Морфологічний склад м'яса є

важливим індикатором якості, оскільки частка тканин у м'ясі суттєво визначає його якість.

Для визначення впливу добавок на м'ясну продуктивність курчат-бройлерів були проведені анатомічні розтини трьох півників і трьох курочок. Результати розтинів представлені в таблиці 5.

Таблиця 5. Результати анатомічної розробки туш піддослідних курей (n=6)

Показник	Група	
	контрольна	дослідна
Передзабійна маса, г	2087,9 $\pm$ 5,12	2242,7 $\pm$ 5,16***
Патрана тушка, г	1448,5 $\pm$ 9,3	1591,8 $\pm$ 12,3***
Забійний вихід, %	71,3	73,0
Їстівні частини, г	1276,7 $\pm$ 10,3	1411,4 $\pm$ 10,4
%	63,2	62,1**

Результати досліджень показали, що додавання мікроелементів до раціонів курчат-бройлерів призвело до збільшення живої маси, середньодобового приросту та зменшення витрат корму на кг приросту в дослідних групах.

М'ясна продуктивність м'ясних порід птиці зазвичай визначається здатністю виробляти велику кількість високоякісного м'яса за короткий період часу при постійних витратах корму та зростанні виробничих витрат на одиницю продукції. М'ясо птиці є важливим джерелом повноцінного тваринного білка та ліпідів, зокрема незамінних жирних кислот. М'ясо складається зі скелетних м'язів, кісток, шкіри та вісцерального жиру тушок птиці.

Кількісні та якісні вимірювання м'ясної продуктивності дозволяють оцінити, як корми та біологічно активні речовини впливають на цей показник і чи є доцільність їх використання в раціонах птиці. Морфологічний склад м'яса є важливим індикатором якості, оскільки частка тканин у м'ясі суттєво визначає його якість.

Смакові якості та поживна цінність м'яса визначаються такими показниками, як ніжність, соковитість і наявність або відсутність міжм'язевого жиру. Однак найбільш важливими оціночними показниками є хімічний склад м'яса, а саме - співвідношення вологи, білка і жиру.

Висновки. Використання досліджуваних добавок у раціонах курчат-бройлерів з експериментальної групи мало позитивний вплив на обмін як протеїнів, так і мінеральних речовин.

Використання мінеральних комплексів у раціонах курчат-бройлерів сприяло підвищенню природної резистентності птиці, що підтверджується показниками лізоцимної та фагоцитарної активності.

Протягом дослідного періоду середньодобовий приріст маси тіла курчат, які отримували мікроелементи, становив 57,0 г у I групі та 58,4 г у II групі. Порівняно з контрольною групою, середньодобовий приріст маси збільшився на 5,5 г (576%, $P < 0,01$) у I групі та на 5,9 г (8,42%, $P < 0,001$) у II групі.

Таким чином, згідно з нашими дослідженнями, використання активного біо-мінерального комплексу у годівлі курчат-бройлерів сприяло поліпшенню живої маси курчат та загальної продуктивності птиці.

Список використаної літератури

1. Берник І. М., Фаріонік Т. В., Новгородська Н. В. Ветеринарно-санітарна експертиза продуктів тваринного і рослинного походження: навчальний посібник. Вінниця: Вид. центр ВНАУ. 2020. 232 с.
2. Сахацький М. І., Абдуллаєва Е. С. Продуктивність бройлерів залежно від умов їх вирощування у клітках. *Тваринництво та технології харчових продуктів*. 2018. № 289. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnologiya/article/view/10701/10819>
3. Славов В. П., Карпусь М. М., Кривий М. М. та ін. Еколого-зоотехнічні умови ефективного використання кормів: навчальний посібник. За ред. В. П. Славов. Київ. 2003. 120 с.
4. Якубчак О. М., Хоменко В. І., Мельничук С. Д. Ветеринарно-санітарна експертиза з основами технології і стандартизації продуктів тваринництва: підручник. Київ: Біопром. 2005. 800 с.
5. Jampliek J., Kos J., Kralova K. Potential for the storage of nanomaterials in food supplements and food products for special medical purposes. *Nanomaterials*. 2019. V. 9 (2). URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30791492/>

Богдан НАГОРНИЙ³,

студент 1 курсу,

факультет технології виробництва, переробки

та робототехніки у тваринництві,

Вінницький національний аграрний університет,

Вінниця, Україна

ВПЛИВ ХОЛОДНОГО СПОСОБУ УТРИМАННЯ ТЕЛЯТ НА РІСТ І РОЗВИТОК

Анотація. Холодний спосіб утримання телят є однією з ефективних технологій вирощування молодняку великої рогатої худоби, що забезпечує підвищення імунітету, зниження захворюваності та оптимізацію росту. Даний метод передбачає утримання телят на відкритому повітрі в індивідуальних чи групових укриттях, що сприяє їх загартуванню та адаптації до навколишнього середовища. Дослідження показують, що телята, вирощені за цією технологією, мають вищий середньодобовий приріст живої маси, кращу резистентність до інфекційних хвороб та нижчу смертність порівняно з

³Науковий керівник доцент кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва, к. с.-г. наук Олена РАЗАНОВА

традиційними методами утримання. Холодне утримання зменшує витрати на будівництво приміщень і систему вентиляції, що робить його економічно вигідним. Важливими факторами ефективності цієї технології є забезпечення тварин якісним кормом, чистою водою та достатньою підстилкою. Впровадження холодного утримання може суттєво покращити рентабельність молочного скотарства та підвищити продуктивність стада.

Ключові слова: холодний спосіб утримання; телята; ріст; розвиток; імунітет; адаптація; приріст маси; захворюваність; економічна ефективність; молочне скотарство.

Annotation. Cold housing of calves is one of the effective technologies for raising young cattle, which provides increased immunity, reduced morbidity and optimized growth. This method involves keeping calves outdoors in individual or group shelters, which contributes to their hardening and adaptation to the environment. Studies show that calves raised using this technology have a higher average daily body weight gain, better resistance to infectious diseases and lower mortality compared to traditional housing methods. In addition, cold housing reduces the cost of building premises and a ventilation system, which makes it economically viable. Important factors in the effectiveness of this technology are providing animals with high-quality feed, clean water and sufficient bedding. The introduction of cold housing can significantly improve the profitability of dairy farming and increase herd productivity.

Keywords: cold housing; calves; growth; development; immunity; adaptation; weight gain; morbidity; economic efficiency; dairy farming.

Вступ. Ефективне вирощування молодняку великої рогатої худоби є ключовим фактором у підвищенні продуктивності тваринництва. Одним із сучасних підходів, що набуває популярності, є холодний спосіб утримання телят, який передбачає їх вирощування в умовах природного мікроклімату з мінімальним використанням штучного обігріву. Цей метод базується на природній адаптації тварин до температурних коливань, що сприяє зміцненню імунної системи, зменшенню рівня захворюваності та покращенню загальних показників росту і розвитку. Відомо, що телята, вирощені в умовах холодного утримання, мають вищий середньодобовий приріст, кращу резистентність до інфекційних хвороб і нижчий рівень смертності порівняно з тваринами, що утримуються у закритих приміщеннях. Крім того, цей підхід дозволяє скоротити витрати на будівництво стаціонарних приміщень, вентиляцію та опалення, що робить його економічно вигідним для фермерських господарств.

Метою даної статті є аналіз впливу холодного способу утримання телят на їхній ріст, розвиток та фізіологічний стан, а також визначити переваги і недоліки порівняно з традиційними системами вирощування.

Виклад основного матеріалу. Холодний спосіб утримання телят – це метод вирощування молодняку великої рогатої худоби, за якого тварини перебувають у спеціальних індивідуальних чи групових будиночках на

відкритому повітрі. Такий підхід сприяє адаптації телят до природних умов, підвищенню імунітету та загальної резистентності організму.

На відміну від традиційного утримання у закритих приміщеннях, де забезпечується стабільний мікроклімат, холодний метод передбачає вплив змінних температур і свіжого повітря. Це позитивно позначається на фізіологічному розвитку телят, оскільки зменшується ризик респіраторних захворювань, які часто виникають через скупчення аміаку та інших шкідливих газів у приміщеннях.

Основними перевагами холодного утримання є зміцнення імунної системи, зниження рівня захворюваності, покращення середньодобових приростів маси тіла та зменшення витрат на вентиляцію й опалення приміщень. Водночас є й деякі недоліки – необхідність ретельного підбору кормів, додаткові заходи з утеплення у зимовий період і постійний ветеринарний контроль.

Холодний метод вирощування телят не лише має переваги в контексті зниження витрат на опалення, а й дозволяє досягати кращих результатів у забезпеченні здоров'я та росту тварин. Важливою особливістю цього методу є стимуляція природних фізіологічних процесів у тварин, зокрема загартування, яке сприяє підвищенню їхньої стійкості до стресу, хвороб та несприятливих умов навколишнього середовища [1].

У таблиці 1 показано, що холодний спосіб утримання телят сприяє зміцненню імунітету та оптимізації витрат на вирощування, хоча вимагає правильного підходу до годівлі та захисту від екстремальних погодних умов.

Таблиця 1. Вплив холодного способу утримання телят на ріст і розвиток [2]

Параметр	Холодний спосіб утримання	Традиційний спосіб утримання
Середньодобовий приріст маси тіла, г	750–900	650–800
Рівень збереженості молодняку, %	95–98	85–90
Частота респіраторних захворювань, %	10–15	25–40
Формування імунної системи	Вищий рівень природної резистентності	Вразливість до інфекцій у зв'язку з обмеженим впливом факторів середовища
Потреба у ветеринарному втручанні	Менша завдяки природному загартуванню	Вища через часті захворювання
Витрати на опалення приміщень	Відсутні або мінімальні	Значні, особливо у холодну пору року
Якість шерстяного покриву	Густа, добре розвинена	Слабша через тепличні умови
Рівень енерговитрат телят	Вищий, що сприяє активному обміну речовин	Нижчий, що може призводити до повільнішого розвитку
Затрати на корм	Оптимальні, за умови правильного раціону	Часто вищі через необхідність підтримки теплового балансу
Економічна ефективність	Вища завдяки зниженню витрат на утримання	Нижча через вищі витрати на енергію, ветеринарні препарати

В умовах холодного утримання організм телят змушений витрачати більше енергії на підтримку нормальної температури тіла. Це сприяє кращому розвитку метаболічних процесів, що, в свою чергу, стимулює апетит і покращує засвоєння поживних речовин з корму. Такий фізіологічний механізм дозволяє телятам не лише підтримувати стабільний ріст, але й підвищувати їхню життєстійкість, оскільки активізується вироблення антитіл та посилюється імунний захист організму. Телята, які утримуються в холодних умовах, мають середньодобові прирости маси тіла в межах 600–800 г, що є хорошим показником для їхнього розвитку. Важливо зазначити, що ці прирости досягаються завдяки оптимальній годівлі, яка включає високоенергетичні корми з достатньою кількістю білків, жирів, вітамінів та мінералів, а також постійному доступу до чистої води. Крім того, холодний спосіб утримання телят має позитивний вплив на їхню фізіологічну конституцію. Телята, які ростуть в умовах природного загартування, мають міцніше здоров'я, що дозволяє знижувати витрати на ветеринарні послуги, профілактичні щеплення та лікування. У результаті таких змін спостерігається зниження рівня захворювань, особливо респіраторних інфекцій, що є однією з головних проблем у традиційному способі утримання тварин. Також холодне утримання телят дозволяє зменшити використання штучних джерел тепла за рахунок зниження витрат на енергію та підвищує економічну ефективність виробництва. Однак, для досягнення високих результатів важливо дотримуватися технологічних вимог, таких як забезпечення належного кормового забезпечення, температурного режиму та правильного ветеринарного контролю. Тільки за умови комплексного підходу холодний метод утримання може стати ефективною альтернативою традиційному способу вирощування тварин.

Середньодобові прирости телят за холодного способу утримання вищі (750-900 г проти 650-800 г за традиційного способу).

Формування імунітету є важливим аспектом холодного утримання. Телятам, що перебувають на свіжому повітрі, властива підвищена резистентність до респіраторних та кишкових захворювань, що нерідко вражають молодняк у закритих приміщеннях. Регулярний вплив помірних холодових стресів активує природні механізми терморегуляції, сприяючи виробленню специфічних захисних антитіл. Фізіологічні показники телят, які утримуються за холодного методу, також зазнають позитивних змін. У них фіксується стабільна температура тіла, поліпшення газообміну та вищий рівень гемоглобіну в крові, що свідчить про гарний рівень кисневого забезпечення організму. Такі тварини відзначаються кращою м'язовою масою та міцною кістковою системою, що позитивно позначається на їхньому подальшому розвитку.

Тому холодне утримання телят є ефективним підходом до вирощування здорового та продуктивного молодняку. Воно сприяє швидкому росту, підвищенню резистентності до захворювань і загальному покращенню фізіологічних показників [3].

З економічної точки зору холодний спосіб утримання телят дозволяє суттєво скоротити витрати на енергоресурси та утримання. Беззаперечно,

використання індивідуальних будиночків або напіввідкритих загонів значно зменшує витрати на опалення приміщень у статті витрат традиційних систем утримання. Крім того, такі умови сприяють зниженню щільності поголів'я в приміщеннях і при цьому зменшуються потреби в додаткових матеріалах для облаштування ферм. Ще одним важливим аспектом є оптимізація ветеринарного контролю. Відкрите повітряне середовище забезпечує кращу циркуляцію повітря і, відповідно, знижується ризик розвитку патогенних мікроорганізмів та поширення інфекційних захворювань. Внаслідок цього зменшується потреба у використанні антибіотиків та інших медикаментозних препаратів та знижуються загальні витрати на ветеринарне обслуговування.

За холодного утримання телят потрібно дотримуватися теплового режиму у приміщенні, яке повинно бути достатньо провітрюваним для уникнення накопичення вологи та забруднення повітря, щоб уникати захворювань дихальних шляхів. У той же час температура не повинна опускатися занадто низько, щоб не призвести до переохолодження тварин. Іншим важливим аспектом є управління стресом у телят. Перехід до холодного утримання може стати стресовим для тварин, тому важливо забезпечити комфортні умови та мінімізувати будь-які несприятливі фактори за рахунок організації простору для руху тварин та використання спеціальних пристроїв для захисту від вітру і снігу [4].

Не менш важливим в умовах холодного утримання телят є дотримання водного режиму. В цих умовах необхідно передбачити системи підігріву та регулярну заміну води. Достатнє споживання рідини сприяє нормальному обміну речовин, травленню та підтриманню оптимального рівня гідратації.

Несприятливі погодні умови, такі як сильний вітер, дощ, сніг, можуть підвищити ризик переохолодження телят і сприяти розвитку респіраторних захворювань. Для попередження негативного впливу цих умов розробляється відповідний захист телят. Спеціальні утеплені будиночки або загоны оснащують належним чином, щоб вони мали захист від вітру та опадів. У таких загонах важливо створюється мікроклімат для забезпечення оптимальної температури та вологості. Для цього використовуються утеплені настили, які забезпечують теплоізоляцію та утримують необхідний рівень сухості. Найкраще підходять натуральні матеріали, такі як солома, яка є не лише теплоізоляційним матеріалом, але й поглинає вологу. Висока вологість і забруднена підстилка можуть призвести до розвитку хвороботворних мікроорганізмів. Тому потрібно регулярно проводити чищення приміщень, своєчасно змінювати підстилку та слідкувати за рівнем вологи в приміщеннях. Крім того, вентиляція дозволяє зберігати оптимальний рівень вологості в приміщенні, не допускаючи утворення плісняви та мікробів.

Регулярні профілактичні огляди дозволяють вчасно виявити початкові ознаки хвороб, в тому числі респіраторних захворювань, які є найбільш поширеними в холодний період. У цей період важливо підтримувати вакцинацію відповідно до ветеринарного календаря і проводити постійну оцінку стану тварин.

За холодного утримання слід обмежувати контакти тварин із зовнішнім середовищем й іншими тваринами, особливо якщо на фермі є хворі. Роботи по догляду за телятами включають також використання дезінфекційних засобів для обробки приміщень і обладнання, особисту гігієну працівників [5].

Загалом, ефективність холодного утримання телят значною мірою залежить від того, як правильно організовано їхнє середовище, в якому вони перебувають, і який рівень ветеринарної допомоги надається. Підтримка оптимальних кліматичних умов, забезпечення належної годівлі, захист від захворювань та дотримання санітарних вимог дозволяють зберегти здоров'я молодняку великої рогатої худоби, сприяють його успішному розвитку і досягненню високих показників росту.

Холодний спосіб утримання телят набуває все більшої популярності у сучасному тваринництві завдяки своїм біологічним та економічним перевагам. Численні фермерські господарства в різних країнах світу довели ефективність цієї методики, забезпечивши високі показники збереженості молодняку, зниження витрат на утримання та підвищення продуктивності тварин. Наприклад, на одній із провідних молочних ферм Нідерландів холодний метод утримання застосовується вже понад 10 років. Для цього використовуються індивідуальні будиночки із захистом від вітру та опадів, а також система якісного молочного випоювання. В результаті смертність телят знизилася на 30%, а середньодобові прирости маси тіла зросли в середньому на 10%.

У США на великих молочних комплексах, зокрема в штатах Вісконсин та Міннесота, також активно впроваджують холодне утримання. Телята, які вирощувалися в умовах знижених температур, мали більш розвинену імунну систему та рідше хворіли на респіраторні захворювання. Фермери також відзначали економічну вигоду такого підходу, адже витрати на опалення значно зменшилися, а телята швидше адаптувалися до природних умов [6].

В Україні також є господарства, котрі успішно використовують дану технологію. Зокрема, на одному з агрокомплексів у Київській області було запроваджено холодне утримання з індивідуальними будиночками, що дозволило скоротити випадки захворювань на бронхопневмонію на 40% та зменшити витрати на ветеринарні препарати.

Результати практичного впровадження холодного способу утримання свідчать про його ефективність у забезпеченні здорового росту телят, зміцненні їхньої резистентності до захворювань і оптимізації витрат на утримання. Важливою умовою успіху є правильна організація процесу – збалансоване харчування, контроль водного режиму, забезпечення сухості та захисту від погодних факторів. Необхідно врахувати те, що досвід провідних господарств підтверджує, що ця методика є перспективною для розвитку сучасного тваринництва.

Висновки. Холодний спосіб утримання телят є ефективною альтернативою традиційним методам вирощування молодняку великої рогатої худоби. Цей підхід сприяє зміцненню імунної системи тварин, зниженню рівня захворюваності та смертності, забезпечує стабільний середньодобовий приріст

живої маси. Успішне впровадження цієї методики потребує дотримання якісного кормового забезпечення, надійного захисту від вітру та опадів, належного ветеринарного контролю.

Список використаної літератури

1. Антощенкова В. В. Сучасний стан молочного скотарства в Україні. *Український журнал прикладної економіки*. 2020. Т. 5. № 2. С. 25-32.
2. Варпиховський Р. Л. Удосконалення умов утримання ремонтного молодняку та нетелів. *Аграрна наука та харчові технології*. 2019. Вип. 5. (99). Т. 1. С. 59-68.
3. Коропець Л. «Холодний» метод вирощування телят. *Тваринництво*. 2020. №2.
4. Палій А.П., Палій А.П. Техніко-технологічні інновації у молочному скотарстві. Монографія. Харків: Міськдрук. 2019. 324 с.
5. Разанова О.П. Вікова динаміка росту і розвитку телят молочного періоду залежно від способу їх утримання. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2021. № 1. С. 48-56.
6. Разанова О.П. Продуктивність і племінна цінність корів української чорно-рябої молочної породи різних ліній племрепродуктора Вінниччини. *Аграрна наука та харчові технології*. 2019. № 4 (107). Т.2 . С. 93-104
7. Яремчук О.С., Варпиховський Р.Л. Санітарно-гігієнічна оцінка умов вирощування нетелів за різних способів утримання теличок: монографія. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2019. 180 с.

Діана ТЕРЕЩУК⁴,
студентка 3-го курсу,
факультет технології виробництва,
переробки та робототехніки у тваринництві
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ГОДІВЛІ БДЖІЛ ТА ВПЛИВ НА МЕДОВУ ПРОДУКТИВНІСТЬ

Анотація: У статті розглянуто сучасні підходи до годівлі бджіл для підтримання здоров'я бджолиних сімей та забезпечення високої медової продуктивності. Приділено увагу ролі медоносних рослин як природної кормової бази, яка є основним джерелом нектару та пилку для бджіл, їхня доступність у різні сезони року. Розглянуто сезонні зміни у потребах бджіл у кормі, враховуючи

⁴Науковий керівник – кандидат с.-г. наук, доцент кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва Олена РАЗАНОВА

різноманітність кліматичних умов та природних ресурсів, вплив кормових добавок на здоров'я бджіл, продуктивність бджолиних сімей.

Ключові слова: бджоли, бджолина сім'я, годівля бджіл, продуктивність, добавки, підгодівля.

Annotation. The article examines modern approaches to bee feeding to maintain the health of bee colonies and ensure high honey productivity. It highlights the role of nectariferous plants as the primary natural feed source, providing bees with nectar and pollen, and their availability throughout different seasons of the year. Seasonal changes in bees' nutritional needs are considered, taking into account various climatic conditions and natural resources. The impact of feed additives on bee health and colony productivity is also discussed.

Keywords: bees, bee colony, bee feeding, productivity, additives, supplementation.

Вступ. Україна входить до п'ятірки країн — найбільших виробників меду. Бджільництвом в Україні займаються переважно на аматорському рівні, Тому 98% меду виробляється у господарствах населення і лише 2% — у сільськогосподарських підприємствах.

Бджоли сприяють розв'язуванню агроекономічних проблем, які є основними запилювачами сільськогосподарських культур і виробляючи продукти бджільництва (мед, віск, маточне молочко, бджолину отруту та інші цінні продукти). Від запилення бджолами збільшуються врожаї культур на 25-50%, поліпшується якість насіння, розмір і смакові властивості плодів.

Успіх ведення бджільництва залежить від здоров'я та сили бджолиної сім'ї. Одним із найголовніших факторів у цьому є забезпеченість кормами бджіл, що впливає на вживаність і розвиток бджолиних сімей, на медову продуктивність. Недостатнє харчування може призвести до ослаблення бджіл, зниження їхньої стійкості до хвороб та шкідників, а також до зменшення кількості виробленої продукції.

Мета статті полягає в аналізі сучасних підходів до годівлі бджіл, оцінці їхнього впливу на медову продуктивність й ефективності використання добавок для підвищення продуктивності бджолиних сімей.

Виклад основного матеріалу. Бджоли збирають з рослин нектар і пилок, які є кормом для бджіл. У багатьох регіонах протягом усього активного сезону відсутні стабільні джерела нектару, що змушує пасічників перевозити вулики до місць нектароносних рослин.

Одним із важливих факторів, що визначає кількість меду, є вибір медоносних рослин. За нектаропродуктивністю медоноси поділяють на ті, що забезпечують бджолам основний і підтримуючий медозбори [1].

Крім того, важливо враховувати не лише кількість нектару, але також його якість, адже різні медоносні рослини дають мед з різним вмістом цукру [3].

У таблиці 1 показано медову продуктивність різних квіткових і деревних культур. Липа та біла акація є медоносними рослинами, що забезпечують бджіл

великою кількістю нектару. У той же час такі культури, як гречка посівна, люцерна, червона конюшина та верба козяча, мають середній рівень медової продуктивності, але забезпечують бджіл якісним нектаром. Соняшник звичайний і гірчиця біла мають порівняно нижчу медову продуктивність, проте їхній нектар є важливим джерелом харчування для бджіл у певні періоди сезону і забезпечує основний медозбір.

Таблиця 1. Різноманітність квіткових і деревних культур за медовою продуктивністю

Медоносна культура	Нектаропродуктивність, кг/га
Гречка посівна	100-200
Соняшник звичайний	47-75
Гірчиця біла	50-150
Люцерна посівна	120-150
Конюшина червона	120-125
Липа	600-1200
Біла акація	500-100
Верба козяча	150

Підгодовля бджіл є важливим елементом догляду, оскільки дозволяє компенсувати нестачу природного нектару та пилку, підтримувати силу бджолиних сімей та підвищувати їхню продуктивність.

Бджолині сім'ї для інтенсивного розвитку навесні повинні бути забезпечені вуглеводними кормами. Вуглеводну підгодовлю здійснюють натуральним кормом або замінниками. Білкову підгодовлю починають після першого очисного обльоту бджіл. Для цього використовують натуральні корми (пергові стільники, бджолине обніжжя) або замінники (кормові дріжджі, знежирене соєве борошно, сухе знежирене молоко) [2].

У таблиці 2 наведено дані щодо особливостей використання вуглеводної та білкової підгодовлі, що мають важливу роль у підтримці розвитку бджолиної сім'ї.

Таблиця 2. Особливості вуглеводної та білкової підгодовлі бджіл

Характеристика підгодовлі	Вуглеводна підгодовля	Білкова підгодовля
Час проведення	Осінь, рання весна	Весна, літо (за нестачі пилку)
Переваги	Швидко засвоюється	Сприяє розвитку розплоду
Недоліки	Потребує води для засвоєння	Може викликати захворювання
Вплив на медову продуктивність	Допомагає підтримувати бджіл до весняного медозбору	Покращує розвиток сім'ї

Протягом року корми у бджолиних гніздах витрачаються нерівномірно. На зиму бджолам треба створити запаси корму, з яких 10-12 кг має залишитися на весну. Нестача кормів у певні періоди року може призвести до ослаблення

бджолої сім'ї, що негативно позначається в подальшому на її продуктивності і розвитку.

Застосування біологічно активних добавок у складі стимулюючих підгодівель займає особливе місце [4]. У таблиці 3 представлена циклограма проведення підгодівель бджіл. Загалом підгодівля ранньою весною спрямована на зміцнення бджолої колонії та підготовку до медозбору. Грамотне дозування кормів дозволяє уникнути негативного впливу на мед та підтримує здоров'я бджіл.

Таблиця 3. Циклограма застосування підгодівель бджіл

Вид підгодівлі	Місяць проведення підгодівлі			
	Лютий	Березень	Квітень	Травень
Канді	По 1 кг 5 разів з інтервалом 6 днів	За потреби	Не бажано	Не бажано
Цукровий сироп	Не дозволено	По 300 г 6 разів з інтервалом 3 дні	Ароматизований по 100 г	Ароматизований по 100 г
Білкові підгодівлі	Не дозволено	По 100 г на вуличку бджіл	По 100 г на вуличку бджіл	Не бажано, тільки для дресирування
Біологічно активні добавки	Не бажано	У сироп	У білкові суміші	Не бажано

Годівля бджіл має сезонний характер, оскільки потреби бджолої сім'ї змінюються залежно від періоду року, стану сімей та доступності природних ресурсів. Навесні підгодівля може знадобитися, якщо бджоли вичерпали зимові запаси корму та для розвитку бджолої сім'ї до основного медозбору. Влітку підгодівля, зазвичай, не потрібна. Проте, слабким сім'ям може знадобитися підтримуюча підгодівля. Також може знадобитися стимулююча підгодівля для підтримання вирощеного розплоду. Осіння підгодівля є найважливішою, оскільки вона забезпечує бджіл запасами корму на зиму. Взимку підгодівля проводиться лише в крайніх випадках, коли є явна нестача корму і бджоли голодують [5].

Найбільш небезпечними періодами для бджіл є теплі дні в середині зими або потепління перед весною. У такі періоди матка розпочне відкладати яйця, а бджоли можуть почати раннє вирощування розплоду, що призведе до більшого споживання кормів і можливого голодування. Тому важливо регулярно перевіряти запаси корму у вуликах і вчасно надавати підгодівлю, щоб запобігти загибелі бджолої сім'ї [6].

Дані, що наведені у таблиці 4 показують змінність потреби бджолої сім'ї в кормах залежно від сезону. Зимові бджоли не можуть збирати нектар, тому їх годують канді, медом, цукровим сиропом для підтримки життєдіяльності. Весною потреба у кормі знижується, але для стимуляції розвитку бджіл додається цукровий сироп, канді, медова сита, перга або пилок. Літо – це сезон активного збору нектару, тому потреба у додатковому кормі мінімальна. Однак

восени необхідно підгодувати бджіл до зими, тому годівля медом або цукровим сиропом стає важливим для їх вживання в холодний період.

Таблиця 4. Вплив сезонних змін на потребу бджіл у кормі

Пора року	Вид корму	Особливості годівлі
Зима	Канді, мед, теплий цукровий сироп	Підтримка життєдіяльності бджіл
Весна	Цукровий сироп (1:1 або 1:2), канді, медова сита, перга або пилок	Підтримка розвитку бджіл, збільшення сили для медозбору
Літо	Цукровий сироп (концентрація залежить від потреби), кормові добавки (за потреби)	Збільшення медової продуктивності, підсилення слабких сімей
Осінь	Густий цукровий сироп (2:1 або 3:2), мед, добавки	Підготовка до зимівлі, зміцнення сімей

Неправильний підхід до годівлі може мати негативний вплив на продуктивність бджіл і якість меду.

У таблиці 5 наведені основні помилки в годівлі бджіл, їхній вплив на здоров'я і продуктивність. Знання цих факторів допоможуть уникнути помилок та зберегти бджіл і створити оптимальні умови для розвитку бджолиних сімей та ефективної роботи протягом сезону.

Бджоли, що отримують у складі підгодівель біологічно активні добавки, мають кращі показники виживаності, зокрема, в зимовий період, і забезпечують значно вищий рівень продуктивності. Тому важливо забезпечити баланс між природними і штучними кормами для підтримки бджолиних сімей в оптимальному стані [4].

Таблиця 5. Негативні наслідки неправильної підгодівлі бджіл

Тип помилки	Наслідки для бджіл	Вплив на продуктивність
Переогодовування цукровим сиропом	Ослаблення імунітету, підвищений ризик хвороб	Зниження якості меду
Недостатня білкова підгодівля	Зменшення кількості розплоду, слабкі бджолосім'ї	Низький медозбір
Використання неякісного корму	Інфекційні захворювання, загибель сім'ї	Втрата продуктивності або повне знищення пасіки
Годівля зіпсованим сиропом	Отруєння, загибель бджіл	Скорочення бджолосімей
Надмірна стимуляція весною	Передчасне виснаження сімей перед основним медозбором	Менша продуктивність
Нестача корму взимку	Висока смертність сімей під час зимівлі	Ослаблений старт весною – менший літній урожай

Введення до складу підгодівель різних добавок можуть вплинути на здоров'я бджіл та їх продуктивність (табл. 6). Апівіт + В₁₂ покращує імунітет і сприяє розвитку бджолиної сім'ї. Бівіта+ використовується для профілактики хвороб, що дозволяє збільшити кількість робочих бджіл. Промотор Л допомагає долати стресові фактори бджолам та підвищує їхню стійкість до несприятливих

умов. Apiforme діє як зміцнюючий засіб, покращуючи якість меду. Перга є натуральним продуктом, що сприяє зміцненню імунітету та підвищує продуктивність бджіл. Важливо правильно підібрати дозування, щоб зберегти природний баланс у вулику та забезпечити високу продуктивність бджіл.

Таблиця 6. Вплив добавок на здоров'я бджіл та медову продуктивність

Добавка	Вплив на здоров'я бджіл	Вплив на медову продуктивність
Апівіт + В12	Покращує імунітет, сприяє розвитку бджіл	Збільшує кількість робочих бджіл, що впливає на продуктивність
Бівіта+	Запобігає інфекційним хворобам, зміцнює бджіл	Сприяє виживанню бджіл, що покращує продуктивність
Промотор Л	Підвищує стійкість до стресів та захворювань	Покращує загальний стан бджіл, що впливає на продуктивність
Apiforme	Підвищує активність та життєздатність	Покращує продуктивність
Перга	Зміцнює імунітет	Покращує розвиток бджіл, що впливає на продуктивність

Використання якісного корму та правильних методів годівлі дозволяє підвищити медову продуктивність, стійкість бджіл до хвороб та загальну ефективність пасік.

Висновки. Сучасні підходи до годівлі бджіл є важливою складовою для досягнення високої медової продуктивності та підтримки здоров'я бджіл. Сезонні потреби бджіл у кормі, знання правильної підгодівлі та наслідків помилок у годівлі дозволяють бджолярам створювати оптимальні умови для розвитку бджолиних сімей. Використання якісних кормів, врахування природної кормової бази, а також правильне застосування добавок може значно підвищити життєздатність бджолиних сімей та їхню здатність до медозбору.

Список використаної літератури

1. Черкасова А. І., Блонська В. Н., Губа П. О. Бджільництво. К.: Урожай. 1989. С. 32-86
2. Мегедь О. Г., Поліщук В. П. Бджільництво. К.: Вища школа. 1987. 82 с.
3. Разанов С. Ф., Безпалый І. Ф., Бала В. І., Донченко Т. А. Технологія виробництва продукції бджільництва. К.: Аграрна освіта. 2010. С. 165-179.
4. Міщенко О. А., Литвиненко О. М., Афара К. Д., Криворучко Д. І. Ефективність використання вуглеводно-білкової підгодівлі для медоносних бджіл. *Тваринництво, ветеринарна медицина*. 2021. С. 39-45.
5. Засуха Ю. В., Адамчук Л. О., Антонів А. Д. Біологічно активні підгодівлі бджолиних сімей у весняний період. *Тваринництво та технології харчових продуктів*. 2022.
6. Разанов О. С. Вплив періоду підгодівлі бджіл цукровим сиропом на формування кормових запасів для зимового періоду та силу бджолиних сімей. *Бджільництво України*. 2024. Вип. 12. С. 45-52.

Михайло ХОДЮН⁵,
студент 3-го курсу,
факультет технології виробництва,
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВПЛИВ РІЗНИХ УМОВ СЕРЕДОВИЩА НА ПРОДУКТИВНІСТЬ БДЖІЛ

Анотація. У статті досліджено основні напрямки розвитку бджільництва в Україні, зокрема медово-товарний, запилювально-медовий, запилювальний та розплідницький. Визначено ключові фактори, що впливають на продуктивність медоносних бджіл, серед яких умови утримання, стан бджолиних сімей, наявність кормової бази, вплив кліматичних змін та боротьба із захворюваннями. Розглянуто зовнішні (екзогенні) та внутрішні (ендогенні) чинники, що впливають на життєдіяльність бджіл, включаючи генетичні особливості, санітарний стан вуликів, екологічні ризики та зміни температурного режиму. Окреслено основні методи збереження та підвищення продуктивності бджіл, серед яких оптимізація утримання, раціональне розташування пасік.

Ключові слова: бджільництво, продуктивність бджіл, кліматичні фактори, селекція, кормова база, захворювання, екологічні ризики.

Annotation. The article studies the main directions of beekeeping development in Ukraine, in particular, honey-commodity, pollination-honey, pollination and nursery. The key factors influencing the productivity of honey bees have been identified, including the conditions of keeping, the condition of bee colonies, the availability of food supply, the impact of climate change and the fight against diseases. External (exogenous) and internal (endogenous) factors affecting the vital activity of bees are considered, including genetic features, sanitary condition of hives, environmental risks and temperature changes. The main methods of preserving and increasing the productivity of bees are outlined, including optimization of keeping, rational location of apiaries.

Key words: beekeeping, bee productivity, climatic factors, selection, food supply, diseases, environmental risks.

Вступ. Бджоли є одними з найважливіших комах у природі, від яких залежить виробництво меду, воску та інших продуктів бджільництва, а також запилення більшості сільськогосподарських культур і дикорослих рослин. Їхня продуктивність – це результат складної взаємодії між біологічними

⁵Науковий керівник: кандидат с.-г. наук, доцент кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва ВНАУ Олена РАЗАНОВА

особливостями бджолиних сімей і умовами навколишнього середовища. Такі фактори, як температура, вологість, доступність кормової бази, рівень забруднення та кліматичні зміни, можуть сприяти та перешкоджати ефективній роботі бджіл. У сучасному світі, коли антропогенний тиск на природу зростає, розуміння впливу цих умов стає критично важливим для збереження бджільництва та екосистем загалом.

Виклад основного матеріалу. Сьогодні бджільництво України розвивається в таких основних напрямках: медово-товарний, запилювально-медовий, запилювальний та розплідницький. Продуктивність медоносних бджіл, в основному, залежить від сукупності деяких факторів. Зокрема, в залежності від регіону найбільш вагомими серед них є збереження бджолиних сімей в активному стані, використання нектароносного конвеєру, підготовки до гіпобіозу, боротьба з хворобами, технології утримання та ін. Але, мабуть, основне значення має здатність бджіл добре переносити несприятливі умови утримання, активність у пошуках нових джерел медозбору. І все це зумовлене не тільки спадковими задатками, які передаються через матку і трутнів. За цих умов, питання селекції (які включають питання вибору породи, сили сім'ї, продуктивність), відіграють вагому роль у максимальній ефективності бджільництва [1].

На розвиток і продуктивність бджолиних сімей впливають кліматичні умови, кормова база [5].

Температура є одним із найважливіших факторів, що впливають на активність бджіл. Оптимальний діапазон для їхньої діяльності становить від 15°C до 32°C. За нижчих температур (нижче 10°C) бджоли стають млявими і припиняють вилітати з вулика, а за високих (понад 35°C) вони витрачають енергію на охолодження гнізда, що знижує їхню продуктивність. Усередині вулика бджоли підтримують температуру на рівні 32–35°C для вирощування розплоду, незалежно від зовнішніх умов, але це вимагає значних енергетичних затрат.

У регіонах із холодним кліматом, наприклад у північних широтах, короткий сезон активності бджіл обмежує період збору нектару. Натомість у тропічних зонах надмірна спека може призводити до перегріву вуликів, якщо немає достатньої вентиляції чи затінення. Дослідження показують, що підвищення середньої температури на 1°C у помірному кліматі може збільшити продуктивність медозбору на 5–10%, але лише за умови стабільної вологості та наявності корму.

Вологість повітря впливає на здатність бджіл збирати нектар і регулювати мікроклімат у вулику. Оптимальний рівень вологості для бджіл становить 50–70%. За низької вологості (менше 30%) нектар стає більш в'язким, що ускладнює його збирання, а бджоли змушені витрачати більше часу на пошук води. У посушливих регіонах це може призвести до зниження продуктивності на 20–30%. З іншого боку, надмірна вологість (понад 80%) сприяє розвитку грибкових інфекцій у вулику, таких як аскосфероз.

Детальніше вплив різних факторів на продуктивні показники бджолиних сімей представлено у таблиці 1.

Таблиця 1. Вплив різних умов середовища на продуктивність бджіл

Фактор впливу	Характер впливу	Наслідки для продуктивності бджіл	Заходи зменшення негативного впливу
Температурний режим	Високі або низькі температури можуть спричиняти стрес	Зниження активності, зменшення медозбору, підвищена смертність	Створення оптимальних умов у вуликах, вентиляція, утеплення
Вологість повітря	Висока або низька вологість впливає на стан вулика	Погіршення якості меду, розвиток грибкових захворювань	Контроль вологості, розміщення пасіки в оптимальних місцях
Кормова база	Недостатня кількість медоносних рослин	Зниження медозбору, слабкі бджолині сім'ї	Посів медоносних культур, кочове бджільництво
Використання пестицидів	Хімічні речовини у сільському господарстві	Загибель бджіл, ослаблення імунітету, зменшення популяції	Контроль застосування пестицидів, вибір безпечних препаратів
Захворювання та паразити	Кліщ варроа, нозематоз, гнильці	Ослаблення сімей, зменшення чисельності бджіл	Вчасне лікування, санітарні заходи, селекція стійких порід
Глобальні кліматичні зміни	Підвищення середньорічної температури, зміни сезонності	Зміщення періоду цвітіння, зменшення медоносної бази	Адаптація до нових умов, розширення різноманіття медоносів
Екологічний стан довкілля	Забруднення ґрунту, води, повітря	Зменшення стійкості бджіл, втрата кормових ресурсів	Екологічний моніторинг, розташування пасік у чистих зонах

Джерело: сформовано автором на основі [3].

Бджоли активно регулюють вологість у вулику, випаровуючи воду з нектару та вентилюючи гніздо крилами. Проте в екстремальних умовах це вимагає додаткових зусиль, що відволікає їх від основної роботи – збору нектару та пилку.

Забруднення повітря, ґрунту та води негативно позначається на бджолах. Пестициди, зокрема неонікотиніди, є однією з головних причин масової загибелі бджолиних сімей. Ці хімікати впливають на нервову систему бджіл, погіршуючи їхню орієнтацію та здатність повертатися до вулика. Навіть сублетальні дози пестицидів знижують продуктивність, зменшуючи кількість зібраного нектару на 15–25%.

Важкі метали (свинець, кадмій) також накопичуються в нектарі та пилку, отруюючи бджіл і погіршуючи якість меду. Урбанізовані території з високим рівнем забруднення повітря створюють додатковий стрес для бджолиних сімей, скорочуючи тривалість їхнього життя.

Глобальне потепління та пов'язані з ним зміни в сезонності впливають на синхронізацію цвітіння рослин і активності бджіл. Наприклад, раннє настання весни може призвести до того, що рослини відцвітуть до того, як бджоли досягнуть піку своєї активності. У той же час, частіші посухи та повені

скорочують кормову базу. У таблиці 2 показано, як зміна температури впливає на сезонну продуктивність бджіл у помірному кліматі.

Таблиця 2. Залежність продуктивності бджіл від середньої температури сезону

Температура (°C)	Тривалість активного сезону (днів)	Медова продуктивність бджолиних сімей, кг
15-18	120	20-25
19-22	140	30-35
23-26	160	40-45
Понад 26	150	35-40

Джерело: сформовано автором на основі [1].

Як видно з даних таблиці 2, підвищення температури до певного рівня сприяє подовженню сезону та підвищенню продуктивності, але надмірна спека (понад 26°C) призводить до її зниження через тепловий стрес.

Сезонність впливає на життєвий цикл бджіл. Навесні та влітку бджолині сім'ї активно розмножуються і збирають кормові запаси, тоді як восени та взимку їхня діяльність зосереджена на виживанні.

Адаптація бджіл до місцевих умов також відіграє важливу роль. Наприклад, карпатська бджола краще пристосована до холодного клімату. Бджоларі можуть підвищувати продуктивність, обираючи районовані породи.

Ведення інтенсивного землеробства, вирубка лісів й урбанізація скорочує природні ареали квітучих рослин. Тому є необхідність підвозити вулики з бджолами до районів із кращою кормовою базою або використовувати підгодівлю цукровим сиропом. Однак надмірна підгодівля знижує якість меду і може послабити імунітет бджіл.

Основним фактором виживання бджолиної сім'ї і посилення її продуктивності є міцна кормова база, яка забезпечує бджолині сім'ї нектаром і пилом від ранньої весни до пізньої осені та запасами кормів на зимово-весняний період. Тому проводиться підсівання медоносних культур або посилюють існуючі насадження збільшенням площ під медоносними культурами, вирощуванням на значних площах нектаро- і пилоносних дерев та кущів. У разі потреби, коли бджоли не збирають потрібних запасів кормів, сім'ї підгодовують цукровим сиропом та квітковим пилом, відібраним у них у вигляді обніжжя, а також заготовленою раніше пергою та її заміниками [2].

Бджолині матки першого, другого і третього років мають спільну особливість – вони досягають максимальної продуктивності в середині літа, у подібні календарні періоди. Це відбувається під час найдовших світлових днів, коли забезпечено оптимальну температуру та достатнє живлення сімей у період медозбору [4].

Основними шляхами підвищення продуктивності бджіл є:

1) оптимізація умов утримання: утеплення вуликів взимку, забезпечення достатньої вентиляції влітку.

2) раціональне розташування пасіки: вибір місць із багатою кормовою базою, віддалених від джерел забруднення.

3) зменшення хімічного впливу: використання біологічних методів боротьби зі шкідниками та мінімізація застосування пестицидів.

4) зміцнення імунітету бджіл: введення в раціон натуральних добавок, що сприяють зміцненню організму бджіл (мед, прополіс, трав'яні настої).

5) боротьба з хворобами та паразитами: регулярна дезінфекція вуликів, використання препаратів для профілактики захворювань.

Висновок. Продуктивність бджіл значною мірою залежить від умов навколишнього середовища, включаючи кліматичні фактори, якість кормової бази, екологічний стан регіону та заходи догляду за пасікою. Оптимальні температурні показники, наявність різноманітних медоносів та сприятлива екологічна ситуація позитивно впливають на медозбір, розмноження бджолиних сімей та їхню загальну життєздатність.

Список використаної літератури

1. Буренін М.Л. Бджільництво. Довідник. М.: Колос. 1994. 416 с.
2. Онуфрієнко В. О. Осіння підготовка бджіл. *Пасіка*. 2008. № 9. С.15.
3. Папченко О. В. Розвиток бджолиних сімей за умов інтенсивних медозборів та різних способів їх утримання. *Науковий вісник НУБіП України*. 2015. № 223. С. 155-161.
4. Поліщук В. Вплив бджолиних маток різного віку на розвиток і продуктивність бджолиних сімей. *Тваринництво України*. 2014. № 2. С. 7- 10.
5. Разанова О. П., Скоромна О. І. Технологія виробництва продукції бджільництва: навчальний посібник. Вінниця. 2020. 408 с.

Олександр ШЕВЧУК⁶,
студент 2 курсу,
факультет технології виробництва,
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

КРОЛІ ЯК ДЖЕРЕЛО ДІЄТИЧНОГО М'ЯСА, ХАРЧОВА ЦІННІСТЬ ТА КОРИСТЬ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я

Анотація. У статті досліджено харчову цінність та користь кролячого м'яса для здоров'я людини. Розглянуто основні характеристики кролятини як дієтичного продукту, її хімічний склад, поживну цінність та особливості засвоєння організмом. Наведено дані щодо вмісту білка, низького рівня жиру та холестерину, що робить кролятину рекомендованою для споживання людьми з серцево-судинними захворюваннями, порушеннями обміну речовин, а також у

⁶Науковий керівник: кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології виробництва та переробки продукції тваринництва ВНАУ Олена РАЗАНОВА

дитячому та дієтичному харчуванні. Акцентовано увагу на економічній доцільності вирощування кролів, їх швидкому рості та високій продуктивності.

Ключові слова: кролі, кролівництво, м'ясо кролів, дієтичне м'ясо, харчова цінність, здоров'я.

Annotation. The article explores the nutritional value and benefits of rabbit meat for human health. The main characteristics of rabbit meat as a dietary product, its chemical composition, nutritional value and features of assimilation by the body are considered. Data are given on high protein, low fat and cholesterol levels, which makes rabbit meat recommended for consumption by people with cardiovascular diseases, metabolic disorders, as well as in baby and dietary nutrition. Attention is focused on the economic feasibility of raising rabbits, their rapid growth and high productivity.

Key words: rabbits, rabbit breeding, rabbit meat, dietary meat, nutritional value, health.

Вступ. Кролівництво – скоростигла галузь тваринництва, використовується для виробництва дієтичного м'яса, сировини для шкіряної, хутрової та вовнової промисловості. Висока плодючість і швидкий ріст роблять кролів економічно вигідними для вирощування. Крім того, ці тварини невибагливі до умов утримання та здатні ефективно засвоювати рослинні корми, що знижує собівартість виробництва м'яса.

Останніми роками м'ясо кролів почало набувати популярності серед споживачів. Кролятина має високу біологічну цінність та переваги серед інших видів м'яса і тому використовується в якості дієтичного продукту. М'ясо кроля – це, насамперед, дієтичний, смачний і корисний продукт. Кроляче м'ясо рекомендовано для немовлят, яке дозволяє організму звикнути до засвоєння м'ясних продуктів. Враховуючи високу біологічну цінність, кролятину вважають кращим вибором для дітей дошкільного та підліткового віку, годуючих матерів, літніх людей, а також для людей схильних до харчових алергій, захворювань шлунково-кишкового тракту, жовчних шляхів, порушення обміну речовин, діабету, гіпертонії й атеросклерозу. Окрім того, завдяки гіпоалергенним властивостям, м'ясо кроля є чудовим вибором для людей, які страждають на алергію на інші види м'яса, що робить його ще ціннішим [3].

Виклад основного матеріалу. У господарствах України розводять кролів понад 15 різних порід. За чисельністю породний розподіл становить: сірий велетень – 24,4 %, білий велетень – 22,7 %, шиншила – 21,6 %, сріблястий – 11,6 %, бельгійський велетень – 7,9 %, каліфорнійська – 6,2 %, новозеландська біла та червона – 3,6 % і на частку інших порід припадає лише 2,0 % [1, 2]. Кролі мають високу плодючість і від однієї кролематки можна за рік отримати до 30 кроленят, що становить до 70 кг живої ваги м'яса. На виробництво 1 кг приросту витрачається приблизно 3 кг корму, тому вирощування кролів є економічно вигідним [5]. Завдяки інтенсивному обміну речовин кролі досягають забійної маси (1,8-2,5 кг) у віці 3-4 місяці.

М'ясо є найголовнішим постачальником білку, тому що містить життєво необхідні для розвитку тканин організму людини амінокислоти. За вмістом білка воно поступається лише індишатиці. Кролятина – це тонковолокнисте м'ясо, яке має високу вологозв'язуючу дію, володіє високими смаковими та поживними властивостями, воно легко засвоюється організмом людини та найбільш легко переварюється. Воно ніжне, має невелику кількість сполучної тканини, що збільшує його харчову цінність та засвоюваність білків м'яса. Кролятина – нежирна, соковита, повноцінна на вміст незамінних амінокислот. За складом азотистих речовин кроляче м'ясо дуже схоже на курятину, а за кількістю жиру та по калорійності перевершує його. У ньому велика кількість білку (близько 20%), засвоюваність якого складає 96%, а жиру в ньому 6-8%. Енергетична цінність на 100 г кролятини складає 183 ккал. Незначна кількість холестерину дає можливість вважати кролятину дієтичним м'ясом. У ньому близько 25 мг холестерину на 100 г продукту, тоді як у яловичині – 35–50 мг, курятині – 40–90 мг. Кролятина відноситься до білого м'яса, яке багате вмістом вітамінів групи В, РР, А, аскорбінової і ніотинової кислот і мінералів (залізо, кобальт, фтор) [2].

На якість м'яса кролів впливають різні внутрішні та зовнішні фактори, а також вік тварини. З віком значно змінюється хімічний склад кролятини: підвищується його енергетична цінність і знижується вологість. Унаслідок збільшення виходу м'язів і вмісту жиру, зменшення виходу кісток з віком підвищується м'ясність тушок і вихід їстівних частин [2].

Також значну цінність у кролячому м'ясі мають амінокислоти. Їх нараховується близько 19 видів, включаючи всі незамінні амінокислоти. Найбільше в складі м'яса є лізину (10,43%), метіоніну (2,37%) та триптофану (1,55%). Досить цінним є те що при паровій обробці м'яса не змінюється якісний склад амінокислот, а лише їх кількість [4].

М'ясо кролів має найвищий вміст білка та найменшу кількість жиру, порівняно з іншими видами (табл. 1). М'ясо птиці I категорії містить найбільше жиру, але має високий вміст білка, тому є хорошим джерелом енергії. Жирна свинина має найбільший вміст вологи та золи, але порівняно нижчий вміст білка.

Таблиця 1. Порівняльний хімічний склад м'яса кролів, птиці та нежирної свинини

Види м'яса	Масова частка, %			
	Волога	Білок	Жир	Зола
М'ясо кролів	66,9±1,30	20,5±1,10	9,8±0,90	1,25±0,18
М'ясо птиці I категорії	63,9±1,40	20,3±1,00	13,9±0,10	1,22±0,15
Свинина нежирна	67,8±1,30	17,2±0,90	10,0±1,00	1,5±0,17

Джерело: сформовано за даними [1]

Таким чином, вибір виду м'яса залежить від потреб споживача: для дієтичного харчування краще підійде м'ясо кролів, тоді як м'ясо птиці буде корисним для людей, яким потрібна більша енергетична цінність.

Якість м'яса та його харчова цінність залежать від співвідношення тканин (жирова, м'язова, сполучна та кісткова), які належать до його складу. М'язова тканина володіє найбільшою поживною цінністю, найменшою – сполучна,

кісткова тканина зменшує харчову цінність м'яса, а жирова робить його висококалорійним продуктом, що надає особливий смак та аромат.

М'язові волокна у молодняка кролів ростуть приблизно до 135-денного віку, надалі їх ріст притупляється. Сполучна тканина в кролятині присутня в незначній кількості, внаслідок чого м'ясо ніжне та соковите. При вивченні товарознавчих характеристик м'яса кролів в залежності від статі, віку та вгодованості тканинний склад тушок наступний: м'язова тканина – 69,7%, жирова – 5,8%, кісткова – 15,7%, сполучна – 8,8%.

Щоб зберегти поживні властивості кролятини, важливо правильно її обробляти та готувати. М'ясо рекомендується зберігати в холодильнику не більше 2-3 днів або заморожувати для тривалого зберігання. Найкращими способами приготування є варіння, тушкування або запікання, оскільки вони мінімізують втрату вітамінів і мінералів. У французькій кухні популярне рагу з кроля з вином і овочами, в італійській – кролятина з травами, а в українській традиції її часто готують із сметаною чи часником. Такі страви не лише смачні, але й корисні.

Висновок. М'ясо кроля характеризується невисоким вмістом жиру, містить багато білка та незамінних амінокислот, містить мало холестерину.

З віком значно змінюється хімічний склад кролятини: підвищується його енергетична цінність і знижується вологість.

Якість м'яса та його харчова цінність залежать від співвідношення тканин (жирова, м'язова, сполучна та кісткова), які належать до його складу.

Список використаної літератури

1. Коцюбенко Г. А. Науково-практичні методи підвищення продуктивності кролів: монографія. Миколаїв: МНАУ. 2013. 191 с.
2. Пабат В. О., Вінничук Д. Т., Гончаренко І. В., Агій В. М. Кролівництво з основами генетики та розведення: навчальний посібник. Київ : Видавництво Ліра-К. 2018. 164 с.
3. Про користь м'яса кроля. URL: <http://www.krolikoff.com.ua/uk/customers-o-polze-myasa-krolikov> (дата звернення: 01.04.2025).
4. Якубчак О. М. Ветеринарно-санітарна експертиза з основами технології і стандартизації продуктів тваринництва. За ред. О. М. Якубчак, В. І.Хоменка. Київ. 2005.800 с.
5. Якубчак О. М., Олійник Л. В., Мельничук С. Д. та ін. Практикум з ветеринарно-санітарної експертизи з основами технології та стандартизації харчових продуктів. Київ: «Біофарм». 2012. 256 с.

Богдан ШЕЛЕСТ⁷,
магістр 1-го року навчання,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ЗАГОТІВЛІ ВИСОКОЯКІСНОГО СИЛОСУ

***Анотація.** Встановлено, що для того щоб одержати силос доброї якості і зменшити втрати поживних речовин в процесі закладання, бродіння і зберігання кормів, слід суворо дотримуватись основних правил техніки силосування. Якість силосу залежить від здатності рослин до силосування, закладання рослинної маси з оптимальною вологістю, достатнього подрібнення, швидкого безперервного завантаження силосних споруд, ущільнення, раціонального використання силосних споруд, своєчасного вкриття.*

***Ключові слова:** силос, консервування, поживна цінність, якість, технологія.*

***Annotation.** It has been established that in order to obtain good quality silage and reduce nutrient losses during the process of laying, fermentation and storage of feed, the basic rules of ensiling technology should be strictly observed. The quality of silage depends on the ability of plants to ensile, laying plant mass with optimal moisture, sufficient grinding, rapid continuous loading of silo structures, compaction, rational use of silo structures, timely covering.*

***Keywords:** silage, canning, nutritional value, quality, technology.*

Вступ. Силосування – біологічний спосіб консервування кормів, який полягає у зброджуванні бактеріями цукрів рослин до органічних кислот, завдяки чому утворюється кисле середовище (рН 4,0-4,2), за якого засилосована маса без доступу повітря добре зберігається.

За даними Бомко В.С., Бабенко С.П., Москалик О.Ю. [1], силос – це соковитий корм, виготовлений із свіжоскошеної або підв'яленої до 60 % зеленої маси, законсервованої в анаеробних умовах за рахунок спонтанного бродіння або з додаванням консервантів. Суть силосування полягає в перетворенні мікроорганізмами цукрів корму у молочну, оцтову та інші кислоти, внаслідок чого, у масі, що силосується, утворюється середовище із рН 4,0-4,2. Мінімальний вміст цукру, що забезпечує нагромадження кислот у силосній масі до рН 4,2 називається цукровим мінімумом.

Залежно від співвідношення фактичного вмісту цукру та його необхідного мінімуму всі рослини поділяють на такі, що легко силосуються, важко

⁷Науковий керівник: к. с.-г. наук, доцент кафедри технології розведення, виробництва та переробки продукції дрібних тварин ВНАУ Огороднічук Г.М.

силосуються і зовсім не силосуються. До рослин, що добре силосуються, належать: кукурудза, сорго, суданська трава, топінамбур, коренеплоди, баштанні культури, злакові трави, зелена маса жита, пшениці, вівса, гичка буряків, у них вміст цукрів у 1,7 рази більший від цукрового мінімуму.

Важко силосуються - частина бобових (конюшина, буркун, люпин, горох у фазі цвітіння), могар, осоки. У цих рослин вміст цукру знаходиться на рівні цукрового мінімуму і під час силосування необхідно ретельно дотримуватися технології заготівлі корму. Не силосуються - люцерна, соя, чина, кропива, в яких вміст цукру нижчий за цукровий мінімум, тому їх можна засилосувати лише в суміші (1:1) із рослинами, що легко силосуються або додаючи консерванти [4].

Силосування є одним з найбільш широко поширених і економічно доступних способів заготівлі соковитих кормів. Якщо за природної сушки рослин на сіно втрати поживних речовин досягають більше 30%, то внаслідок силосного бродіння втрати, як правило, складають всього 10-15%. За правильного силосування утворюється менше відходів, ніж при природній сушці. Він є найдешевшим соковитим кормом, добре поїдається тваринами. Застосовуючи прогресивні прийоми закладки та зберігання силосу, втрати поживних речовин можна скоротити до 10-15% від вмісту їх у вихідній рослинній масі [7].

В структурі поживності високопродуктивних корів силос займає від 40 до 60 % усієї продуктивної енергії раціону. Це означає, що якість силосованого корму практично на половину визначає продуктивність тварин з точки зору оптимізації їх годівлі. Використання силосу високої якості стимулює молокоутворення і сприяє збереженню здоров'я тварин на тривалий час [5].

Силос, заготовлений із сировини підвищеної вологості містить специфічний продукт розпаду білків - гістамін, який різко погіршує його смакові якості, що зменшує його поїдання, а також призводить до порушення сичужної секреції та зниження моторики кишечника. Під час силосування зеленої маси вологістю понад 70-75%, втрати поживних речовин підвищуються до 11 - 14 % [7].

Метою досліджень було дослідити технологічні особливості заготівлі високоякісного силосу.

Виклад основного матеріалу. Технологічний процес силосування складається із скошування, подрібнення рослинної маси, завантаження її у транспортні засоби, транспортування; закладання в сховища і трамбування; герметизації.

Для більшості господарств в Україні основною культурою для силосування є кукурудза; гарний силос також отримують із сумішей бобово-злакових трав, однорічних та багаторічних злаків. Важливо правильно визначити оптимальні строки збирання. Для кукурудзи – це фаза молочно-воскової стиглості; для сумішей бобових та зернових – це початок воскової стиглості; для однолітніх злакових трав – це фаза колосіння [6, 7].

Як стверджують Далиненко Й.А., Перевозіна К.О. [2]. Важливу роль для отримання якісного силосу відіграє ефективність процесу ферментації. У

силосній масі вона проходить тим краще, чим швидше було створено без кисневі умови. Для забезпечення такого середовища, в якому можуть успішно розвиватися корисні молочно-кислі бактерії, важливими є декілька аспектів: подрібнення зеленої маси, її ущільнення та укриття. Довжина подрібнення сировини напряду залежить від її вологості – чим сухіша маса, тим коротшою вона має бути. Саме такий підхід дозволяє забезпечити її подальше ущільнення.

Силос також повинен забезпечувати достатню структурність корму, тож надто дрібного порізу слід також уникати. Загалом довжина нарізання зеленої маси, залежно від її характеристики, коливається від 2 см (за вологості до 70%) до 5 см (за вологості близько 80%). Великі частинки сухої речовини є вкрай небажаним, оскільки у разі ущільнення вони спрацьовують як подушка і не дозволяють отримати високу ступінь ущільнення, а кисень, який залишається навколо них, створює гарне середовище для розвитку гнилісної мікрофлори. Такий корм також втрачатиме поживність і набагато гірше споживатиметься тваринами через поганий смак та запах, не кажучи вже про небезпечність виникнення захворювань [1].

Важливим чинником, що впливає на якість силосу, є вологість силосованої маси. За вологості 60-65% більшість силосних культур добре силосується, за винятком зеленої маси з молодих трав із високим вмістом протеїну (люцерна, соя та ін.). Втрати під час силосування таких культур невеликі, вони не перевищують 10 %. Одночасно із збільшенням вологості посилюється дія шкідливих мікроорганізмів і, відповідно, збільшуються втрати від так званого «угару маси»,

При вологості 60-70% рослини подрібнюють на частки не більше 2 см завдовжки, при 70- 80% - 5-7 см, 80-85% - 8-10 см [5, 9].

На якість силосування впливає вміст буферних речовин в кормах (протеїну, мінеральних солей). Ці «буфери» нейтралізують органічні кислоти, що утворюються в процесі бродіння цукрів. Чим вищі буферні властивості, тим більше потрібно кислот для утворення необхідного рН і цукру для їх утворення. Тому важливим показником силосованості рослин є відношення цукру до протеїну. Сировина з цукропротеїновим відношенням 0,7-1,5 : 1 силосується добре, 0,50,7: 1 – погано; менше 0,5: 1 – не силосується [2].

Силос включають в раціони всіх сільськогосподарських тварин. Він викликає апетит, володіє молокогінними властивостями, тому особливо широко його використовують при годівлі молочної худоби. У силосі на 50- 60% зберігається вітамін С, а вміст каротину в 1 кг сухої речовини хорошого силосу досягає 100 мг. Він сприяє кращому засвоєнню грубих кормів. Для силосування використовують самі високоврожайні кормові культури і поряд з цим всілякі відходи рослинництва, а також іншу рослинність (нетрадиційні культури), яка в зеленому вигляді тваринами не поїдається [1].

Перетравність основних речовин силосу з кукурудзи становить: органічної речовини – 71%, протеїну – 61%, жиру – 70%, клітковини – 70%. Кукурудза містить багато вуглеводів і жирів, але бідна на протеїн. Одна кормова одиниця перетравного протеїну в зеленій масі містить близько 70 г, у силосі – 60–65%.

Підвищити кормову цінність силосу можна, вирощуючи кукурудзу в сумісних посівах із зернобобовими культурами, збалансованими за вмістом білка, насамперед з соєю. Однак така технологія потребує додаткових виробничих витрат, тобто підвищує собівартість силосу.

Поживна цінність силосу також залежить від ступеня ущільнення маси, тривалості завантаження силосної споруди, герметизації. Тривалість завантаження сховища не повинна перевищувати 3-5 днів, трамбувати силос потрібно гусеничними тракторами по всій площі траншеї, для герметизації використовувати поліетиленову плівку [3].

Для одержання силосу високої якості масу необхідно ретельно трамбувати важкими тракторами. Товщина шару ущільненої маси, яку щоденно закладають, має бути 80 – 90 см. При цьому в ній зберігається максимальна кількість вуглекислого газу, не надходить кисень, рослинні клітини швидко відмирають і температура силосо-ваної маси не піднімається вище 35 – 37 °С.

Суттєвий вплив на процес силосування має ступінь подрібнення маси, що робить сировину сипкішою, прискорює виділення клітинного соку, сприяє кращій герметизації, скорочує період дихання рослинних клітин, обмежує тривалість життєдіяльності небажаної мікрофлори.

Важливим чинником для отримання високоякісного силосу є вологість маси, яку силосують. Якщо вологість нижча за 75 %, рослини подрібнюють на часточки завдовжки 1 - 2 см, 75 - 80 - 5 - 6 і понад 80 % - 8 - 12 см за умови, що стебло не дуже грубе, оскільки тоді залишається багато з'їдів. Дозріває кукурудзяний силос через 4-6 тижнів після закладання (3 тижні – це самий мінімум) [7].

Важливою умовою успішного силосування й збереження поживних речовин у силосі є ізоляція його від повітря (герметизація). Чим швидше буде витіснений кисень із силосної маси та обмежене його надходження, тим менше поживних речовин буде витрачено на процеси дихання і тим інтенсивніше відбуватиметься молочнокисле бродіння.

Показником ступеня герметизації силосної маси є температура. За дотримання правил закладання, ущільнення та укривання силосу самозігрівання маси, яке відбувається внаслідок дихання рослинних клітин і життєдіяльності бактерій, не досягає вище 35-37° С. Нагрівання силосної маси вище цієї температури призводить до збільшення втрат поживних речовин (насамперед цукру, вітамінів та білка) і до різкого зниження перетравності протеїну. Перегріти силос має бурий колір, набуває запаху свіжоспеченого хліба чи меду. Його охоче поїдають тварини, хоча його поживна цінність дуже низька [9].

Після закінчення завантаження та трамбування масу ретельно вкривають поліетиленовою плівкою, шаром соломи, торфу, землі тощо. Якщо вкривають плівкою й соломою, то плівку посипають негашеним вапном, щоб її не псували гризуни.

Поряд з траншейним способом силосування проводять в полімерні рукави, рулони і тюки. Ці технології вимагають спеціальних машин з пресуючими валами, в які завантажують плівкові рукави. Успішно зберігати або консервувати

в плівкових рукавах можна майже всі кормові засоби (трав'яні і силосні культури, вологе зерно, подрібнені качани кукурудзи, свіжий жом і ін.). Основоположником даної технології є фірма АГБАГ (Німеччина), якою розроблені і технічні засоби для її здійснення [5].

Для того щоб технологія працювала ефективно, необхідно дотримуватися кількох правил. Маса, що силосується повинна подрібнюватися до частинок розміром 2-4 см, а вміст сухої речовини в ньому має становити 28-35%. Відхилення в нижню або верхню сторону пов'язані з компромісами і ризиком [6].

Висновки. Силосування - це біологічний спосіб консервування кормів. Процес силосування складається з таких технологічних операцій: - скошування, - подрібнення маси, - навантаження її на транспортні засоби, - транспортування, - закладання в сховище з одночасним ущільненням, - герметизація сховища.

Суть силосування полягає у зброджуванні бактеріями цукрів корму до органічних кислот (переважно молочної), завдяки чому утворюється кисле середовище (рН 4,0 - 4,2), за якого засилосована маса без доступу повітря добре зберігається.

Список використаної літератури

1. Бомко В.С., Бабенко С.П., Москалик О.Ю. Годівля сільськогосподарських тварин: підручник. К. 2010. 278 с.
2. Даниленко Й.А., Перевозіна К.О., Польщикова М.В. Силосування та консервування кормів. К.: «Урожай». 1982. 184 с.
3. Дурст Л., Виттман М. Кормление сельскохозяйственных животных. Вінниця: Новая книга. 2003. 384 с.
4. Зінченко О. І. Кормовиробництво: навчальне видання. К.: Вища освіта. 2005. 448 с.
5. Ібатуллін І. І., Мельник Ю. Ф., Отченашко В. В., та ін. Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин: навчальний посібник. Під ред. академіка НААН України І.І. Ібатулліна. К.. 2015. 422 с.
6. Калетник Г. М., Кулик М. Ф., Петриченко В. Ф. та ін. Основи перспективних технологій виробництва продукції тваринництва. Вінниця: «Енозіс». 2007. 584 с.
7. Кулик М. Ф. Консерванти і поживність кормів. К.: «Урожай». 1992. 208 с.
8. Проваторов Г. В., Проваторова В.О. Годівля сільськогосподарських тварин: Підручник. Суми: ВТД «Університетська книга». 2004. 510 с.
9. Сироватко К. М., Зотько М. О. Технологія кормів та кормових добавок: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ. 2020. 263 с.

Анастасія КУЧЕРЯВА⁸,
студентка 3-го курсу
факультету технології виробництва,
переробки та робототехніки в тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ВИРОЩУВАННЯ ТА ГОДІВЛЯ КОРОПА

Анотація. У статті представлено особливості травної системи й слабе виділення інсуліну, який бере участь у вуглеводному обміні, вуглеводи слабо засвоюються коропом. Але все-таки вуглеводи в кормах для риб є джерелом енергії. З вуглеводів для коропа основне значення мають: рибоза, глюкоза, фруктоза, галактоза. Вітаміни є незамінними речовинами в харчуванні коропа. Підтримують обмінні процеси в організмі риби, синтез ферментів, поліпшують засвоєння їжі. Для збагачення кормів найкраще використовувати премікси, спеціально розроблювальні для рибних комбікормів. Отже, збалансування раціону коропа є важливим фактором для його подальшого росту і розвитку, а також головним аспектом в нормуванні годівлі.

Ключові слова: короп, вирощування, годівля, статеві зрілість, нерест.

Annotation. The article presents the features of the digestive system and the weak secretion of insulin, which is involved in carbohydrate metabolism, carbohydrates are poorly absorbed by carp. But still, carbohydrates in fish feed are a source of energy. Of the carbohydrates for carp, the following are of primary importance: ribose, glucose, fructose, galactose. Vitamins are indispensable substances in the diet of carp. They support metabolic processes in the fish body, the synthesis of enzymes, and improve the absorption of food. To enrich the feed, it is best to use premixes specially developed for fish feed. Therefore, balancing the diet of carp is an important factor for its further growth and development, as well as the main aspect in the rationing of feeding.

Key words: carp, cultivation, feeding, sexual maturity, spawning.

Вступ. Короп – один із тих небагатьох об'єктів рибництва, для одержання товарної продукції яких розроблено широкий спектр технологій: від екстенсивних, з мінімальним втручанням людини у процес формування рибопродуктивності водойми, до інтенсивних, з максимально контрольованими умовами виробництва продукції [1].

(*Cyprinus carpio*) – поширена прісноводна промислова риба родини коропових. Зазвичай характеризується як вид-вселенець, що походить з Азії. Інтродукований до багатьох районів світу, вдало натуралізувався в водоймах Європи. Одомашнена форма цієї риби є одною з найпоширеніших промислових

⁸Науковий керівник: Віта Главатчук, кандидат с.-г. наук, старший викладач кафедри технології розведення, виробництва та переробки продукції дрібних тварин ВНАУ

риб в рибних господарствах помірного поясу, декоративною формою одомашненого коропа є парчевий короп (рис. 1).



Рис 1. Зовнішній вигляд коропа

Довжина тіла коропа до 1 м, жива маса може сягати понад 20 кг. Найбільші особини сягають більше 45 кг (поточний світовий рекорд – 45,9 кг) [5].

Тіло товсте, спина широка. Плавці – від світло-коричневого та червоного до чорного кольору. Луска може бути різних розмірів та кольору. Є різновиди лише частково вкриті лускою (дзеркальний короп), або зовсім без луски, досягає статевої зрілості на 3-5-му році життя. Нерест у травні за температури води 17 °С. Плодючість понад 800 тис. ікринок, які відкладаються в неглибоких ділянках на трав'янисті рослини. Плідники найпродуктивніші у віці від 6 до 9-11 років, після чого їх вибраковуюють [4].

Пошук корму короп веде з допомогою зору, нюху і дотику. Важливе значення має смак корму.

Мальки живляться інфузоріями, дрібними ракоподібними, згодом – личинками комах, червами, моллюсками, рідко рослинами; дорослі коропа – всеїдні.

Короп – один з основних об'єктів тепловодної аквакультури. В Україні виведено дві породи: український лускатий і український рамчатий коропа та 3 типи в межах порід: український лускатий нивківський, український лускатий любінський та український рамчатий люблінський, добре росте за нейтральної або слабколужної реакції середовища з показниками (рН) води 7-8. Кисле середовище – (рН – 5,5 одиниць і нижче) пригнічує його життєдіяльність, в організмі риби спостерігаються порушення обміну речовин. Підвищення показника (рН) води за межі 9 одиниць також згубне для даного виду риби [3].

На ранніх етапах розвитку живиться зоопланктоном. У перші дні мальки споживають дрібні його форми (коловертки, моїни), а у подальшому переходять на споживання більших форм зоопланктону (дафнії, церіодафнії, циклопи тощо). В кінці вегетаційного сезону на першому році життя переходить на споживання організмів зообентосу, у старших вікових груп коропа в живленні переважають організми зообентосу (личинки хірономід, олігохети, моллюски). За їх дефіциту

він переходить на живлення іншими гідробіонтами, в тому числі великими формами зоопланктону, макрофітами, а також детритом; добре пристосований до поїдання комбікорму та зерна хлібних злаків [11].

Мета статті полягає у з'ясуванні особливостей вирощування та годівлі коропа.

Виклад основного матеріалу. Потенційні можливості росту у коропа досить високі. За сприятливих умов утримання короп може досягати маси від 1,0-1,5 кг на першому році життя до 2-3 кг на другому [4].

Короп – плодюча й швидкоростуча риба, яка має добрі смакові якості. Вихід м'яса у дворічок коропа в середньому становить 47%. М'ясо містить значну кількість білків (до 16-17%), за кількістю жирів (10-11%) належить до жирної риби. Засвоюється м'ясо коропа організмом людини на 92-93%.

Короп – поліфаг, відноситься до бентосоїдних риб із широким спектром живлення і безперервним споживанням корму. Дорослі риби можуть використовувати детрит і рослинність, що є основою для використання кормів рослинного походження при його вирощуванні. Все травлення проходить у кишечнику в лужному або близькому до нейтрального середовищі (рис. 2).

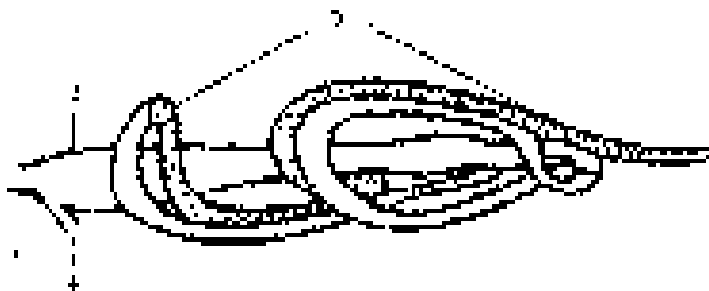


Рис 2. Травний тракт коропа

де 1 – стравохід; 2 – передня розширена частина кишечника (бульба); 3 – петлі середньої і задньої частини кишечника; 4 – гепатопанкреотична протока.

Будова ротової порожнини та відсутність щелепних зубів і слини виключають можливість суттєвої переробки корму в роті. Корм короп подрібнює з допомогою глоткових зубів, які здатні перетирати тверді частинки до дуже дрібних розмірів, під час захоплень і випльовувань, що повторюються багато разів.

Із глотки корм потрапляє у короткий стравохід, а потім – у кишечник. Кишечник у коропа – це довга, у передній частині значно розширена, а потім поступово звужена трубка, що утворює 8 петель. Довжина кишечника перевищує довжину тіла у 2 – 3 рази. Слизова оболонка на його поверхні утворює сітчасту структуру. Висота і кількість складок в передньому відділі приблизно вдвічі більша, ніж у наступному. Складки збільшують поверхню всмоктування кишечника у 9 – 12 разів [2, 14].

Проковтнутий корм швидко вступає в контакт з жовчю і травними соками, перетворюючись у хімус. Процес травлення проходить в середовищі з високим

та відносно постійним вмістом води – 79 – 89 %. Реакція середовища знаходиться у межах рН 6,1 – 7,6.

Головне джерело ферментів – підшлункова залоза. Вона вміщена у тканини печінки і зустрічається скрізь, де є гілки ворітної вени, та супроводжує кишечник аж до анального отвору. Головна протока підшлункової залози впадає разом з загальною жовчною протокою одразу за стравоходом.

Велику роль у травленні відіграє печінка. Жовч виділяється безперервно, а при відсутності корму концентрується у жовчному міхурі. Жовч бере участь у всмоктуванні жирів, стимулює секреторну функцію підшлункової залози та тонус і моторику переднього відділу кишечника й перешкоджає розвитку гнилісної мікрофлори [6].

Рецептура комбікормів для коропа багато років залишається найактуальнішим питанням. Практично в усіх дослідницьких організаціях працюють над тим, як зробити корми добрими і дешевими. Добрі корми – це корми повноцінні, збалансовані за білками, жирами, вуглеводами і біологічно активними речовинами. Але такі корми дорогі, а найдорожчий компонент у них – білок, тому й проводиться пошук синтетичних білкових речовин. У вартісному відношенні питання зводиться до визначення оптимального мінімуму білкової цінності комбікорму. У ставових умовах не вигідно застосовувати абсолютно повноцінні кормосуміші протягом усього періоду годівлі [7, 13].

Використання кормів при виробництві рибопосадкового матеріалу, товарної риби, формуванні й утриманні ремонтно-маточних стад є визначальним фактором сучасного рибництва. Водночас отримання високоякісних кормів потребує вихідної сировини, яка характеризується багатокомпонентністю і є досить витратним виробництвом [9].

Останнє споживає значні обсяги енергоносіїв, що істотно відбивається на собівартості кормів. З нарощуванням обсягів виробництва риби досить тісно пов'язане підвищення інтенсивності годівлі, зростання вартості комбікормів у зв'язку з необхідністю їх збагачення протеїном за рахунок компонентів тваринного походження. Все це робить частку витрат підприємства на годівлю риби досить вагомою, великою мірою визначає собівартість продукції і впливає на ціноутворення [10].

Таблиця 1. Природна рибопродуктивність коропа для лісостепової зони кг/га

Зона України	Ґрунти				
	Високо- продуктивні	Середньо- продуктивні	Низькопродуктивні		
			Галькові	Торф'яні	Піщані, солон- чаки
Лісостеп	240	200	80	100	120

Кількість корму, розрахована згідно з нормами і згодовувана рибі, за інших однакових факторів, залежить від площі водойми і може досягати декількох десятків тонн на добу. У цьому разі потрібно як найчіткіше визначити, як

ефективніше згодувати комбікорми, які технологічні схеми і механізми слід застосовувати для їх роздавання. Комбікорми у ставових господарствах згодовують на кормових місцях, з берегової лінії, з човна, за допомогою автогодівниць, або на кормових доріжках, використовуючи при цьому кормороздавачі різних конструкцій [12].

Згідно з рибницько-біологічними нормами, для експлуатації ставових господарств середня маса дволіток коропа при відповідній тривалості вегетаційного сезону у господарствах різних зон становить 350-500 г. При щільності посадки риби 2-3 тис. шт./га розпочинати годівлю коропа слід у другій декаді червня при температурі води 18-21 °С. При цьому рибу можна годувати одноманітним кормом, оскільки необхідні поживні речовини вона буде одержувати з природним кормом. Добовий раціон у, період максимально інтенсивної годівлі становить 8, а іноді; збільшується до 12-15 % від маси риби.

Від підготовки корму до згодовування багато в чому залежить успіх самого процесу годівлі так як риба краще споживає підготовлений корм. В умовах аграрних підприємств, де коропа згодовують різні відходи, їх бажано подрібнити, а потім замішати у вигляді крутого тіста. Розмелюють корми на кормодробарках, універсальних млинах та інших механічних агрегатах. Замішане тісто готують па різних кормозмішувачах. Замішують його в чанах, діжках та іншому посуді. З метою зменшення втрат при опусканні подрібненого корму у воду в кормові суміші додають по можливості в'язучі компоненти: лляну, макуху, борошністі змети (15–20%). Для підрослого дворічного коропа, який досяг маси 150–200 г можна згодовувати ціле зерно [15].

У процесі вирощування риби не слід різко змінювати якість корму, можна лише поступово від гранульованих комбікормів переходити до зерна, тістоподібного корму і навпаки. При зміні корму необхідно враховувати вік та інтенсивність росту риби, час року [6].

Висновок. Таким чином, на основі отриманих результатів можна зробити такі висновки:

Тваринні компоненти корму, які є природними для харчування коропа, практично не містять клітковини, тому при виборі штучних кормів необхідно враховувати їх вміст.

У зв'язку з особливостями травної системи й слабким виділенням інсуліну, який бере участь у вуглеводному обміні, вуглеводи слабо засвоюються коропом. Але все-таки вуглеводи в кормах для риб є джерелом енергії. З вуглеводів для коропа основне значення мають: рибоза, глюкоза, фруктоза, галактоза.

При годівлі коропа враховують вміст мінеральних речовин у воді водойми. При ставковому вирощуванні коропа старше вміст у кормах кальцію повинне бути не менш 1%, фосфору – 0,75. Звичайно в якості мінеральної підгодівлі до складу кормів вводять крейду в кількості 1-2%.

Для збагачення кормів найкраще використовувати премікси, спеціально розроблювальні для рибних комбікормів.

Отже, збалансування раціону коропа є важливим фактором для його

подальшого росту і розвитку, а також головним аспектом в нормуванні годівлі.

Список використаної літератури

1. Главатчук В. А. Раціоналізація технології вирощування коропа з рослиноїдними рибами у полікультурі. *Таврійський науковий вісник. Серія: «Сільськогосподарські науки»*. 2024. Вип. 137. С. 489 - 503.
2. Главатчук В. А. Особливості організації технології вирощування та природного нересту щуки. *Науковий вісник Львівського національного аграрного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. Т. 26. № 100. С. 238 - 246.
3. Главатчук В. А. Вплив пробіотичних препаратів на інтенсивність росту та гематологічні показники коропа. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: «Тваринництво»*. 2024. Вип. 2 (57). С. 46 - 55.
4. Гриценко В. Профілактика паразитарних захворювань риб в умовах промислового рибництва. *Збірник наукових праць НУБіП*. 2022. Т. 2. С. 89-93.
5. Зінченко О. М. Бактеріальні хвороби риб та їх профілактика. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 3. С. 73-80
6. Карпенко І. П. Сучасні методи профілактики хвороб риб у рибництві. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 8. С. 112-118.
7. Ковальчук І. М. Антибактеріальна терапія в профілактиці хвороб риб: сучасний стан та перспективи. *Збірник наукових праць НУБіП*. 2021. Т. 4. С. 103-108.
8. Кононенко Р. В., Шевченко П. Г., Кондратюк В. М., Кононенко І. С. Інтенсивні технології в аквакультурі: навчальний посібник. К.: «Центр учбової літератури». 2016. 410 с.
9. Косюк Т. Г., Гринчук Ю. Ю., Дмитрук І. В. Виробництво і використання комбікормів у годівлі риб. Якості, безпеки, виробництва та переробки продукції. К. 2016. 94 с.
10. Микитюк П. В., Джміль В. І., Букалова Н. В. та ін. Практикум з біології, патології та ветсанекспертизи прісноводної риби. Біла Церква. 2019. 160 с.
11. Сондак В. В., Грицик О. Б., Рудь О. Г. Інвазійні хвороби риб: навчальний посібник. Рівне: НУВГП. 2016. 145 с.
12. Тищенко О. В. Вірусні інфекції риб: розповсюдження та заходи боротьби. *Аграрна наука і техніка*. 2020. № 6. С. 65-72.
13. Поліщук В. М. Епізоотологічні особливості інвазійних захворювань риб у водоймах України. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2023. Вип. 1(45). С. 45-50.
14. Austin B. Bacterial Fish Pathogens: *Disease of Farmed and Wild Fish*. 6th ed. Springer. 2019. 552 p.
15. Bergmann S. M., Kempter J., Sadowski J., Fichter D. First detection, confirmation and isolation of koi herpesvirus (KHV) in cultured common carp (*Cyprinus carpio* L.) in Poland. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 2016. Vol. 26 (2). P. 97-104.

Лідія ПАВИЦЬКА⁹,
студентка 2 курсу
факультет ветеринарної медицини
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ПОШИРЕНІ ХВОРОБИ ОЧЕЙ У КОТІВ: СИМПТОМИ ТА МЕТОДИ ЛІКУВАННЯ

***Анотація.** У статті розглядаються найбільш поширені хвороби очей у котів, їх симптоми, причини виникнення та сучасні методи лікування. В останні роки зростає інтерес ветеринарної медицини до офтальмологічних захворювань у тварин, оскільки своєчасна діагностика й лікування можуть суттєво покращити якість життя пухнастих улюбленців. У статті наводяться клінічні прояви найпоширеніших офтальмологічних патологій, таких як кон'юнктивіт, катаракта, глаукома та кератит. Окрему увагу приділено факторам ризику, що сприяють розвитку цих захворювань, а також їх діагностиці за допомогою сучасних методів дослідження. Обговорюються традиційні та інноваційні підходи до лікування, включаючи медикаментозну терапію, хірургічне втручання та реабілітацію. Стаття також підкреслює важливість профілактичних заходів і регулярного ветеринарного контролю для збереження здоров'я очей у котів. Отримані результати можуть бути корисними для ветеринарних лікарів, власників котів, а також для науковців, які досліджують офтальмологію тварин.*

***Ключові слова:** коти, хвороби очей, офтальмологія, кон'юнктивіт, катаракта, глаукома.*

***Annotation.** The article discusses the most common eye diseases in cats, their symptoms, causes and modern methods of treatment. In recent years, the interest of veterinary medicine in ophthalmic diseases in animals is growing, as timely diagnosis and treatment can significantly improve the quality of life of furry pets. The article presents the clinical manifestations of the most common ophthalmic pathologies, such as conjunctivitis, cataracts, glaucoma, and keratitis. Particular attention is paid to risk factors contributing to the development of these diseases, as well as their diagnosis using modern methods research. Traditional and innovative treatment approaches are discussed, including drug therapy, surgery, and rehabilitation. The article also emphasizes the importance of preventive measures and regular veterinary control for conservation eye health in cats. The obtained results can be useful for veterinarians, cat owners, as well as for scientists who study animal ophthalmology.*

***Key words:** cats, eye diseases, ophthalmology, conjunctivitis, cataracts, glaucoma.*

⁹Науковий керівник: к. вет. н., доцент кафедри ветеринарної гігієни, санітарії і експертизи ВНАУ Колечко А.В.

Вступ. Офтальмологічні захворювання у котів є важливою темою в ветеринарії, оскільки вони можуть суттєво вплинути на якість життя тварин і призвести до серйозних ускладнень, якщо залишаться без належної уваги. Коти, завдяки своїй активній поведінці та природній цікавості, часто піддаються різноманітним травмам та інфекціям, що може спричинити проблеми з очима. Серед найпоширеніших захворювань можна виділити кон'юнктивіт, катаракту, глаукому та кератит, які мають різні етіології, симптоми та методи лікування. Розуміння цих захворювань є критично важливим для своєчасної діагностики та лікування, що, в свою чергу, сприяє збереженню зору та загального здоров'я котів. У даній статті ми розглянемо основні патології очей, їх симптоматику, механізми виникнення та сучасні підходи до лікування, що можуть допомогти ветеринарам і власникам тварин забезпечити належний догляд за їхньою зоровою системою.

Виклад основного матеріалу. Очі котів – це надзвичайно чутливий орган, який потребує особливої уваги. Травми, отримані під час бійок, або потрапляння шкідливих речовин можуть спричинити різноманітні захворювання. Серед найпоширеніших – кон'юнктивіт, дакриоцистит (запалення слізного мішечка) та глаукома. Крім того, проблеми з очима можуть бути симптомом серйозніших захворювань, таких як панлейкопенія, гепатит, пухлини або лептоспіроз. Оскільки причин може бути безліч, вкрай важливо звернутися до ветеринара для точної діагностики та призначення правильного лікування [1].

Найбільш поширені хвороби:

1. Кон'юнктивіт: запалення кон'юнктиви, яке може спричинити почервоніння, набряк, виділення з очей. Причини можуть бути інфекційними, алергічними або травматичними.

2. Катаракта: помутніння кришталика ока, що може призвести до втрати зору. Частіше спостерігається у старших котів або може бути наслідком травм чи захворювань.

3. Глаукома: підвищений тиск всередині ока, що може призвести до пошкодження зорового нерва і втрати зору. Симптоми можуть включати біль, сльозотечу та зміни в зовнішньому вигляді ока.

4. Увітрит: запалення середини ока, яке може бути викликане інфекціями, аутоімунними захворюваннями або травмами. Симптоми включають біль, сльозотечу та помутніння.

5. Кератит: запалення рогівки, яке може бути викликане інфекцією, травмою або наявністю чужорідного тіла. Признаками є почервоніння, сльозотеча і зміни в прозорості рогівки.

6. Блефарит: запалення повік, яке може вражати одне або обидва ока кота. Це досить поширене захворювання, яке може бути викликане різними факторами.

7. Заворот повік (ентропіон): стан, при якому край повіки, зазвичай нижньої, загортається всередину, до ока. Це призводить до того, що вії труться

об рогівку та кон'юнктиву, викликаючи подразнення, дискомфорт та потенційні ускладнення.

Визначити причину очних проблем у kota можна за характером виділень:

- Прозорі, водянисті виділення: часто свідчать про механічне пошкодження, травму або алергічну реакцію.

- Гелеподібні виділення: зазвичай є захисною реакцією організму на інфекцію або подразнення.

- Жовті, зелені або жовто-зелені виділення: вказують на бактеріальну інфекцію з гнійними виділеннями.

- Засохлі плями під очима: поширені у котів з плоскою мордою і є наслідком надмірної сльозотечі, що може бути пов'язана із закупоркою слізних каналів.

Незважаючи на наявність третьої повіки, яка захищає очі, коти все одно схильні до різних очних захворювань.

Кон'юнктивіт - запалення слизової оболонки ока, є однією з найпоширеніших очних хвороб у котів. Його можуть спричинити:

- нестача вітамінів;
- різноманітні інфекції;
- алергічні реакції;
- вплив хімічних подразників;
- механічні травми.

Основні симптоми кон'юнктивіту включають:

- гнійні або слизові виділення з очей;
- набряк і почервоніння слизової оболонки;
- неспокійну поведінку kota;
- часте тертя очей лапами;
- боязнь світла та примружування.

Власник kota може самостійно розпізнати кон'юнктивіт за цими ознаками.

Лікування кон'юнктивіту має проводитися лише під наглядом ветеринара, який визначить причину захворювання. Залежно від причини, ветеринар може призначити:

- антигістамінні препарати та краплі при алергічному кон'юнктивіті;
- противірусні препарати, такі як фоспреніл, при вірусній інфекції;
- антибіотики тетрациклінового ряду при хламідіозі або мікоплазмозі.

Для очищення очей від гнійних виділень рекомендується використовувати відвари лікарських трав, таких як ромашка, календула або звіробій. Примочки слід робити до повного зникнення виділень [2].

Катаракта – це помутніння кришталика ока, яке може бути як вродженим, так і набутим, часто з віком. При катаракті кришталик втрачає прозорість, стаючи частково або повністю каламутним. Основні причини розвитку катаракти включають:

- недостатнє зволоження кришталика;
- відкладення холестерину або інших речовин.

Симптоми катаракти:

- помутніння очей;
- поява сіруватого або блакитного відтінку;
- при повній катаракті кришталік набуває білого кольору з жовтуватим відтінком.

Основний метод лікування катаракти у котів – хірургічне втручання.

Глаукома – це серйозне захворювання очей у котів, що характеризується підвищеним внутрішньоочним тиском і збільшенням розміру очного яблука.

Існує дві форми глаукоми:

Первинна глаукома: виникає без попередніх захворювань ока.

Вторинна глаукома: розвивається внаслідок інших очних проблем, таких як травми кришталіка або увеїт.

Основні симптоми глаукоми:

- припухлість повік;
- косоокість;
- розширення зіниць;
- сильна сльозотеча;
- відсутність реакції зіниць на світло або препарати для звуження зіниць.

Лікування глаукоми: перед візитом до ветеринара можна застосувати препарати для зниження внутрішньоочного тиску, наприклад, фізостигмін. Однак, остаточне лікування повинен призначити лише ветеринар після огляду. Глаукома може призвести до сліпоти, тому важливо якомога швидше звернутися до ветеринара при перших симптомах. Лікування глаукоми може включати медикаментозну терапію або хірургічне втручання.

Увеїт – це запалення увеального тракту, середньої оболонки ока, яка включає райдужну оболонку, циліарне тіло та судинну оболонку. Це серйозне захворювання, яке може призвести до втрати зору, якщо його не лікувати. Увеїт може бути спричинений різними факторами, включаючи інфекції:

- Вірусні (наприклад, вірус котячого лейкозу, вірус котячого імунodefіциту, вірус котячого інфекційного перитоніту)

- Бактеріальні (наприклад, лептоспіроз, бартонельоз)

- Грибкові (наприклад, криптококоз, гістоплазмоз)

- Паразитарні (наприклад, токсоплазмоз)

- Травми:

- Удари

- Поранення

- Попадання сторонніх предметів

Аутоімунні захворювання:

- Ідіопатичний увеїт (причина невідома)

- Пухлини:

- Меланома

- Лімфома

Інші причини:

- Катаракта

- Глаукома

- Діабет

Симптоми увеїту можуть варіюватися залежно від тяжкості захворювання та його причини. До них належать:

- Почервоніння ока
- Звуження зіниці
- Сльозотеча
- Боязнь світла
- Помутніння ока
- Зміна кольору райдужної оболонки
- Біль в оці
- Зниження зору

Лікування увеїту залежить від його причини та тяжкості. Воно може включати: місцеві кортикостероїди (краплі або мазі); системні кортикостероїди (таблетки або ін'єкції); антибіотики або протигрибкові препарати (при інфекційних причинах), імуносупресивні препарати (при аутоімунних причинах); знеболюючі препарати; хірургічне втручання (у важких випадках)

Прогноз при увеїті залежить від причини та тяжкості захворювання. При своєчасному та правильному лікуванні більшість котів одужують. Однак, у важких випадках можлива втрата зору.

Кератит – це запалення рогівки ока, яке може проявлятися в різних формах, включаючи поверхневий, хронічний, дегенеративний, глибокий та виразковий.

Причини розвитку кератиту у котів різноманітні:

- механічні травми ока;
- ускладнення після інфекційних захворювань;
- наслідки глистової інвазії.

Симптоми кератиту включають:

- світлобоязнь;
- надмірну слезотечу;
- гнійні виділення з очей;
- почервоніння кон'юнктиви;
- помутніння рогівки;
- набряк кровоносних судин навколо рогівки;
- появу більма.

Лікування кератиту у котів повинно проводитися виключно під наглядом ветеринарного лікаря. У випадках хронічного дегенеративного кератиту може знадобитися хірургічне втручання.

Рання діагностика та своєчасне лікування кератиту допоможуть уникнути серйозних ускладнень, включаючи втрату зору.

Не займайтеся самолікуванням, оскільки це може погіршити стан тварини.

Блефарит – це запалення країв повік, яке часто зустрічається у котів. Воно може бути спричинене різними факторами, такими як:

- нестача вітамінів;
- механічні подразнення;
- бактеріальні або вірусні інфекції.

Основні симптоми блефариту включають:

- почервоніння та набряк повік;
- свербіж, що змушує кота терти очі лапами;
- випадіння вій;
- накопичення гнійних виділень у куточках очей.

Якщо не розпочати лікування вчасно, на повіках можуть утворитися гнійні виразки. Блефарит – це серйозне захворювання, яке вимагає ретельного догляду та тривалого лікування.

Лікування блефариту у котів: при появі симптомів необхідно негайно звернутися до ветеринарної клініки для огляду. Ветеринар призначить необхідні препарати та надасть інструкції щодо їх застосування. Щодня потрібно очищати повіки від лусочок та кірочок за допомогою ватного тампона, змоченого у теплому слабкому розчині соди. Після очищення очей необхідно закапати призначені ветеринаром краплі та змастити краї повік синтоміциновою або тетрацикліновою маззю. Важливо дотримуватися рекомендацій ветеринара та не займатися самолікуванням. Регулярне очищення очей допоможе запобігти ускладненням та прискорити одужання. Слідкуйте за гігієною кота та уникайте факторів, що можуть спричинити подразнення очей [3].

Заворот повік – це стан, коли край повіки кота загинається всередину, що призводить до травмування рогівки та кон'юнктиви ока. Ця проблема може виникати через вроджені аномалії або бути наслідком хронічного кон'юнктивіту. Особливо схильні до цього захворювання коти перської породи [4].

Основні симптоми завороту повік у котів:

- Звуження очної щілини.
- Помутніння рогівки.
- Постійна сльозотеча.
- Кон'юнктивіт.
- Кератит.

Єдиним ефективним методом лікування завороту повік є хірургічне втручання. Для ефективного лікування очних захворювань у котів слід дотримуватися трьох важливих порад:

1. Збалансоване харчування: включіть до раціону кота комплекс вітамінів і мінералів, таких як фосфор, кальцій, марганець, цинк та інші. Це допоможе зміцнити організм і прискорити одужання.

2. Фітотерапія: використовуйте відвари лікарських трав, таких як шипшина, календула, подорожник, айр, кульбаба та інші. Перед застосуванням трав'яних відварів обов'язково проконсультуйтеся з ветеринаром.

3. Правильне використання медикаментів: ніколи не використовуйте очні краплі, призначені для людей або інших тварин [5].

Висновки. Дослідження поширених хвороб очей у котів демонструє значну різноманітність захворювань, які можуть впливати на здоров'я і якість життя наших вихованців. Часті недуги, такі як кон'юнктивіт, катаракта, ячмінь та алергії, потребують уважності з боку власників та ветеринарів, оскільки

своєчасна діагностика і лікування можуть суттєво зменшити ризики ускладнень, які можуть призвести до серйозних проблем із зором або навіть втрати зору.

Належну увагу слід приділяти симптомам, таким як почервоніння, виділення, свербіж, та інші зміни у поведінці, оскільки вони можуть свідчити про наявність патологій. Діагностика, що включає клінічний огляд та відповідні лабораторні дослідження, є ключовою для виявлення специфічних хвороб і підбору ефективного лікування.

Лікування хвороб очей у котів зазвичай може бути консервативним, з використанням медикаментозної терапії, але іноді може вимагати хірургічного втручання. Важливість своєчасного звернення до ветеринара та регулярних профілактичних оглядів не можна недооцінювати.

Отже, обізнаність власників котів про поширені хвороби очей і їх симптоми є критично важливою для забезпечення здоров'я та добробуту домашніх улюбленців. Проведення подальших досліджень у цій області може сприяти розвитку нових методів профілактики та лікування, підвищуючи якість життя котів та їхніх власників.

Список використаної літератури

1. Demir A., Sensoy S. Corneal Diseases in Cats: A Retrospective Study of Cases (2015-2020). *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*. 2023. Issue 74(2). P. 5583–5598. <https://doi.org/10.12681/jhvms.28242>

2. Юзлов Є.В. Порівняльна ефективність різних методів лікування кон'юнктивітів у собак та котів. Міжнар. наук.-практ. конф. магістрантів "Наукові пошуки молоді у XXI столітті". *Актуальні проблеми ветеринарної медицини*. Біла Церква. 2021. С. 88-90.

3. Морозов М., Розум Є. Моніторинг офтальмологічної патології у собак і котів в місті одеса. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*. 2021. Вип. 100. С. 104-108.

4. Морозов М.Г. Розповсюдження спадкових захворювань очей у дрібних тварин в умовах міста одеса, та методи лікування викликаних ними хвороб повік. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2018. Вип. 91. С. 57.

5. Рубленко С. В., Єрошенко О. В. Моніторинг ветеринарної допомоги і структура хірургічної патології серед дрібних домашніх тварин в умовах міської клініки. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія: Ветеринарна медицина. 2012. Вип. 1. С. 150-154.

Каріна СКРИНСЬКА¹⁰,
студентка 2-го курсу
факультет ветеринарної медицини
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ЕПІЗООТОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ ЩОДО СКАЗУ ТВАРИН У ВІННИЦЬКІЙ І ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТЯХ УКРАЇНИ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОФІЛАКТИКА

***Анотація.** Сказ – одне із найбільш небезпечних інфекційних захворювань, яке є спільним для диких і домашніх тварин та людини. Основним фактором передачі збудника сказу від диких тварин до домашніх є їх контакт у природних екосистемах (на луках, пасовищах тощо). В умовах воєнного стану питання контролю епізоотологічної ситуації щодо сказу набуло особливої важливості в зв'язку з заборонаю заходів регуляції чисельності носіїв збудника даного захворювання. Епізоотологічна ситуація по сказу є неблагополучною. На прикладі Вінницької і Житомирської областей проаналізовано кількість випадків реєстрації захворювання тварин на сказ. В 2023 році у Вінницькій області зареєстровано випадок захворювання людини з летальним наслідком. З метою координації дій з профілактики сказу і вирішення ряду пов'язаних з цим економічних, організаційних та соціальних питань проведено конференцію за участю представників профільних державних установ та відомств.*

***Ключові слова:** сказ, епізоотологія, вакцинація, моніторинг, лисиці.*

***Annotation.** Rabies is one of the most dangerous infectious diseases that is common to wild and domestic animals and humans. The main factor in the transmission of the rabies pathogen from wild animals to domestic animals is their contact in natural ecosystems (meadows, pastures, etc.). Under martial law, the issue of controlling the epizootological situation regarding rabies has become especially important due to the prohibition of measures to regulate the number of carriers of the causative agent of this disease. The epizootological situation with rabies is unfavorable. On the example of Vinnytsia and Zhytomyr regions, the number of cases of registration of rabies disease in animals was analyzed. In 2023, a case of a fatal human disease was registered in the Vinnytsia region. In order to coordinate actions to prevent rabies and solve a number of related economic, organizational and social issues, a conference was held with the participation of representatives of relevant state institutions and departments.*

***Key words:** rabies, epizootology, vaccination, monitoring, foxes.*

¹⁰Науковий керівник: к. с.-г. н., старший викладач кафедри ветеринарної гігієни, санітарії і експертизи ВНАУ Пепко В.О.

Вступ. Сказ – особливо небезпечне вірусне захворювання, якому належить особливо важливе місце в інфекційній патології та в системі епізоотологічного моніторингу і заходів. За систематичним положенням збудник сказу є представником родини *Rhabdoviridae*, роду *Lyssavirus* (*Lyssa* (грец.) – ім'я грецької богині безумства, люті та шаленства). До вірусу класичного сказу (*Rabies virus* – RABV) сприйнятливі всі теплокровні тварини та людина. Геном вірусу сказу несе молекула РНК негативної полярності, яка має 5 відкритих рамок зчитування. За класифікацією Міжнародного комітету по таксономії вірусів (International Committee on Taxonomy of Viruses, ICTV), рід *Lyssavirus* на даний час включає 16 видів. У якості резервуару для 13 видів можуть бути рукокрилі ссавці, 7 видів лісавірусів були виявлені у людей (*Rabies virus*, *European bat lyssavirus-1*, *European bat lyssavirus-2*, *Irkut lyssavirus*, *Duvenhage lyssavirus*, *Australian bat lyssavirus*, *Mokola lyssavirus*). Вірус сказу має високу генетичну і антигенну мінливість, про що свідчить відкриття нових його видів у різних частинах світу і широкий спектр видів-резервуарів [1].

Всі види домашніх та диких ссавців є сприйнятливими до сказу, проте ступінь цієї чутливості не однаковий. Відповідно до ступеня чутливості (сприйнятливості) до сказу комітет експертів Всесвітньої організації охорони здоров'я класифікує тварин на наступні групи:

- перша – тварини з дуже високою чутливістю (лисиці, вовки, шакали, койоти, ласки, бавовняні щури, полівки та деякі інші види);
- друга – високочутливі тварини (хом'яки, домашні коти, кролі, кажани, рисі, гризуни, а також велика рогата худоба);
- третя – тварини помірно чутливі (вівці, кози, коні, собаки, примати, а також людина);
- четверта – тварини зі слабкою чутливістю (опосуми, птахи) [2].

На сьогоднішній день людство досягло значного наукового прогресу в галузі вірусології, молекулярної біології та генної інженерії, протягом багатьох років залучалися зусилля науковців і практиків у боротьбі зі сказом, проте проблема його поширення залишається надзвичайно складною у багатьох країнах світу. Однією з найнеблагополучніших щодо сказу країн у Європі є Україна [2]. Особливо загострилася ситуація з поширенням сказу після введення в 2022 році воєнного стану і, як наслідок, заборона проведення полювання та заходів регулювання чисельності переносників сказу (лисиць та інших хижих ссавців).

Виклад основного матеріалу. Епізоотологічна ситуація по сказу в окремих регіонах та в цілому в Україні є неблагополучною. Зокрема, протягом 2019-2023 років на території Вінницької області виявлено 896 випадків загибелі тварин від сказу. Основна частка від цього числа припадає на лисиць – 427 гол. (39 %), а також собак – 29 %, котів – 27 % (загалом 409 голів). Серед жуйних тварин захворіли на сказ та загинули 55 голів (7 %). Зокрема, протягом 2023 року було проведено 435 лабораторних досліджень щодо сказу. Отримано позитивний результат щодо сказу 135 гол. тварин, у тому числі: 5 – велика рогата худоба, 3 – дрібна рогата худоба, 39 – собаки, 56 – коти, 32 – лисиці. Встановлено, що

провідним фактором захворювання домашніх тварин на сказ є їх контакт з лисицями у природних екосистемах (на пасовищах, в лісосмугах тощо). В 2023 році розпочато кампанію з пероральної імунізації диких м'ясоїдних тварин, проте її територія обмежується внаслідок діючих заборон, введених в зв'язку з воєнним станом. Кампанія буде тривати у наступні роки [3].

За даними Головного управління Держпродспоживслужби у Вінницькій області у 2024 році на території регіону зареєстровано 101 випадок лабораторно підтвердженого сказу серед тварин. Зокрема сказ був зареєстрований у таких тварин: у котів – 34 випадки (35 %), у лисиць – 37 (36 %), у собак – 19 (18 %), у великої й дрібної рогатої худоби – 11 (11 %).

Станом на 30 січня 2025 року в області зареєстровано 26 випадків сказу серед тварин: серед лисів – 15, серед собак – 10, серед котів – 1.

У вересні 2023 року зафіксовано летальний випадок внаслідок покусу чоловіка, який не звернувся за допомогою, домашньою кішкою - перший випадок захворювання людини за останні 15 років.

Протягом 2024 року до медичних закладів Вінниччини за антирабічною допомогою звернулися 3830 людей (у тому числі 1325 звернень до медзакладів м. Вінниця), що на 2,2 % більше показника 2023 року. Антирабічні щеплення були призначені 1785 пацієнтам (47% від загальної кількості осіб, які звернулися у медзаклади після контакту з невідомими або підозрілими тваринами), 579 з них – у місті Вінниці.

Станом на 30 січня 2025 року 144 жителі області, які постраждали від нападу хворих на сказ тварин, отримують антирабічне лікування [4, 5, 6].

Відповідно до інформації Центрально-Західного міжрегіонального управління лісового та мисливського господарства чисельність лисиці в угіддях області складає 6414 голів (за даними останнього обліку), що в три рази перевищує допустимі санітарні норми.

З метою регулювання чисельності лисиць в угіддях області у 2024 році Центрально-Західним міжрегіональним управлінням лісового та мисливського господарства видано користувачам мисливських угідь 36 дозволів. За результатами відстрілу за цими дозволами добуто 237 голів лисиці. Всього протягом 2024 року у Вінницькій області добуто 600 голів лисиці, 2 шакали, 4 вовка, 384 бродячих собаки. В лабораторії ветеринарної медицини здано біопатматеріал від 313 голів лисиці, серед яких виявлено 37 випадків захворювання на сказ. Протягом перших місяців 2025 року добуто 92 голови лисиці.

За інформацією Головного управління Держпродспоживслужби у Вінницькій області протягом 2024 року проведено дві пероральні імунізації диких м'ясоїдних тварин проти сказу, розкинувши 5626 приманок на площі 225 кв. км [7].

Протягом 2024 року в Житомирській області зареєстровано 71 випадок захворювання тварин сказом (переважно собаки, лисиці та коти), у 2023 році - 73, виявлено 65 неблагополучних пунктів (у 2023 році - 69). Серед тварин, які

захворіли в 2024 році - 24 собаки, 22 - лисиці, 17- котів, 5 - дикі тварини, 2 – велика рогата худоба [5].

За 9 місяців 2023 року в Україні підтверджено понад 700 випадків захворювання тварин на сказ, що вже перевищило річні показники 2022, 2021 років. Найбільше таких випадків зафіксовано у Вінницькій та Одеській областях. Високий показник випадків захворювання тварин на сказ також зафіксовано в Житомирській, Кіровоградській та Львівській областях [6].

З метою координації протиепізоотологічних заходів щодо сказу в листопаді 2023 року Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) за співучасті Держпродспоживслужби України, Міністерства охорони здоров'я України, Центру громадського здоров'я МОЗ України, а також з долученням у якості партнерів Продовольчої та сільськогосподарської організації (FAO) і Всесвітньої організації охорони здоров'я тварин (WOAH) проведено конференцію. Фінансова підтримка конференції здійснювалася Урядом Німеччини. До участі у конференції залучено працівники Державного агентства лісових ресурсів України.

Основним завданням даного заходу було сприяння посиленню міжсекторальній співпраці шляхом просування та зміцнення систем громадського здоров'я. На конференції розглядалися наступні питання:

- міжгалузева співпраця між секторами охорони здоров'я, ветеринарії, мисливського господарства;

- обмін даними та програмами профілактики;

- огляд Глобального стратегічного плану з ліквідації сказу до 2030 року;

- огляд даних щодо глобальної ситуації зі сказом;

- огляд актуальних доступних даних щодо ситуації з поширення сказу серед людей по регіонах України;

- огляд даних про випадки сказу серед тварин по регіонах України.

Також, було заслухано інформацію про кампанії з вакцинацій щодо профілактики сказу тварин.

В ході конференції відбувся обмін позитивним досвідом боротьби зі сказом, а також щодо успіхів ефективних стратегій та інноваційних підходів до даного питання та взаємозв'язку здоров'я людини, тварин і довкілля в антирабічних заходах. Проаналізовано результати тематичних досліджень, що висвітлюють успішні заходи «Єдиного здоров'я».

Відмічено, що через бойові дії зросла чисельність бродячих і здичавілих собак та котів, а призупинення полювання призвело до різкого зростання чисельності лисиці – природного резервуару сказу. Крім цього, у 2022 році не проводилась пероральна імунізація диких м'ясоїдних у загальнодержавному масштабі.

У 2023 році Держпродспоживслужбою відновлено заходи з пероральної імунізації диких хижих тварин. До цієї роботи залучено широке коло користувачів мисливських угідь та місцевих мисливців у тісній співпраці та координації з обласними військовими адміністраціями, зокрема щодо визначення безпечних територій для розкладки принад з вакцинами вручну.

Завдяки відкритому обговоренню під час конференції учасники розглянули подальшу взаємодію у частині розробки спільних стратегій та використання ресурсів один одного для підтримки ініціатив щодо боротьби зі сказом, що зрештою сприятиме прогресу в напрямку до звільнення світу від сказу.

Визначено першочергові заходи щодо контролю ефективності пероральної вакцинації диких тварин, яка зараз проводиться в областях України, що включає такі етапи:

- облік споживання принад на контрольних точках;
- контрольний відстріл лисиць з розрахунку 4 голови на 100 км²;
- дослідження методом флуоресціюючих антитіл в державних лабораторіях;
- дослідження зубів лисиць на наявність біомаркеру – тетрацикліну;
- відбір крові від лисиць та дослідження сироватки крові на наявність антитіл до вірусу сказу.

З метою своєчасного виявлення і недопущення захворювання тварин на сказ, територіальні органи лісового та мисливського господарства, охорони природи і заповідників зобов'язані дотримуватися вимог Інструкції «Про заходи щодо боротьби зі сказом тварин». Зокрема, систематично обстежувати угіддя, де мешкають дикі тварини, і при виявленні їх трупів або добутих з підозрілою поведінкою звірів (відсутність боязливості, неспровокований напад на людей чи тварин) негайно повідомляти працівників Держпродспоживслужби і направляти біоматеріал у лабораторію ветмедицини для дослідження на сказ.

Вказана Інструкція передбачає щорічно в листопаді-січні одночасно на великих територіях вживати заходи щодо підтримання оптимальних розмірів популяції лисиць, у яких перед періодом їх розмноження (березень-квітень) щільність популяції не повинна перевищувати 0,5 – 1,0 голови на 1000 га угідь.

Нагальною є потреба ширшого інформування населення щодо проблематики сказу та ліквідації упередженості і фейків, зокрема щодо можливості природи самій справитись з циркуляцією вірусу в середовищі диких тварин.

Варто відмітити, що особливістю сказу природного типу є формування зон стійкого неблагополуччя. Такі зони розміщені, як правило, в місцевостях з підвищеною щільністю лисиць.

Враховуючи природне поширення сказу тварин, заходи по боротьбі з ним здійснюються комплексно органами державної ветеринарної медицини, охорони здоров'я, житлово-комунального, лісового і мисливського господарства, користувачами мисливських угідь під керівництвом надзвичайних протиепізоотичних комісій та органів місцевого самоврядування [6].

Висновки. Таким чином, проаналізувавши дані щодо епізоотологічного стану щодо сказу на території Вінницької та Житомирської областей слід відмітити наступне:

1. Епізоотологічна ситуація щодо сказу в Україні є напруженою і зберігає тенденцію до погіршення. Основним резервуаром сказу в дикій природі

залишаються популяції лисиці. Провідним шляхом передачі сказу від диких тварин до домашніх є їх контакт у природних екосистемах.

2. Вирішення питань щодо профілактики сказу і запобігання утворенню його стійких осередків потребує комплексного підходу з боку органів ветеринарної медицини, місцевого самоврядування, охорони здоров'я, житлово-комунальних служб, органів лісового і мисливського господарства, користувачів мисливських угідь всіх форм власності.

3. Необхідно посилити інформаційну кампанію щодо етіології сказу, шляхів його передачі та методів профілактики серед населення, що сприятиме ліквідації поширенню шкідливих даних щодо можливого саморегулювання сказу в його осередках.

4. Ввести в дію програму щодо обліку випадків сказу за хронологією їх реєстрації з фіксацією неблагополучних пунктів з використанням геоінформаційних технологій.

Список використаної літератури

1. Подаваленко А. П., Малиш Н. Г., Крупініна Т. М., Маковська І. Ф. Епідеміологія та профілактика сказу: навчальний посібник. Харків: ХМАПД. 2022. 72 с.

2. Ярчук Б. М., Довгаль О. В., Тирсін Р. В., Тирсіна Ю. М. Епізоотична ситуація та епізоотичні особливості зі сказу тварин на території Білоцерківського району. *Науковий вісник ветеринарної медицини*. Біла Церква. 2015. № 1. С. 63-67.

3. Паладійчук О. Р., Фаріонік Т. В. Епізоотичний моніторинг захворюваності тварин на сказ у Вінницькій області. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Ветеринарні науки*. Львів. 2024. Т. 26. № 114. С. 22-26.

4. Сказ на Вінниччині: що потрібно знати, щоб уберегтися від смертельної небезпеки. URL : <https://vn.cdc.gov.ua/news/skaz-na-vinnychchyni-shho-potribno-znaty-shhob-uberegtysya-vid-smertelnoyi-nebezpeky/> (дата звернення: 24.03.2025).

5. Торік у Житомирській області люди на сказ не хворіли, а з-поміж тварин найчастіше жертвами вірусу були собаки. URL: https://www.zhitomir.info/news_225384.html (дата звернення: 24.03.2025).

6. В Україні відбулася Міжнародна конференція зі сказу. URL: <https://forest.gov.ua/news/v-ukraini-vidbulasia-mizhnarodna-konferentsiia-zi-skazu> (дата звернення: 24.03.2025).

7. На Вінниччині продовжується полювання на кабана і регулювання чисельності хижих та шкідливих тварин. URL: https://cw.forest.gov.ua/no_cache/pres-sluzhba/novina/article/na-vinnichchini-prodovzhujetsja-poljuvannja-na-kabana-i-reguljuvannja-chiselnosti-khizhikh-ta-shkidlivikh-tvarin.html (дата звернення: 24.03.2025).

Олена ДМИТРУК¹¹
студентка 3-го курсу,
факультету технології виробництва,
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна

ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ТВАРИННИЦТВА УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПРОБЛЕМ

Анотація. У статті висвітлено великі трансформації та катастрофічний вплив повномасштабної війни РФ проти України на галузь тваринництва. Я ґрунтовно аналізую руйнівні наслідки бойових дій, такі як знищення фермерських господарств, загибель худоби, скорочення поголів'я, дефіцит ресурсів (кормів, медикаментів та пального), втрата ринків збуту, також нестача робочої сили в наслідок масової еміграції, логістичні труднощі та зменшення платоспроможного попиту населення на продукцію тваринництва. Представлено статистичні данні щодо зменшення виробництва м'яса, молока, поголів'я ВРХ(великої рогатої худоби), свиней і птиці у 2022-2024 роках, наголошення на економічних втратах а також прогнозоване часткове відновлення галузі у 2025 році, що свідчить про поступове відновлення галузі зокрема свинарства та птахівництва.

Особливо увагу наголошено на стійкості українських аграріїв, які, незважаючи на надзвичайно складні умови, продовжують підтримувати виробництво та адаптуватися до нових реалій. Стаття має важливе значення для розуміння сучасного стану та перспектив тваринницької галузі України у контексті воєнного часу.

Annotation. The article highlights the major transformations and the catastrophic impact of the full-scale war waged by the rf against Ukraine on the livestock industry. I thoroughly analyze the devastating consequences of the hostilities, such as the destruction of farms, the death of livestock, a reduction in herd numbers, shortages of essential resources (feed, medicine, and fuel), loss of sales markets, labor shortages due to mass emigration, logistical difficulties, and the decline in consumer purchasing power for livestock products. Statistical data is presented on the decline in meat and milk production, as well as the number of cattle, pigs, and poultry from 2022 to 2024. The article emphasizes economic losses and outlines a projected partial recovery of the sector in 2025, indicating a gradual revival of the industry, particularly in pig and poultry farming.

Special attention is given to the resilience of Ukrainian agricultural producers who, despite extremely challenging conditions, continue to maintain production and

¹¹Науковий керівник – к.е.н., доцент кафедри аграрного менеджменту та маркетингу, доцент кафедри обліку і оподаткування ВНАУ Коваль Н.І

adapt to new realities. The article is of great significance for understanding the current state and prospects of Ukraine's livestock sector in the context of wartime.

Вступ. Війна завжди завдає руйнівних ударів по всіх сферах економіки, і тваринництво не є винятком. З початком повномасштабного вторгнення РФ в Україну, ця життєво необхідна галузь опинилася перед серйозними викликами, що загрожують її існуванню та розвитку. Значна кількість фермерських господарств і великих агрохолдингів була змушена згорнути свою діяльність, а деякі з них взагалі знищені внаслідок бойових дій та окупації.

Наслідки війни виявилися катастрофічними: руйнування ферм, загибель худоби, дефіцит кормів, проблеми з логістикою та постачанням, нестача робочої сили через масову міграцію населення. Багатьом фермерам не вдалося евакуювати своїх тварин із зони бойових дій, що призвело до значних економічних втрат.

Попри ці труднощі, українські аграрії докладають усіх зусиль, щоб зберегти виробництво. Вони шукають нові рішення, адаптуються до нових умов, та намагаються відновити господарства.

Виклад основного матеріалу. З початком повномасштабної війни в Україні було зруйновано та пошкоджено значну кількість сільськогосподарських і переробних підприємств, що ще більше загостило кризу в аграрному секторі та ускладнило відновлення тваринницької галузі. Скоротилися площі вирощування сільськогосподарських культур та обсяги переробних підприємств через окупацію більше чим 20%. ВВП досягало найвищих показників від 2014 року. Зменшилися ринки збуду продукції, проблеми з логістичними зв'язками. За перший рік війни його обсяги зменшилися майже на 15 % до 23,6 млрд. дол. США [1-3]

Близько 62% корів утримувалися у господарствах населення, при тому, що в населення є 944 тисячі корів, з ними майже не проводять навіть базову селекційну роботу, для забезпечення якості отриманої продукції. Лише близько 20% корів осіменяють штучно за допомогою перевірених бугаїв. А щодо свиноматок і вівцематок — штучне осіменіння взагалі майже не застосовується. Це сильно впливає на якість продукції для споживання населенням.

Розстріляно 110 корів та телят в Іванівці, 2000 загинуло у Шестаковому. Біля 4 мільйони курей заморено голодом у Чорнобаївці. Це лише маленька відома частка прикладів вбивства російськими військовими тварин за перші 1,5 роки війни, а війна далі, і скільки ще є таких випадків невідомих нам. Тварин що зазнавали поранень відправляли на забій. У критичних регіонах втрати поголів'я могли сягати 50%, від рук окупантів, та майже 30 % ферм змушенні були припинити свою діяльність через бойові дії або ж через окупацію територій. На даний момент половина поголів'я тваринництва сконцентрована в більш безпечних територіях країни, таких як Вінницький, Хмельницький, Тернопільській, Житомирській областях, аналіз динаміки зміни поголів'я ВРХ в Україні у 2021–2025 роках представлено у таблиці 1 [4; 5; 6].

Таблиця 1. Аналіз динаміки зміни поголів'я ВРХ в Україні у
2021–2025 роках

Показник	2021 (до війни)	2024	Відновлення (прогноз 2025+)
ВРХ м'ясного напрямку, млн голів	3,2	1,9	+5–10% щороку
ВРХ молочного напрямку, млн голів	6,3	3,8	+7–8% щороку
Птиця, млн голів	230	160	+6–10% щороку
Молоко, млн тонн	8,7	5,9	стабільне зростання
М'ясо (всі види), млн тонн	2,4	1,6	поступове зростання

Джерело: *сформовано автором на основі [4, 5, 6]*

Протягом перших двох років повномасштабного вторгнення, Україна втратила близько 12% великої рогатої худоби – здебільшого через повне або часткове руйнування ферм та загибель поголів'я. І тенденція до зменшення поголів'я великої рогатої худоби (ВРХ) станом на 2024 рік продовжувалися [7].

2023 рік нажаліть ситуація лишалася не зміною. З початком війни і станом на 2023 рік поголів'я ВРХ зменшилося на 9%, корів на 14.5% , поголів'я свиней скоротилося на 6%. Нестача сировини для переробних підприємств спричинена скороченням поголів'я призвела до стрімкого зростання цін на продукції тваринного походження.

Птахівницька галузь втратила ринки збуту, як в Україні так і за її межами, що значно відобразилося на економіці країни.

У жовтні 2023 року Україна експортувала 8790 тонн молочної продукції на суму \$18,15 мільйона, що на понад 20%. Обсяг експорту м'яса та м'ясної продукції за 8 місяців 2023 року зріс на 11,9%. Його вартість склала \$617,1 мільйона. При цьому імпортувати країна стали значно менше – на 35,2%, що становить 116,6 млн. доларів [4; 7; 8].

Зрівнюючи з 2010 роком поголів'я ВРХ становило 4.8 млн. голів що у 2023 році скоротилося на 53% і становило 2.6 млн. голів, дійних корів скоротилося на 49.5% з 2.7 млн. до 1.3 млн. голів, свиней – на 65.5% з 7.5 млн. до 4.9 млн. голів, овець і кіз – на 62% з 1,8 млн. до 1,1млн голів. Виробництво продукції м'яса (у забійній кондиції) скоротилося з 2,3 млн. тонн у 2014 році до 1,9 млн. тонн у 2022 році, що є зниженням на 17%. Обсяги виробництва молока зменшилися з 10,6 млн. тонн у 2014 році до 8,7 млн. тонн у 2022 році, що становить скорочення на 18%[7; 8; 9].

У 2024 році тваринницька галузь і на далі стикається з труднощами через війну в країні, що триває з 2022 року, обстріли, зростання цін на корми та енергетику впливають на виробництво на виготовлення продукції тваринництва. За останні роки помітно скоротилося поголів'я ВРХ, з квітня 2024 року воно

скоротилося на 7 % порівняно з 2023 роком, на 2024 рік налічувало приблизно 2.8 млн. голів. Це впливає також і на виробництво м'яса, що за 2024 рік скоротилося на 3 % рівняючи з попереднім. Не дивлячись на ситуацію в країні виробництво свинини в 2024 році зросло на 9%, експорт свинини перевищив імпорт в 1.5 рази [8], прогнозні показники виробництва продукції тваринництва в Україні на 2025 рік представимо у таблиці 2.

Таблиця 2. Прогноз виробництва продукції тваринництва в Україні на 2025 рік

Показник	2023 рік	2024 рік	Зміна (%)
Поголів'я ВРХ, млн гол.	3,01 млн	2,8 млн	-7 %
Виробництво м'яса (загалом), %	100 % (базовий рік)	97 %	-3 %
Виробництво свинини, %	100 % (базовий рік)	109 %	+9 %
Співвідношення експорту до імпорту свинини	-	1.5 : 1	-

Джерело: сформовано автором на основі [8]:

Станом на початок 2025 року незважаючи на складну ситуацію в країні, прогнозується збільшення виробництва продукції тваринництва на 1,5% проти попереднього року – до 216,6 млрд. грн. Прогнозні збільшення передбачаються проти торішніх показників обсягів продукції вирощування худоби і птиці – на 3,1%, виробництво птиці проти показників мирного 2021 року на 6,2%, перевищивши водночас результат 2024 року на 5,5%. Обсяги виробництва свинини за рахунок зростання реалізації продукції у живій масі збільшаться порівняно з 2024 роком на 4,6%, зокрема, на підприємствах – на 4,1%, у господарствах населення – на 5,5%. При цьому внаслідок скорочення поголів'я великої рогатої худоби (без корів) на 4,3% очікується суттєве зменшення виробництва м'яса ВРХ (-12,3%) [4; 9].

Також внаслідок скорочення поголів'я овець і кіз (-6,8%) прогнозується спад виробництва м'яса цих тварин (-8,3%). Обсяги виробництва молока залишаться майже на рівні 2024 року (-0,5%), хоча поголів'я корів продовжить зменшуватися (-6%), виробництво яєць на 0,9% більше, ніж 2024 рік [9].

Висновки. Галузь тваринництва в Україні зазнала значних втрат внаслідок повномасштабної війни, розв'язаної РФ у 2022 році. Руйнування ферм, загибель тварин, окупація територій, проблеми з логістикою, дефіцит кормів, нестача робочої сили – усе це призвело до критичного скорочення поголів'я ВРХ, свиней та птиці, а також зниження обсягів виробництва м'яса, молока та іншої продукції. Окремим викликом є також втрата ринків збуту, зниження інвестиційної привабливості галузі та складнощі з відновленням інфраструктури.

Незважаючи на катастрофічні наслідки, українські аграрії демонструють високу стійкість і поступово відновлюють тваринництво на відносно безпечних територіях. Спостерігається поступове зростання обсягів виробництва свинини,

птахівництва та експорту, що є ознакою життєздатності галузі навіть в умовах війни. Прогнози на 2025 рік дають обережну надію на часткове відновлення, зокрема за рахунок відновлення малих ферм, впровадження сучасних технологій та підтримки держави.

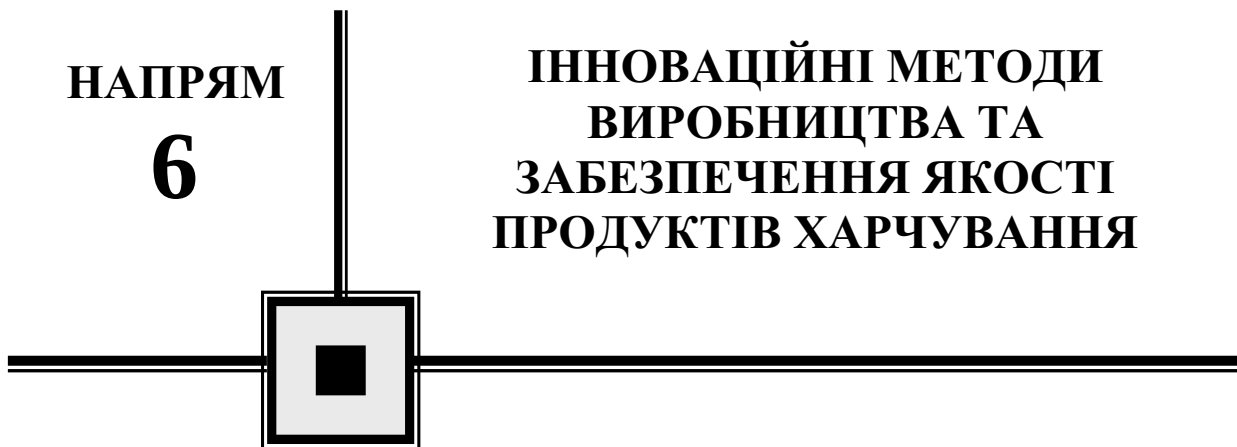
Для сталого розвитку галузі у післявоєнний період надзвичайно важливо забезпечити доступ до фінансування, відновити інфраструктуру, сприяти модернізації виробництва та підтримувати фермерів, які стали на передовій не лише економічного, а й продовольчого фронту. Тваринництво – це не лише джерело продовольства, але й основа продовольчої безпеки держави, і його відновлення має бути одним із пріоритетів у післявоєнному відновленні України.

Список використаної літератури

1. Економіка України. *Вікіпедія* – вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Економіка_України (дата звернення: 10.04.2025).
2. Гадзало Я. Вітчизняне сільське господарство в сучасних умовах: виклики та шляхи їх подолання. 2024. URL: <http://naas.gov.ua/upload/iblock/9e1/> (дата звернення: 10.04.2025).
3. Капітальні інвестиції в сільське господарство збільшилися на 33%/. *Agroelita*. 2024. URL: <https://agroelita.info/kapitalni-investytsii-v-silске-hospodarstvo-zbilshylisia-na-33/> (дата звернення: 11.04.2025).
4. У 2024 прибутковість тваринництва знизилася. *Pigua.info*. URL: <https://www.pigua.info/uk/post/news-of-ukraine-and-world/u-2024-pributkovist-tvarinnictva-znizitsa-minagropolitiki> (дата звернення: 12.04.2025).
5. Вплив війни на агросектор України. *KSE Institute*. 2024. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/02/RDNA3_ukr.pdf (дата звернення: 11.04.2025).
6. Падіння триває: промислове тваринництво намагається зберегти поголів'я. *AgroPortal*. URL: <https://agroportal.ua/publishing/analitika/padinnya-trivaye-promislove-tvarinnictvo-namagayetsya-zberegiti-pogoliv-ya> (дата звернення: 12.04.2025).
7. Під тиском війни: як змінилося українське тваринництво. *Українформ*. 2024. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3923298-pid-tiskom-vijni-ak-zminilos-ukrainske-tvarinnictvo.html> (дата звернення: 11.04.2025).
8. Стан тваринництва та перспективи експорту м'яса в 2024 році. *OORU*. 2024. URL: <https://ooru.org.ua/media/news/stan-tvarynnytstva-ta-perspektyvy-eksportu-miasa-v-2024-rotsi-v-uspp-provely-ekspertni-obhovorennia> (дата звернення: 10.04.2025).
9. Україна: тенденції розвитку тваринництва у 2024 році. *ARK-Inform*. 2024. URL: <https://www.apk-inform.com/uk/news/1546913> (дата звернення: 11.04.2025).

НАПРЯМ
6

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВИРОБНИЦТВА ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ



Каріна МУДРЕНКО¹²,
студентка 3 курсу,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна.

МІКОТОКСИНИ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Анотація: Стаття розглядає проблему мікотоксинів, які є токсичними речовинами, що утворюються внаслідок розвитку пліснявих грибів на сільськогосподарських культурах. Описано їхній вплив на здоров'я людей і тварин, а також можливі ризики для агропромислового виробництва. Визначено основні види мікотоксинів, їх джерела, методи виявлення та способи боротьби з ними. Окремо увага приділяється актуальним методам контролю та зменшення рівня мікотоксинів у харчових продуктах і кормах, що дозволяє мінімізувати їхній негативний вплив на якість продукції та безпеку споживачів.

Ключові слова: мікотоксини, пліснявий грибок, токсичність, сільськогосподарські культури, здоров'я, ризики, агропромислове виробництво, методи виявлення, контроль, зменшення рівня, харчові продукти, корми, безпека продукції.

Annotation: The article considers the problem of mycotoxins, which are toxic substances formed as a result of the development of mold fungi on agricultural crops. Their impact on human and animal health, as well as possible risks for agro-industrial production, are described. The main types of mycotoxins, their sources, methods of detection and methods of combating them are determined. Special attention is paid to current methods of controlling and reducing the level of mycotoxins in food products

¹² Науковий керівник – Надія НОВГОРОДСЬКА, к.с.-г.н., доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

and feed, which allows minimizing their negative impact on product quality and consumer safety.

Key words: *mycotoxins, mold fungus, toxicity, agricultural crops, health, risks, agro-industrial production, detection methods, control, reduction of the level, food products, feed, product safety.*

Вступ. Мікотоксини є токсичними сполуками, що утворюються пліснявими грибами на різних етапах росту та зберігання сільськогосподарських культур. Вони представляють серйозну загрозу для здоров'я людей та тварин, оскільки можуть накопичуватися в продуктах харчування та кормах. Мікотоксини спричиняють значні економічні збитки у сільському господарстві, а також можуть мати негативний вплив на здоров'я людини, викликаючи різноманітні захворювання, від токсичних ефектів до хронічних захворювань, зокрема раку.

Питання контролю та запобігання забрудненню мікотоксинами є надзвичайно важливим для забезпечення продовольчої безпеки та збереження здоров'я споживачів.

Мікотоксини здатні проникати в харчові продукти, знижуючи їх якість та безпеку, що робить їх важливою проблемою на всіх етапах виробництва — від сільськогосподарських робіт до зберігання та транспортування продуктів. Тому, для забезпечення безпеки продукції та запобігання шкідливому впливу мікотоксинів, необхідно проводити ефективний контроль їх рівня, а також вжити заходів для зниження ймовірності забруднення [1].

Мета статті – аналіз проблеми забруднення сільськогосподарських культур мікотоксинами, а також огляд сучасних методів їх виявлення та контролю на всіх етапах виробництва. Стаття також має на меті розглянути способи зменшення ризиків мікотоксичного забруднення та їхній вплив на здоров'я людей і тварин.

Виклад основного матеріалу. Мікотоксини — це продукти метаболізму певних видів пліснявих грибів, таких як *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, які можуть уражати сільськогосподарські культури під час росту, зберігання або транспортування. Вони мають високу стійкість до температури, кисню, води і можуть залишатися в продуктах харчування та кормах протягом тривалого часу. Це пояснює їхню загрозливість для людського здоров'я та безпеки харчових продуктів. Мікотоксини є одними з найнебезпечніших забруднювачів харчових продуктів [2]. Вони можуть бути утворені різними видами пліснявих грибів, що ростуть на зернових, овочах, фруктах та інших продуктах (табл. 1).

Найбільш поширеними мікотоксинами є афлатоксини, зеараленон, фумонізени, охратоксин, деоксиниваленол, які мають різні токсичні властивості. Афлатоксини, зокрема, відомі своєю канцерогенною дією та здатністю викликати ураження печінки. Зеараленон є естрогенним токсином, який може порушувати репродуктивні функції у тварин і людини. Фумонізени є нейротоксинами і можуть викликати захворювання органів нервової системи. Охратоксин є нефротоксином, що здатен викликати ураження нирок.

Таблиця 1. Основні види мікотоксинів та їх токсичність

Мікотоксин	Джерело	Токсичність (вплив на організм)	Потенційна небезпека для людини та тварин
Афлатоксини	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i>	Канцерогенний, гепатотоксичний	Рак печінки, ураження печінки, імуносупресія
Зеараленон	<i>Fusarium</i> spp.	Естрогенний, порушує репродуктивну функцію	Безпліддя у тварин, порушення гормонального балансу
Фумонізени	<i>Fusarium</i> spp.	Нейротоксичний, гепатотоксичний	Неврологічні захворювання, рак стравоходу
Охратоксин	<i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i>	Нефротоксичний, канцерогенний	Ураження нирок, рак нирок
Деоксиниваленон	<i>Fusarium</i> spp.	Інгібує синтез білків, токсичний для шлунково- кишкового тракту	Зниження апетиту, порушення травлення

Для ефективного контролю мікотоксинів на виробничому етапі використовуються різноманітні методи аналізу, серед яких основними є високоефективна рідинна хроматографія (HPLC), спектрометрія та імуноферментні методи (ELISA). Ці методи дозволяють визначити точну концентрацію мікотоксинів у продуктах і кормах, що дає змогу вчасно виявити забруднення і вжити необхідних заходів. Водночас для швидкого аналізу використовують спеціальні тест-системи [3, 4]. Для виявлення мікотоксинів у продуктах харчування та кормах використовуються різні методи, які мають свої переваги та обмеження (табл. 2).

Таблиця 2. Методи виявлення мікотоксинів

Метод виявлення	Опис методу	Переваги	Обмеження
Високоефективна рідинна хроматографія (HPLC)	Використовує хроматографічну колонку для розділення і виявлення мікотоксинів.	Висока точність, може виявляти багато токсинів одночасно.	Необхідні спеціальні лабораторії, висока вартість
Імуноферментний аналіз (ELISA)	Використовує антитіла для виявлення мікотоксинів.	Швидкий, зручний для аналізу зразків у польових умовах.	Може бути менш точним для низьких концентрацій токсинів
Спектрометрія мас	Виявляє мікотоксини на основі їх маси та структури.	Висока точність, можливість виявлення малих концентрацій.	Висока вартість, складність в операції
Біосенсиори	Використовують біологічні молекули для виявлення токсинів.	Швидкий аналіз, потенціал для використання в реальному часі.	Обмежена кількість доступних технологій для широкого використання

Небезпека мікотоксинів полягає не тільки в їхній токсичності, але й у здатності до тривалого збереження в продуктах, що ускладнює контроль та їхнє виявлення. Мікотоксини можуть потрапляти в продукти харчування через забруднення на всіх етапах — від вирощування культур до переробки та зберігання продуктів.

Завданням на етапах виробництва та зберігання є вжиття заходів для мінімізації ризиків забруднення мікотоксинами. Для цього застосовуються різноманітні агротехнічні методи, зокрема обробка рослин фунгіцидами, сівоzmіни, які допомагають зменшити ймовірність розвитку пліснявих грибів. Зберігання врожаю має здійснюватися в умовах, що забезпечують мінімальне зараження та швидке виявлення заражених партій. Контроль за якістю кормів для тварин є важливим етапом у запобіганні накопиченню мікотоксинів у продуктах тваринного походження.

Зниження рівня мікотоксинів у продуктах харчування можна досягти також шляхом використання спеціальних адсорбентів у кормах, що зв'язують токсини, а також шляхом застосування біологічних методів, таких як використання корисних мікроорганізмів, які здатні знижувати рівень мікотоксинів у кормах.

Висновки. Мікотоксини є серйозною загрозою для здоров'я людини і тварин, оскільки можуть викликати ряд захворювань, включаючи рак та хвороби печінки. Виявлення мікотоксинів у продуктах харчування та кормах є важливим аспектом безпеки харчової продукції. Сучасні методи виявлення, такі як високоефективна рідинна хроматографія та імуноферментний аналіз, дозволяють точно і швидко визначати наявність мікотоксинів. Проте для зменшення ризиків забруднення важливе дотримання агротехнічних, зберігання та переробки заходів.

Список використаної літератури

1. Дубініна А.А., Ленерт С.О., Летута Т.М., Непочатих Т.А., Щербакова І.С. Мікотоксини в рослинній сировині. 2019. С. 215–228.

2. Коляденко В. Г. Мікотоксини плісневих грибів: гепатотоксична, нефротоксична, канцерогенна, мутагенна та ембріотоксична дія (огляд і аналіз літератури, обґрунтування доцільності проведення подальших досліджень). *Український журнал дерматології, венерології, косметології*. 2002. № 1. С. 47–50.

3. Мікотоксини в кормах тварин. URL: <https://alt.ua/blog/mikotoksini-v-kormah>

4. Aflatoxins, hepatocellular carcinoma and public health. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3602466/>

5. Mycotoxins. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>

Альона РЕШЕТНИК¹³,
студентка 3 курсу,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна.

ШТУЧНЕ М'ЯСО, ЯК НОВЕ ДЖЕРЕЛО БІЛКОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧУВАННІ

Анотація. У статті розглядається потенціал штучного м'яса як нового джерела білкових продуктів у харчуванні. Штучне м'ясо – це стрімко зростаюча категорія продуктів, яка може змінити харчові звички сучасного суспільства. Продукти тваринного походження замінюють рослинними альтернативами, які на смак і вигляд схожі на м'ясні. Мета таких змін – зниження глобальної залежності від тваринного сільського господарства. Сьогодні відомі три категорії штучного м'яса, які відрізняються за технологією: культивоване м'ясо, модифіковане м'ясо та альтернативні замінники м'яса на рослинній основі.

Ключові слова: штучне м'ясо, культивоване м'ясо, клітинне сільське господарство, рослинні замінники, білкові продукти, харчування, екологічна стійкість.

Annotation. The article discusses the potential of artificial meat as a new source of protein products in the diet. Artificial meat is a rapidly growing product category that has the potential to change the eating habits of modern society. Animal products are being replaced by plant-based alternatives that taste and look like meat. The goal of such changes is to reduce global dependence on animal agriculture. The goal is to reduce global dependence on animal agriculture. Today, there are three categories of artificial meat that differ in technology: cultured meat, modified meat, and plant-based alternative meat substitutes.

Keywords: artificial meat, cultured meat, cellular agriculture, plant substitutes, protein products, nutrition, environmental sustainability.

Вступ. М'ясо є чудовим джерелом високоякісних білків тваринного походження, що містять усі незамінні амінокислоти, джерело енергії, ліпідів, мінералів, ендогенних антиоксидантних сполук і цілого ряду біоактивних сполук, таких як таурин, карнітин, карнозин, убіхінон, глутатіон і креатин [1]. На додаток до поживної цінності, м'ясо займає унікальне місце в нашому продовольчому кошику завдяки унікальним структурам і композиційним особливостям, що надають характерні функціональні та технологічні

¹³Науковий керівник – Надія НОВГОРОДСЬКА, к.с.-г.н., доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

властивості, такі як смакові якості, засвоюваність, органолептичні властивості тощо.

За останні п'ять десятиліть глобальні пропозиції м'яса зросли більш ніж у три рази, що призвело до того, що тваринні білки в даний час складають до 40% від загального споживання білка, з подібною тенденцією зростання, яка прогнозується в найближчому майбутньому.

Люди активно шукають різноманітності у харчуванні та нові пропозиції, тому замітники м'яса користуються популярністю. Окрім того, рослинні продукти повністю відповідають концепції здорового харчування: у них збалансований склад, вони не містять гормонів, холестерину та тваринного білка, багаті на вітаміни та мінерали. Рослинні замітники м'яса підходять не лише веганам та вегетаріанцям, але й тим, хто хоче урізноманітнити своє харчування.

Виклад основного матеріалу. Попит на альтернативи традиційному м'ясу зростає, саме тому і культивоване м'ясо набуває популярності як потенційне рішення. Прихильники цього напряму наголошують на можливості уникнення екологічних та етичних проблем, які часто пов'язують із традиційним тваринництвом.

Культивоване (або клітинне) м'ясо створюється поза організмом тварини, використовуючи її м'язові стовбурові клітини. Вони поміщаються у біореактор, де в контрольованих умовах розмножуються та формують м'язову тканину. На відміну від рослинного м'яса, цей продукт містить справжні тваринні клітини, що робить його ближчим за смаком і текстурою до традиційного м'яса.

Процес створення культивованого м'яса включає кілька таких біологічних методів:

- виділення клітин: м'язові стовбурові клітини отримують біопсією у тварини.
- клітинна культура: клітини розмножуються в багатому поживними речовинами середовищі;
- каркас тканини: тривимірна структура спрямовує ріст клітин, створюючи текстуру, подібну до справжнього м'яса;
- біореактор: спеціальна установка контролює умови для розвитку тканини;
- диференціація: клітини формують м'язову, жирову або сполучну тканину, залежно від кінцевого продукту.

Однією з проблем штучного м'яса є сенсорні характеристики та поживна цінність порівняно зі звичайним м'ясом. Культивоване м'ясо є безбарвним, хоча колір можна покращити, додавши сік червоного буряка та шафран. Крім того, значною проблемою у виробництві конкурентоспроможного культивованого м'яса є забезпечення наявності всіх необхідних компонентів.

Альтернативними заміниками м'яса є також так зване рослинне м'ясо. Рослинним м'ясом називають продукт з рослинного білка, який за зовнішніми органолептичними ознаками визначається, як м'ясо. Тобто, він може мати смак м'яса, запах м'яса, колір м'яса, навіть консистенцію м'яса, проте не містити в своєму складі тваринних компонентів. Але поряд з цим, з'являються продукти

(поки не на масовому ринку), які використовують нові способи отримання протеїну – мікробіальний синтез, вищі гриби в біореакторах, ну і мабуть найбільш високотехнологічний – вирощування тваринних м'язових клітин в біореакторі. Крім того альтернативний білок також отримують з комах.

На відміну від звичного тваринного м'яса в основі м'яса з рослин лежить рослинний білок, який отримується з сої, гороху, пшениці, рідше – з соняшника, грибного міцелію, квасолі, картоплі. Створення такого м'яса є високотехнологічним процесом, який розділяють на два етапи:

1. Перетворення рослинного білка (виглядає як спортивне харчування або борошно) на волокнисті структури, як у м'ясі. Більшість виробників закуповує вже готові текстурати.

2. Змішування текстурованого білка, рослинних олій та функціональних інгредієнтів (клітковина та інші інгредієнти, які пов'язують білки та рослинні олії разом) у фарш, з якого потім формують котлети та інші продукти. Саме функціональні інгредієнти надають продукту структурних властивостей, роблять його поведінку при приготуванні максимально схожою на м'ясо, а також формують м'ясний смак і аромат у продуктів.

Вирощене м'ясо, як правило, вимагає значно менше природних ресурсів, ніж худоба, включаючи землю, воду та енергію. Це зменшує викиди парникових газів і пом'якшує вплив тваринництва на навколишнє середовище, включаючи забруднення місцевих водних шляхів. Культивоване м'ясо ж позбавляє від необхідності масового забою тварин, вирішуючи етичні проблеми, пов'язані з добробутом тварин. Його також можна виробляти без антибіотиків, які зазвичай використовуються в тваринництві, що сприяє глобальній загрозі антимікробної стійкості [3].

Таблиця 1. Категорії штучного м'яса

Різновид штучного м'яса	Визначення
Рослинні замітники м'яса	Рослини та мікопротеїни, які використовуються в якості альтернативи м'ясу, наприклад, квасоля, тофу
Культивоване м'ясо	Виробляється з використанням тканин або клітин <i>in vitro</i> (стовбурові клітини, міоцити)
Модифіковані м'ясо	М'ясо, отримане з генетично модифікованих організмів

У 2020 році Сінгапур став першою країною, яка схвалила продаж культивованої курятини, а в листопаді 2022 року США наслідували цей приклад, коли Управління з контролю за продуктами й ліками США (FDA) оголосило культивоване м'ясо безпечним для споживання людиною.

У Європі культивоване м'ясо наразі вважається новим продуктом харчування, що означає, що воно має пройти сувору оцінку та тестування перед тим, як отримати дозвіл на продаж на європейському ринку. У липні 2023 року уряд Нідерландів погодив умови, згідно з якими культивоване м'ясо та морепродукти можна куштувати в контрольованому середовищі в Нідерландах, що стало першим подібним кроком у Європі.

Перший їстівний продукт – гамбургер з котлетою з культивованої яловичини – показали і з'їли в 2013 році в Лондоні. На створення 140-грамової

котлети фізіолог з Маастрихтського університету Марк Пост з колегами витратив близько \$ 330 000, а спонсором «трапези» став співзасновник Google Сергій Брін. Хоча в фарш додали культивовану жирову тканину, котлета вийшла пріснуватою і сухуватою – тріумфу не вийшло. Зараз створена Постом компанія MosaMeat намагається виростити яловичину відразу з жировою тканиною.

М'ясо з пробірки вчені вважають безпечним і потенційно навіть більш корисним, ніж натуральне. У процесі культивування можна регулювати поживну цінність продукту – наприклад, зменшити вміст холестерину і «шкідливих» жирів і збільшити частку корисних. Ще одна перевага лабораторного м'яса – його «чистота». Продукт створюється в стерильному середовищі, без участі тварин, а значить, в організм людини не потраплятимуть пестициди і антибіотики, які масово використовуються в тваринництві. Є надія, що новий спосіб виробництва дозволить обмежити поширення стійкості бактерій до антибіотиків.

Висновки. Технології штучного м'яса розвиваються шаленими темпами, щоб підвищити очікування споживачів щодо здоров'я, екологічної стійкості та добробуту тварин. У найближчому майбутньому традиційне виробництво м'яса за участю тварин навряд чи буде зовсім припинено, але попит між споживачами та асортимент білкових рослинних замінників стрімко розвивається. Виробництво штучного м'яса вже зіткнулося з багатьма перешкодами, але йому також ще належить пройти довгий шлях, перш ніж воно стане комерційною реальністю, з суспільним визнанням, розширенням методів виробництва і зниженням витрат.

Хоча малоімовірно, що штучне м'ясо повністю замінить звичайне м'ясо в найближчому майбутньому, проте воно має потенціал стати значним гравцем у світовій продовольчій системі. Саме тому, щоб ефективно конкурувати з традиційними м'ясними продуктами, м'ясна промисловість повинна розширюватися, впроваджувати інновації та розробляти замінники, які такі ж смачні та доступні за ціною, як і традиційні м'ясні продукти. У рослинній м'ясній промисловості є більше можливостей для інновацій, ніж у традиційній.

Штучне м'ясо є дуже перспективним напрямком розвитку харчової промисловості. Саме воно може допомогти вирішити проблеми продовольчої безпеки, екологічної стійкості та етичного ставлення до тварин.

Список використаної літератури

1. Альф'єрі, Ф. Нові продукти харчування: Штучне м'ясо. *Енциклопедія продовольчої безпеки та сталого розвитку*. 2019. №1. С. 280-284.
2. Xin Guan, Qingzi Lei, Qiyang Yan, Xueliang Li. Trends and ideas in technology, regulation and public acceptance of cultured meat *Future Foods*. 2021. Vol. 3. 100032.
3. Shapiro, P. Clean Meat: How Growing Meat Without Animals Will Revolutionize Dinner and the World. 2018. 256 p.

4. Gauri Jairath, Gorakh Mal, Devi Gopinath, Birbal Singh. A holistic approach to access the viability of cultured meat: A review. *Trends Food Sci. Technol.* 2021. Vol. 110. P. 700-710.

5. Hopkins, P.D., Dacey, A. Vegetarian Meat: Could Technology Save Animals and Satisfy Meat Eaters? *J Agric Environ Ethics*. 2008. Vol. 21. P. 579–596. <https://doi.org/10.1007/s10806-008-9110-0>

Анна БОЗНЯК,¹⁴
студентка 2 курсу,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна.

ОЦІНКА ЯКОСТІ СВІЖИХ ФРУКТІВ

Анотація. Стаття розглядає основні фактори, що впливають на якість свіжих фруктів, починаючи від збирання врожаю до реалізації продукції. Визначено ключові показники якості фруктової продукції, зокрема зовнішній вигляд, форму, забарвлення, смак, запах та безпечність. Описано методи оцінювання якості, серед яких органолептичний, інструментальний, експертний та соціологічний. Особливу увагу приділено градації фруктів за якістю, розподілу на стандартну, нестандартну продукцію, технічні відходи та брак. Висвітлено вимоги до товарних сортів, що застосовуються у роздрібній торгівлі.

Ключові слова: фрукти, якість свіжих фруктів, методи оцінювання якості, вимоги до сортів.

Annotation. The article examines the main factors affecting the quality of fresh fruit, from harvesting to product sales. Key indicators of fruit product quality are identified, including appearance, shape, color, taste, smell, and safety. Quality assessment methods are described, including organoleptic, instrumental, expert, and sociological. Particular attention is paid to the gradation of fruit by quality, division into standard, non-standard products, technical waste, and defective products. Requirements for commodity varieties used in retail trade are highlighted.

Keywords: fruits, fresh fruit quality, quality assessment methods, requirements for varieties.

Вступ. Якість свіжих фруктів є одним із ключових показників, що визначають їхню споживчу цінність і товарну придатність. Вона впливає на

³Науковий керівник – Юлія БАРАНОВА, асистент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

можливість тривалого зберігання, транспортування та подальшої переробки. В умовах сучасного ринку, де конкуренція серед виробників постійно зростає, важливо не лише забезпечити високу якість продукції, але й розробити ефективні методи її оцінювання [1,2].

Останні дослідження в галузі селекції, агротехнічних заходів і технологій зберігання свідчать про те, що якість фруктів формується на всіх етапах виробничого процесу – від вирощування до реалізації. Проте залишаються відкритими питання впливу окремих технологічних факторів на якість продукції, а також удосконалення методів контролю якості. Метою цієї статті є аналіз основних факторів, що визначають якість свіжих фруктів, а також методів її оцінювання, що використовуються в сучасному виробництві.

Виклад основного матеріалу. Якість фруктів значною мірою залежить від організації збирання, термінів збору та рівня агротехнічного оснащення. Неправильний час збору може призвести до того, що фрукти не досягнуть оптимальної стиглості або, навпаки, будуть зібрані вже з перезрілістю, що негативно впливає на їх вигляд, смак і зберігання.

Після збору врожаю фрукти піддаються різним обробкам, які включають очищення, калібрування, сортування, підсушування та пакування. Ці процеси допомагають забезпечити високу якість фруктів перед транспортуванням і продажом, а також зменшити кількість пошкоджень, викликаних механічними впливами або тривалим зберіганням.

Таблиця 1. Допустимі норми механічних пошкоджень для різних видів свіжих фруктів, %

Вид фруктів	Вищий гатунок	1-й гатунок	2-й гатунок	Нестандартна продукція
Яблука	до 1	до 3	до 5	понад 5
Груші	до 1	до 3	до 6	понад 6
Айва	до 2	до 4	до 7	понад 7
Виноград	до 2	до 5	до 8	понад 8
Персики	до 3	до 6	до 10	понад 10
Сливи	до 2	до 4	до 7	понад 7
Черешні, вишні	до 2	до 5	до 7	понад 7
Полуниця, малина	до 3	до 6	до 10	понад 10

Під час транспортування фрукти піддаються додатковим ризикам. Вид транспорту, умови укладання вантажу, а також відстань перевезення – все це може впливати на збереження якості плодів. Перевезення на великі відстані часто потребує особливих умов, таких як контроль температури та вологості, щоб запобігти псуванню. Умови зберігання фруктів мають суттєвий вплив на їх якість. Окрім температурного режиму, важливими є також рівень вологості та вентиляція. Невідповідні умови зберігання можуть прискорити процес псування або знижувати товарні якості фруктів. Підготовка до споживання та способи реалізації також відіграють важливу роль. Рівень селекційної роботи, а саме розробка нових сортів, що мають підвищену стійкість до хвороби, шкідників і несприятливих умов зберігання, також суттєво впливає на якість фруктів.

Селекція визначає, які якості будуть притаманні фруктам на етапах їх вирощування та обробки [6].

Оцінка якості фруктів залежить від їх призначення. Для кожного виду фруктів встановлено різні норми за кількома важливими показниками: зовнішній вигляд, стиглість, стан поверхні, розмір, безпека, а також смакові якості. Важливим показником є форма, забарвлення, свіжість і стан поверхні фруктів. Форма повинна бути типовою для кожного сорту, а забарвлення – відображати ступінь стиглості та зрілості. Оцінка стиглості є однією з основних характеристик якості плодів. Існують різні рівні стиглості, зокрема: знімальна стиглість – плоди, що здатні до подальшого дозрівання, споживча стиглість – плоди, що досягли оптимальних смакових якостей, технічна стиглість – плоди, що підходять для переробки. Поверхня фруктів повинна бути чистою, без механічних пошкоджень, слідів чи шкідників. Плоди з пошкодженнями не відповідають вимогам стандартів і можуть бути класифіковані як нестандартні. Для кожного виду фруктів встановлені норми розміру, які визначають їх належність до певного сорту. Плоди, що не відповідають стандартам розміру, можуть бути віднесені до нижчих сортів. Важливим аспектом є вміст пестицидів, важких металів та інших шкідливих речовин, що можуть потрапити до фруктів в процесі вирощування або зберігання. Безпека продукту строго нормується стандартами [4,5].

Таблиця 2. Приклад органолептичної оцінки фруктів, бал

Показник	Оцінка балів (A)	Коефіцієнт значущості (B)
Розмір	4	0.15
Форма	5	0.10
Зовнішня привабливість	4	0.20
Забарвлення: інтенсивність	4	0.15
Забарвлення: рівномірність	5	0.10
Аромат	4	0.60
Консистенція покривних тканин	4	0.10
Консистенція м'якуша	5	0.20

Оцінка якості фруктів здійснюється за допомогою різних методів. Органолептичний метод включає оцінку зовнішнього вигляду, смаку, запаху, текстури та інших характеристик фруктів. Він є основним для визначення споживчих властивостей. Використовується також інструментальний метод для вимірювання фізико-хімічних показників, таких як вміст цукрів, крохмалю, сухих речовин, а також рівень забруднення. Експертний метод ґрунтується на оцінці якості спеціалістами, які здійснюють огляд продукції з урахуванням стандартів та специфікацій. Соціологічний метод використовується для збору думок споживачів через анкети, що дозволяє оцінити ставлення різних груп населення до конкретної продукції [3,4].

Якість фруктів класифікується за кількома категоріями: стандартна продукція, нестандартна продукція, технічні відходи та брак. Стандартна

продукція відповідає всім вимогам стандартів і не має дефектів. Нестандартна продукція має незначні відхилення від норм. Технічні відходи — продукція з серйозними дефектами, але придатна для переробки. Брак — продукція, що містить небезпечні для здоров'я речовини, не підлягає використанню в їжу.

Висновки. Якість свіжих фруктів є багатофакторним показником, що визначається умовами вирощування, збору, транспортування, зберігання та реалізації. Сучасні методи оцінки якості дозволяють забезпечити високу якість продукції на всіх етапах виробничого процесу. Подальші дослідження у цій сфері мають бути спрямовані на вдосконалення технологій контролю якості та впровадження інноваційних методів зберігання та транспортування фруктової продукції.

Список використаної літератури:

1. Гусарова А. Овочі, фрукти, ягоди: площі та обсяги виробництва за 30 років – інфографіка. *SuperAgronom*. URL: <https://superagronom.com/articles/552-ovochi-frukti-yagodi-ploschi-ta-obsyagi-virobnitstva-za-30-rokiv--infografika>.
2. ДСТУ 7040:2009 Фрукти, овочі та продукти їх переробляння. Консерви м'ясні та м'ясо-рослинні. Готування проб до лабораторних аналізів. [Чинний від 2011-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 8 с.
3. Луцков С.Л. Товарознавство харчових продуктів: навчальний посібник. Львів: ЛДУБЖТ, 2016. 278 с.
4. Мехтієва С. М. Зберігання ягід. Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/14127/1/5.pdf>.
5. Технології зберігання, консервування та переробки плодів і овочів: підручник / Калайда К. В. та ін. Мелітополь: видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. 291 с
6. Технологія зберігання, консервування та переробки плодів і овочів: підручник для студентів вищих навчальних закладів / К.В. Калайда, Л.Ю. Матенчук, В.М. Найченко, А.Ю. Токар, З.М. Харченко, Н.П. Загорко, та ін. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. 291 с.

Юрій БЛАШ¹⁵
магістр 1-го року навчання,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна.

КИСЛОМОЛОЧНІ ПРОДУКТИ, ЇХ ХАРЧОВА І БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ

***Анотація.** Позитивний ефект кисломолочних продуктів для організму людини фахівці пов'язують із наявністю в них фізіологічно активних функціональних інгредієнтів, які здатні здійснювати різні види фізіологічного впливу. Основними серед них визнано позитивний вплив на метаболізми різних субстратів, захист проти сполук, які характеризуються окисдантною активністю, позитивний вплив на серцево-судинну систему, фізіологію шлунково-кишкового тракту, стан кишкової мікрофлори, фізіологічний вплив на стан імунної системи. В статті проаналізовано стан харчування населення України за останні роки, що відмічається негативними тенденціями, як по відношенню до енергетичної адекватності, так і стосовно хімічного складу раціонів. Доведено, що шкоду здоров'ю наносить недостатнє надходження з їжею вітамінів, мінеральних речовин і мікроелементів, внаслідок чого знижується фізична і розумова працездатність, опір різним захворюванням, посилюється негативна дія на організм несприятливих екологічних умов, шкідливих факторів виробництва, нервово-емоційне напруження і стреси.*

***Ключові слова:** кисломолочні продукти, молочнокислі бактерії, пророщені зерна ячменю.*

***Annotation.** Experts associate the positive effect of fermented milk products for the human body with the presence in them of physiologically active functional ingredients that are capable of performing various types of physiological effects. The main among them are recognized as a positive effect on the metabolism of various substrates, protection against compounds that are characterized by oxidative activity, a positive effect on the cardiovascular system, physiology of the gastrointestinal tract, the state of the intestinal microflora, physiological effect on the state of the immune system. The article analyzes the nutritional status of the population of Ukraine in recent years, notes negative trends, both in relation to energy adequacy, and in relation to the chemical composition of the diets. It has been proven that health damage is caused by insufficient intake of vitamins, minerals and trace elements with food, as a result of which physical and mental performance decreases, resistance to various diseases, the*

¹⁵Науковий керівник – Алла СОЛОМОН, доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

negative impact on the body of unfavorable environmental conditions, harmful production factors, neuro-emotional stress and stress increases.

Key words: fermented milk products, lactic acid bacteria, germinated barley grains.

Вступ. Роль кисломолочних функціональних продуктів зростає в усьому світі. Збільшується об'єм інформації щодо необхідності спеціальних дієт для попередження та лікування певних захворювань, який є визначальним фактором, що надає можливість харчовій промисловості розробляти та пропонувати на ринок нові кисломолочні продукти харчування.

Продукти функціонального призначення – це продукти які займають місце між продуктами загального вжитку, тими, що входять до раціону основних груп населення, та продуктами, які мають лікувальне призначення. Саме такі продукти здійснюють позитивний вплив на людський організм, адже містять фізіологічно функціональні харчові інгредієнти, які здійснюють біологічно значимий вплив на органи та системи організму людини частково або в цілому, в т. ч. на систему травлення [1, 2].

Сучасна концепція позитивного харчування включає створення технології виробництва якісно нових харчових продуктів з направленими змінами хімічного складу, що відповідає фізіологічним потребам людини – функціональні харчові продукти [3].

Метою даної роботи є увага які слід приділити розробці кисломолочних продуктів, які мають антагоністичну активність по відношенню до умовно-патогенних і гнільних мікроорганізмів.

Виклад основного матеріалу. Правильне харчування з урахуванням умов життя, праці та традицій забезпечує сталість внутрішнього середовища організму людини, діяльність різних органів і систем.

Цінність кисломолочних продуктів у функціональному харчуванні обумовлюється насамперед унікальним складом мікрофлори, харчовою і біологічною цінністю продуктів [4].

До найбільш поширених молочних продуктів функціонального призначення відносяться традиційні кисломолочні продукти (кефір, ряжанка, варенець, кисле молоко, ацидофілін та ін.). Їх систематичне вживання сприяє підтримці і відновленню мікробної екології в організмі людини, в першу чергу шлунково-кишкового тракту [5].

Кисломолочні продукти містять необхідні для нормальної життєдіяльності організму вітаміни. Мікрофлора кисломолочних продуктів синтезує вітаміни С, В₁, В₂.

Кисломолочні продукти містять живі мікроорганізми, в тому числі пробіотики, які в організмі людини створюють несприятливі умови для розвитку патогенної мікрофлори.

Пробіотик функціональний харчовий інгредієнт у вигляді корисних для людини (не патогенних і нетоксикогенних) живих мікроорганізмів, що забезпечує при систематичному вживанні людиною в їжу безпосередньо у

вигляді препаратів або біологічно активних добавок, сприятливо діє на організм людини в результаті нормалізації складу і підвищенню біологічної активності нормальної мікрофлори кишківника [6].

У процесі життєдіяльності молочнокислих бактерій накопичується комплекс біологічно активних речовин (ферментів, молочної та оцтової кислот, антибіотичних речовин). Дієтичні кисломолочні продукти покращують обмін речовин, стимулюють виділення шлункового соку, збуджують апетит.

Оздоровлення організму людини і забезпечення його активної життєдіяльності на основі використання кисломолочних продуктів з функціональними властивостями є новим перспективним напрямком у медицині і нутриціології, як її складової частини [1].

Додаючи проростки в їжу, людина отримує поживні речовини в самій доступній формі, активну ферментну систему рослини, макро- і мікроелементи та величезну кількість антиоксидантів. Весь цей комплекс корисних речовин органічно вбудований в живу тканину рослини і знаходиться в збалансованих кількостях і співвідношеннях. Таке рідкісне поєднання корисних властивостей даного продукту визначає його здатність повертати людям справжнє здоров'я.

Пророщене насіння – оздоровчий продукт. При регулярному споживанні під впливом найрізноманітніших корисних для людини речовин, а також енергії проростання насіння відбувається оздоровлення організму, позбавлення одночасно від багатьох недуг. Введення проростків в раціон стимулює обмін речовин і кровотворення, підвищує імунітет, компенсує вітамінну і мінеральну недостатність, нормалізує кислотно-лужний баланс, сприяє очищенню організму від шлаків, інтенсивному травленню, підвищує потенцію, уповільнює процеси старіння [2].

Ячмінь це природний вітамінно-мінеральний комплекс, який надає сили і зміцнює пам'ять. Ячмінь зібрав у собі всі поживні речовини, які необхідні людині для нормальної життєдіяльності та міцного здоров'я. Крім того ячмінь – чемпіон за вмістом в природному вигляді кальцію, калію, марганцю і заліза, магнію, йоду, бром, кобальту, стронцію [6].

В ячмінному зерні міститься вітамін А, вітаміни групи В, вітаміни D, Е, РР і широкий набір мікроелементів.

Ячмінь містить білок, який за своєю харчової цінності перевершує пшеничний. Ячмінь це справжній природний «лікар». Він очищає організм від токсинів і шлаків. Зерно ячменю на 5 – 6% складається з клітковини, яка необхідна шлунку і кишечнику. Клітковина нормалізує травлення і виводить з організму всі шкідливі продукти розпаду. Як відомо, їжа бідна харчовими волокнами, не сприяє насиченню і призводить до переїдання.

Створення кисломолочного продукту з пророщеними зернами ячменю і сиропом шипшини є перспективним і доцільним з огляду на унікальний склад компонентів [3].

Органолептичні властивості зразків з різною масовою часткою пророщених зерен представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Дослідження органолептичних властивостей зразків із різною масовою часткою пророщених зерен

Зразок	Смак і запах	Колір згустку	Консистенція
Контроль	Чистий кисломолочний, без сторонніх присмаків і запахів	Білий	Щільний згусток, однорідна консистенція
Масова частка зерен 2%	Чистий кисломолочний, без сторонніх присмаків і запахів	Білий	Щільний згусток, однорідна консистенція
Масова частка зерен 4%	Кисломолочний, з легким «рослинним» присмаком	Білий зі злегка кремовим відтінком	Щільний згусток, однорідна консистенція
Масова частка зерен 6%	Кисломолочний, з легким «рослинним» присмаком	Білий з кремовим відтінком	Щільний згусток, однорідна консистенція
Масова частка зерен 8%	Кисломолочний, з вираженим «рослинним» присмаком зерен	Кремовий	Згусток щільний з незначним відділенням сироватки, однорідний

Найбільш приємним кисломолочним смаком з легким «рослинним» присмаком зерен і хорошою консистенцією з щільним згустком, без відділення сироватки мають зразки з масовою часткою зерен 4 % і 6 %.

Для визначення оптимального за органолептичними властивостями зразка була проведена дегустація досліджуваних зразків. Дегустація проводилася за п'ятибальною шкалою. Максимальна кількість балів відповідно до дегустації набрав зразок з масовою часткою пророщених зерен ячменю 6%.

Висновки. Встановлено, що внесення до складу кисломолочних продуктів пророщених зерен ячменю дозволяє отримати продукт з хорошими органолептичними та фізико-хімічними властивостями.

Список використаної літератури

1. Соломон А. М., Полевода Ю. А. Обґрунтування складу ферментованих продуктів з використанням рослинних наповнювачів. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2020. № 3 (110). С. 126–134.
2. Соломон А. М., Полевода Ю. А. Інноваційна технологія виробництва кисломолочного напою для харчування людей похилого віку. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2020. № 1 (108). С. 65–74.
3. Усатюк С. І., Королюк Т. А., Вознюк А. В., Демчина Г. Л. Кисломолочні напої з наповнювачем з пророщеного жита. *Харчова промисловість*. 2012. № 13. С. 28–30.
4. Solomon A., Bondar M., Dyakonova A. Substantiation of technology of fermented sour-milk desserts with bifidogenic properties. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2019. 1/11 (97). С. 6–16.
5. Соломон А.М., Новгородська Н.В., Бондар М.М. Кисломолочні десерти з подовженим терміном зберігання: монографія. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2019. 155 с.

Б. Капрельянц Л. Функціональні продукти і нутрицевтики – сучасні підходи харчової науки. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. Вип. 73. С. 441.

Ганна КОМІСАРОВА¹⁶,
студентка 2 курсу,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна.

БІОХІМІЧНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ В М'ЯСНОМУ ФАРШІ ПІД ЧАС ПОСОЛУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КУЛЬТУР РЦІ–47 ТА СБІ–05

Анотація. У статті досліджено можливість використання мікроорганізмів для покращення мікробіологічних та органолептичних властивостей готової продукції. У ковбасному виробництві біохімічні процеси відіграють важливу роль на першій стадії виробництва, тобто посолі сировини, і виробляють високоякісні продукти, які легко засвоюються. Було досліджено вплив різних заквасок, включаючи подвійні та потрійні закваски, на гідролітичну активність м'язових білків і активність катепсину, а також досліджено активність генів катепсину. Для визначення доцільності використання заквасок досліджено їх вплив на солестійкі білки м'яса. Внесення бактеріальних культур РЦІ–47 (*Lactobacillus lactis* + *Bifidobacterium longum*) та СБІ–05 (*Lactobacillus maltaromicus* + *Bifidobacterium lactis*) (фірма «Тестмейкерс» Німеччина) дає можливість гарантовано отримати необхідний рівень розщеплення білків на стадії посолу, скоротити час посолу і отримати після термічної обробки продукт з високими органолептичними, мікробіологічними та технологічними показниками.

Ключові слова: фарш, посол, стартові культури, катепсини, мікроорганізми, органолептичні показники.

Annotation. The article investigates the possibility of using microorganisms to improve the microbiological and organoleptic properties of finished products. In sausage production, biochemical processes play an important role at the first stage of production, i.e. salting of raw materials, and produce high-quality products that are easily digestible. The effect of various starter cultures, including double and triple starter cultures, on the hydrolytic activity of muscle proteins and cathepsin activity was investigated, as well as the activity of cathepsin genes. To determine the feasibility of using starter cultures, their effect on salt-resistant meat proteins was investigated. The

¹⁶Науковий керівник – Людмила КОЛЯНОВСЬКА, к. т. н., доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

introduction of bacterial cultures RCI-47 (Lactobacillus lactis + Bifidobacterium longum) and SBI-05 (Lactobacillus maltaromicus + Bifidobacterium lactis) (Testmakers company, Germany) makes it possible to guarantee the required level of protein breakdown at the salting stage, reduce the salting time and obtain a product with high organoleptic, microbiological and technological indicators after heat treatment.

Key words: *stuffing, salting, starter cultures, cathepsin, bacteria, organoleptic properties.*

Вступ. Сучасна харчова промисловість зосереджена на розробці та впровадженні новітніх технологій, спрямованих на підвищення якості, безпеки та органолептичних характеристик м'ясних продуктів. Одним із перспективних напрямків є використання мікроорганізмів, зокрема стартових культур, які сприяють біохімічним процесам у м'ясній сировині, покращуючи її структурно-функціональні властивості та сприяючи скороченню часу технологічної обробки [1,2].

Ферментація за участю молочнокислих бактерій та біфідобактерій є природним процесом, який використовується у виробництві м'ясних виробів. Вона не лише забезпечує безпечність продукту завдяки антагоністичній дії корисних мікроорганізмів щодо патогенних і умовно-патогенних бактерій, але й покращує його органолептичні характеристики. Використання специфічних бактеріальних культур дозволяє контролювати протеолітичні та ліполітичні процеси, які відіграють ключову роль у формуванні консистенції, смаку та аромату готової продукції [3,4].

Однак, незважаючи на численні дослідження в цій галузі, недостатньо вивченими залишаються питання впливу різних стартових культур на гідроліз білків м'язової тканини, зміну активності катепсинів та їхню роль у процесах посолу м'яса. Відсутність чітких даних щодо швидкості та ефективності цих процесів за участю конкретних бактеріальних штамів ускладнює розробку оптимізованих технологічних схем виробництва.

Таким чином, актуальність даного дослідження обумовлена необхідністю визначення впливу стартових культур на протеолітичну активність м'язових білків, динаміку накопичення амінного азоту та зміни вологозв'язуючої здатності фаршу. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації процесів виробництва м'ясних продуктів з покращеними мікробіологічними, органолептичними та технологічними характеристиками.

Створення високоякісних продуктів харчування, які покращують харчову безпеку людей, є складним завданням для харчової промисловості. Показано, що цілеспрямоване застосування мікроорганізмів дозволяє отримувати м'ясні продукти стабільної якості і звести до мінімуму можливість отримання неякісного продукту. Технологічна дія мікроорганізмів на м'ясо пояснюється використанням біологічних компонентів, органічних кислот, бактеріоцинів, ферментів, вітамінів та інших речовин які прискорюють технологічні процеси та

сприяють покращенню санітарно-мікробіологічних, органолептичних показників готового продукту і найголовніше його безпеку [5-10].

Дослідження біохімічних процесів, що відбуваються в процесі обробки сировини, а саме на етапі посолу м'ясного фаршу дає можливість вивчити вплив на білки м'яса різних культур мікроорганізмів, підібрати оптимальні культури для покращення технологічних показників, та скоротити час обробки тим самим гарантувати отримання якісного продукту [11, 12].

Метою роботи є дослідження протеолітичної активності стартових культур РЦІ-47 (*Lactobacillus lactis* + *Bifidobacterium longum*) та СБІ-05 (*Lactobacillus maltaromicus* + *Bifidobacterium lactis*) на стадії посолу м'ясної сировини, а також їхнього впливу на структурно-функціональні властивості фаршу.

Виклад основного матеріалу. Матеріали та методи дослідження. Наукові дослідження проводились в виробничих умовах місцевого ПП «Зерно» с. Іванівка Вінницького району. Досліджували протеолітичну активність, вологозв'язуючу здатність м'ясного фаршу з використанням стартових культур РЦІ-47 (*Lactobacillus lactis* + *Bifidobacterium longum*) та СБІ-05 (*Lactobacillus maltaromicus* + *Bifidobacterium lactis*) (фірма «Тест-мейкерс» Німеччина), на етапі посолу сировини. Для дослідних зразків використовували яловичий фарш (1 сорт), з додаванням стартових культур [11,12].

Використовували два типи заквасок: перший тип РЦІ-47(*Lactobacillus lactis* + *Bifidobacterium longum*), *ругий* – СБІ-05 (*Lactobacillus maltaromicus* + *Bifidobacterium lactis*). Однією з важливих характеристик лакто- і біфідобактерій, яку можна охарактеризувати, є протеолітична активність. Вона характеризує процес розщеплення білків з утворенням простих азотистих сполук. Проте недостатньо відомостей про протеолітичні ферментні системи лактобактерій і біфідобактерій та вплив різних факторів на їх життєдіяльність, тому дослідження по вивченню впливу технологічної обробки на протеолітичну активність лакто та біфідобактерій, є актуальними. Результати показані на рис. 1, показують, що в дослідних зразках спостерігається більш швидке накопичення амінного азоту в порівнянні з контрольними. При застосуванні культури РЦІ-47 через 8 годин вміст аміноазоту становив 0,19 мг на 100 г, тоді як при внесенні культури СБІ-05 такий показник досягається через 10 годин, а в контрольному зразку через 24 години.

Графік демонструє динаміку змін вмісту амінного азоту (мг%) у фарші протягом часу посолу (год). Зростання амінного азоту. Всі три криві показують зростання рівня амінного азоту з часом, що свідчить про процеси ферментативного розщеплення білків у фарші. Найбільші зміни відбуваються в перші 5–10 годин, після чого рівень амінного азоту стабілізується.

Контроль (синя лінія): має найнижчий рівень амінного азоту протягом усього процесу. Це свідчить про меншу активність протеолітичних ферментів.

Фарш з СБІ 05 (червона лінія): має вищий рівень амінного азоту порівняно з контролем, особливо на ранніх етапах.

Фарш з РЦІ 47 (жовта лінія): демонструє схожу динаміку з фаршем із СБІ 05, але злегка вищі значення на ранніх етапах.

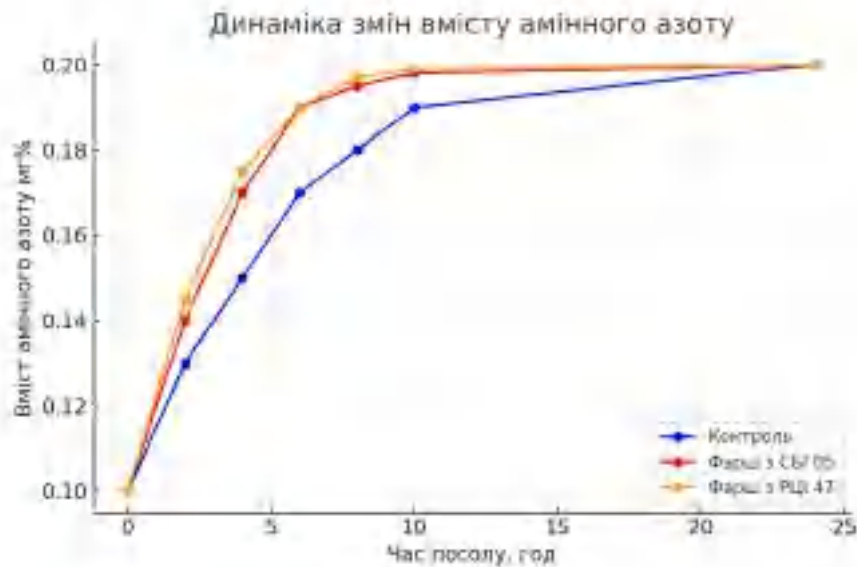


Рис. 1 Динаміка накопичення амінного азоту в процесі посолу м'яса

Розвиток більш швидких процесів дозрівання підтверджується зміною протеолітичної активності катепсинів, дана динаміка представлена на рис. 2. Після 8 годин висолювання спостерігалось збільшення активності катепсинів в дослідних зразках, але активність у зразках РЦІ-47 була вищою, ніж у зразках СБІ-05. Більш висока активність протеїназ в дослідних зразках в порівнянні з контрольними пов'язана з дією протеолітичних ферментів лактобактерій, що призводить до руйнування лізосом, в результаті чого катепсини активуються.

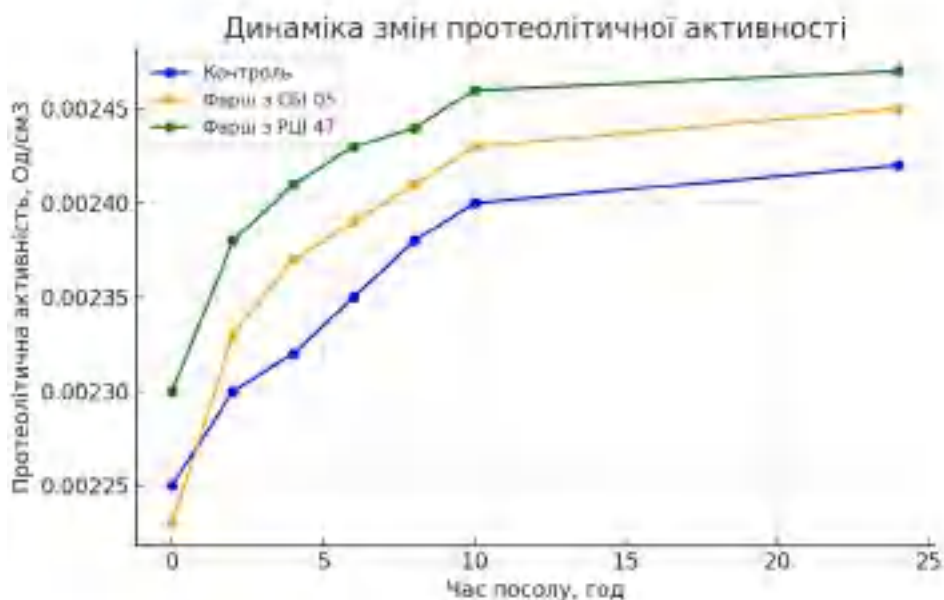


Рис. 2 Зміна протеолітичної активності катепсинів

Дослідження показали, що ферментуючи лактат, лактобактерії та біфідобактерії зміщують рН до слабнокислого рівня, що активує розпад лізосом та сприяє вивільненню катепсини, які також залежить від гліколізу.

Крім того, в ході експериментальних досліджень вивчалися функціонально-технологічні властивості м'ясного фаршу з використанням культури РЦІ-47 (*Lactobacillus lactis* + *Bifidobacterium longum*). Зміна вологосв'язуючої здатності (ВЗЗ) м'ясного фаршу є важливим показником в формуванні структури фаршу. Цей показник важливий при термічній обробці готового продукту і, отже, від нього залежить економічна ефективність. З експериментальних досліджень, представлених на рис. 3, видно, що інтенсивне зниження ВЗЗ спостерігається в дослідному зразку з використанням РЦІ-47.

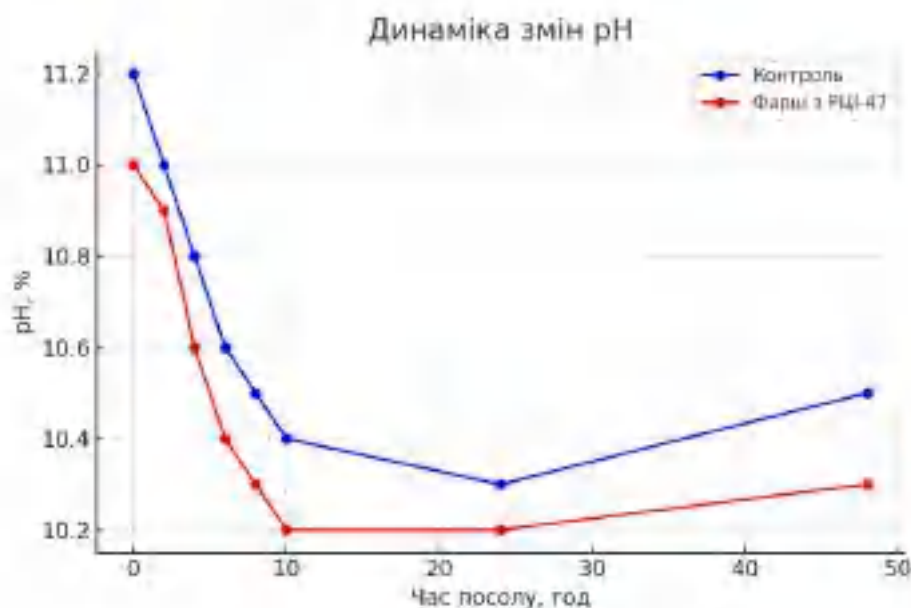


Рис. 3 Зміна ВЗЗ м'ясного фаршу в процесі посолу

Цей ефект пов'язаний з прискореним гліколізом і накопиченням молочної кислоти, яка знижує рН, наближаючи його до ізоелектричної точки білків м'яса, що викликають структурні зміни білків природним шляхом (коагуляції та ущільнення). Крім того, кількість гідрофільних судин зменшується відповідно до кількості гідрофобних ділянок. Все це призводить до зниження ВЗЗ протягом 8 годин, тоді як у контрольному зразку значення ВЗЗ знижується повільніше, так як ізоелектрична точка білку досягається тільки до 24 годин. Відомо, що існує взаємозв'язок між показниками ВЗЗ, зміною структури білків м'язових волокон і втратою маси при тепловій обробці.

Висновки. Згідно з дослідженням біохімічних властивостей стартових культур, РЦІ-47 (*Lactobacillus lactis* + *Bifidobacterium Longum*) і СБІ-05 (*Lactobacillus maltaromicus* + *Bifidobacterium la stis*) перевага надається культурі РЦІ-47 значно скорочує час проходження ізоелектричної точки білків м'ясного фаршу і сприяє більш швидкому утворенню актоміозинового комплексу.

Використовуючи стартову культуру РЦІ-47, можна значно скоротити час засолювання та досягти необхідних технологічних показників для можливості подальшої термічної обробки фаршу.

Мікроорганізми культури РЦІ-47 ростуть інтенсивніше, що дозволить скоротити час виготовлення ковбас, зменшити витрати на технологічні операції і відповідно зменшити собівартість готової продукції.

Список використаної літератури

1. Зайграєва Л.В., Михайлов А.І. Біохімічні процеси ферментації м'яса. *Meat Science*. 1996. Т. 42. №1. С. 45-52.
2. Schiffner R., Krueger J., Hoffmann T. The use of microbial starter cultures in meat processing: a review. *Journal of Food Microbiology*. 1990. Vol. 30. No. 2. Pp. 67–75.
3. Костенко П., Григор'єв М., Петров В. Вплив бактеріальних культур на гідроліз білків під час посолу м'яса. *Journal of Applied Microbiology*. 1995. Т. 78. №4. С. 123-130.
4. Нефедова Т.А., Сидоров В., Корнелаєва О.В. Протеолітична активність лактобактерій і біфідобактерій у ферментованих м'ясних продуктах. *Food Biotechnology*. 2003. Т. 12. №3. С. 89-101.
5. Leroy F., De Vuyst L. Lactobacilli as functional starter cultures for meat fermentation. *Trends in Food Science & Technology*. 2004. Vol. 15. No. 2. Pp. 67–78.
6. Montel M.S., Reitz J., Talon R. Microbial ecology and development of starter cultures for fermented meat products. *International Journal of Food Microbiology*. 1998. Vol. 45. No. 3. Pp. 231–245.
7. Ammor S., Mayo B. Selection criteria for lactobacilli to be used as starter cultures in the manufacture of dry sausages. *Meat Science*. 2007. Vol. 76. No. 1. Pp. 138–146.
8. Lüke F.C. The use of microbial cultures for meat fermentation and biopreservation. *Meat Science*. 2000. Vol. 56. No. 2. Pp. 105–115.
9. González-Fernández S., Santos E.M., Rovira J. Technological properties of lactobacilli and their impact on fermented sausages. *Meat Science*. 2003. Vol. 64. No. 4. Pp. 475–480.
10. Casaburi A., Blaiotta G., Mauriello G. Technological properties and bacteriocinogenic activity of lactobacilli isolated from fermented sausages. *International Journal of Food Microbiology*. 2008. Vol. 125. No. 3. Pp. 275–283.
11. Крижак С.В., Власенко В.В., Коляновська Л.М., Новгородська Н.В. Зміни динаміки накопичення летких жирних кислот, вмісту вологи при використанні молочнокислих бактерій у виробництві ковбас. *Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК»*. Вінниця. 2016. № 3 (95). С. 117-121.
12. Коляновська Л.М. Розробка виробництва сировокопчених ковбас функціонального спрямування. *Праці Таврійський державний агротехнологічний університет*. Вип. 16. Т. 1. Мелітополь: ТДАТУ, 2016. С. 83-89.

Марк ПОЛЄВОДА¹⁷,
студент 1-го курсу,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ЯКІСТЬ ТА БЕЗПЕКА МОЛОКА В УКРАЇНІ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Анотація. Харчова промисловість відіграє ключову роль у забезпеченні контролю якості харчових продуктів, оскільки вона безпосередньо зацікавлена в їх безпеці та маркетингових характеристиках. Завдяки наявним науково-технічним ресурсам та досвіду вирішення подібних проблем, харчова промисловість має значний потенціал для розвитку нових підходів до їх розуміння та вирішення. Сучасний рівень розвитку харчової промисловості викликає зростаючу потребу у підтвердженні безпеки продуктів, які потрапляють на ринок. Внаслідок забруднення харчових продуктів ксенобіотиками, харчовими добавками, генетично модифікованими організмами (ГМО) та іншими потенційно небезпечними компонентами, що можуть з'явитися під час технологічних процесів виготовлення, питання контролю якості стало надзвичайно актуальним.

Ключові слова: харчові продукти, якість, безпечність, стандарти, методи контролю.

Annotation. The food registration plays a key role in the continuous quality control of food products, which are uselessly fixated on their irresponsible and marketing characteristics. With scientific and technical resources and solutions to various problems, the nature of the industry can have significant potential for developing new approaches to their solution and solution. The random growth in demand for heavy industrial products increases the need for confirmed over-the-counter products that are bought on the market. As a result of contamination of heavy products with xenobiotics, characteristic changes, genetically modified organisms (GMOs) and more powerful harmful components that can occur during technological processes of preparation, nutritional control, it has become obvious. relevant.

Keywords: food products; quality; safety; standards; control methods.

Вступ. Державні структури, власники суб'єктів господарювання повинні відповідально ставитись до виробництва якісного та безпечного для здоров'я людини і тварин молока й молокопродуктів.

Україна приєдналась до Світової організації торгівлі та заявила про своє

¹⁷ Науковий керівник – Алла СОЛОМОН, доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

бажання вступити до Європейського Союзу. Однією з основних вимог для вступу будь-якої країни в ці організації є виробництво високоякісної продукції за вимогами міжнародних стандартів, гарантування безпеки продукції для життя і здоров'я людей та безпеки довкілля, гармонізація законодавчих та нормативно-правових актів із законодавством цих країн.

В Україні законодавча база нормативно-правових актів щодо якості та безпеки молока врегульована недостатньо, а введений ДСТУ 3662-2018 розрахований в основному на молоко, яке заготовлялося у колективних сільськогосподарських підприємствах.

Тому фахівцями ветеринарної медицини України розроблені й введені в дію «Ветеринарні та санітарні вимоги до особистих підсобних господарств населення виробників сирого товарного молока» і «Ветеринарні та санітарні вимоги до пунктів закупівлі молока від тварин, які утримуються в особистих господарствах населення», оскільки значна частка молока надходить на молокопереробні підприємства з приватного сектора.

Відповідно до сучасних міжнародних вимог, щодо якості продукції лише якісний контроль є вже недостатнім тому, що він не може гарантувати повну безпеку.

Окремі аспекти контролю якості продукції розглядались у багатьох працях вітчизняних та зарубіжних авторів [1].

Метою нашої роботи було проаналізувати нові системи управління якістю продукції, що запроваджує сучасна світова харчова промисловість.

Виклад основного матеріалу. В Європейському Союзі розробка програм, принципів і процесів, що визначають вимоги до безпеки продуктів, (знаходиться в компетенції окремих держав – членів ЄС), чий законодавства дуже відрізняються між собою. Європейський Союз видає директиви та уніфікує вимоги до безпеки продуктів харчування та кормів, для того, щоб забезпечити вільний рух продуктів в країнах ЄС.

Європейським Парламентом та Радою 28 січня 2002 року було прийнято Постанову (ЄС) № 178/ 2002, якою визначені загальні принципи і вимоги закону про продукти харчування, а також прийнято рішення про створення європейського органу контролю безпеки продуктів харчування і встановлення методів забезпечення безпеки продуктів (ABF. № ЄС 31, с. 1). Дія постанови розповсюджується на всі країни ЄС. Мета постанови (ЄС) № 178/ 2002: «Створення основ для високого рівня захисту здоров'я людини та споживчих інтересів в галузі продуктів харчування, беручи до уваги різноманіття асортименту харчових продуктів» [2]. Це стало передумовою для створення міцної наукової основи і ефективної організаційної структури, для розвитку «методу обґрунтування розробки рішень з питань безпеки продуктів харчування та кормів».

На основі цієї постанови було організовано Європейське відомство захисту безпеки продуктів харчування.

Дія постанови (ЄС) № 178/ 2002 розповсюджується на всі етапи виробництва, обробки та збуту продуктів харчування та кормів. Небезпечні

продукти з моменту вступу в дію закону не можуть розповсюджуватися в країнах ЄС, імпортуватися чи експортуватися. Сутність системи надійності продуктів – це так звана «простежуваність», яка передбачає можливість відслідковування руху, місцезнаходження і походження харчової продукції, тварин і компонентів тваринного походження, призначених для використання в якості продуктів харчування, на всіх стадіях виробництва, обробки та розподілу.

Згідно постанови (ЄС) № 178/ 2002, небезпека – це біологічний, хімічний або фізичний фактор в продукції або кормах, чи стан продукту або кормів, які можуть нанести шкоду здоров'ю [3].

Комісія Codex Alimentarius (CA), впровадила спільну для Всесвітньої продовольчої організації (FAO) та Всесвітньої організації охорони здоров'я (WHO), програму харчових стандартів, мета якої – захист здоров'я споживачів і забезпечення справедливої торгівлі харчовими продуктами.

Головні принципи Codex Alimentarius (CA) закладають міцний фундамент для забезпечення гігієни харчування і повинні використовуватися в поєднанні з кодексом гігієнічних норм і Керівництвом з мікробіологічних критеріїв. Вони охоплюють ланцюг від первинного виробництва до кінцевого споживання, висвітлюючи ключові перевірки гігієни на кожній стадії. Кодекс рекомендує заснований на НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points – аналіз небезпеки і критичні контрольні точки) підхід всюди, де можливо підвищити безпеку харчових продуктів, як описано в системі НАССР.

Сьогодні в Україні існує думка, що введення в дію ДСТУ 3662-2018 наближає нас до нормативних документів ЄС. Проте це далеко не так. Директивою 92/46 ЄС від 16.07.92 р., яка встановлює медико-санітарні правила виробництва і розміщення на ринку сирого молока, молока, підданою тепловій обробці, й продуктів на молочній основі, визначені граничні вимоги до цієї продукції. При цьому зазначено, що вона повинна мати температуру замерзання не вище за $-0,520^{\circ}\text{C}$, густину 1028 г/л при $t=20^{\circ}\text{C}$, містити 28 г білка на літр і масу сухого знежиреного залишку не менше від 8,503 г, не більше ніж 100 тис./мл і не більше за 400 тис./мл соматичних клітин [4].

За нашим чинним стандартом МДР соматичних клітин 400 тис./мл (у 2 рази перевищує вимоги директиви) і 3 м/см мікроорганізмів (перевищення у 3000 разів). А це тільки найбільш суттєві показники. У зв'язку з цим нині вкрай потрібна нормативно-правова база, яка б змогла поступово наблизити нас до європейських вимог. Перший крок у цьому напрямку зроблено: розроблено проект «Правил ветеринарно-санітарної експертизи молока і молочних продуктів», що встановлюють ветеринарно-санітарні вимоги до молока і молочних продуктів, які реалізуються на ринках, за прямими зв'язками (підприємствам громадського харчування, лікувальним закладам тощо), надходять у вільний продаж і при постачанні сировини та виробництві молочних продуктів [5].

Цей документ регламентує вимоги лише до реалізації, порядку відбору проб і ветеринарно-санітарної оцінки молока. Отже, необхідний єдиний документ, який би охоплював усі аспекти виробництва і переробки молока. Тому

доцільним є створення міжвідомчої робочої групи спеціалістів-практиків і вчених для підготовки у стислий термін нормативного документа, щоб враховував би такі аспекти:

1. Організувати виробництво і безперервне постачання високоякісних кормів і кормових добавок для молочної худоби відповідно до розроблених норм годівлі.

2. Переглянути і кардинально змінити умови утримання тварин, враховуючи продуктивність, конституцію, генетичні особливості, які мають бути стандартизованими і пристосованими до нових технологій. Система технологія тварина повинна комплексно вирішуватися шляхом подальших досліджень взаємозв'язку тварини і всієї окупності механізмів, що використовуються в технології виробництва молока. При цьому слід приділяти увагу не тільки повноті механізації, а й умовам утримання тварин у різні періоди року та їх фізіологічній етапності.

Вдосконалювати селекцію як найважливіший фактор підвищення якості молочної продукції при високих надоях. У селекційних планах особливого значення потрібно надавати, насамперед, отриманню високопродуктивних білково молочних і жиромолочних тварин.

Удосконалити вимоги до якості й безпеки незбираного молока, насамперед:

- ✓ визначати загальне бактеріальне молоко, оскільки чинні методи недосконалі, трудомісткі та займають багато часу;

- ✓ ввести в стандарт визначення рН молока, а не кислотності в градусах Тернера, бо зміни його якісного складу більш об'єктивно характеризує показник рН порівняно з градусами Тернера;

- ✓ вилучити з державного стандарту показник механічної забрудненості молока, але залишити визначення цього показника при внутрішньому контролі (для виробника);

- ✓ розробити та запровадити ефективні експресні методи визначення соматичних клітин у молоці;

- ✓ вдосконалити метод визначення інгібіторів у молоці та систематично здійснювати їх дефініцію;

- ✓ ввести в обов'язковому порядку визначення незв'язаної з молоком води, що буде гарантувати надходження на переробку молока з природним співвідношенням складових частин.

Для підвищення продуктивності молочного скотарства необхідно вдосконалювати доїльну техніку, знижувати вакуум і частоту пульсацій на початкових і кінцевих стадіях доїння, автоматизувати відділення доїльних апаратів, запрограмувати автоматичне миття і дезінфекцію. Причому процес має відбуватися в доїльних залах, де шлях від отримання до охолодження молока мінімальний.

Покращити методи зберігання санітарно-гігієнічних показників молока шляхом охолодження чи іншими способами.

Замінити підходи до миття і дезінфекції молочного посуду та обладнання.

Зусилля вчених спрямовувати на розробку нового покоління мийних і дезінфекційних речовин, за допомогою яких можна було б мінімізувати бактеріальне обсіменіння молока в процесі його отримання.

Посилити контроль за показниками безпеки в молоці; особливої уваги заслуговує визначення вмісту в ньому антибіотиків і пестицидів.

Слід зауважити, що в Україну дозволяється ввіз харчових продуктів тваринного походження лише з тих країн, де запроваджені Національні програми контролю залишків і не застосовують стимулятори росту, ветеринарні препарати, субстанції і технології обробки продуктів тваринництва, заборонені в Україні. Державний департамент ветеринарної медицини згідно з даними Міжнародних організацій (МЄБ, СОТ, WHO, PDA та ін.) та на основі вітчизняних досліджень складає перелік країн, імпорт продуктів харчування з яких заборонений. Цей перелік систематично поновлюється. Всі продукти, що імпортуються, проходять передбачену українським законодавством процедуру митного оформлення, яка вимагає наявності ветеринарного сертифікату та інших документів, які підтверджують якість та безпеку даного вантажу.

Серед першочергових комплексних заходів програма передбачає забезпечення населення України якісною, безпечною та доступною за ціною сільськогосподарською продукцією та створення умов для підвищення конкурентоздатності вітчизняної агропродукції на внутрішньому і зовнішньому ринках. У цьому разі важливе значення має дотримання Закону України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини», головним завданням якого є посилення відповідальності всіх учасників продовольчого ринку (виробництво, переробка, зберігання, реалізація, державний контроль) за якість і безпеку продукції.

Висновки. Основою гарантування безпеки молочної продукції в Україні є система моніторингу залишкових кількостей препаратів, санітарно небезпечних збудників і токсичних речовин у продуктах харчування тваринного походження та кормах вітчизняного виробництва, яка включає в себе нагляд та контроль.

Кількісна оцінка ризику має здійснюватися на базі нових систем контролю санітарної безпеки харчових продуктів і стає особливо важливою для проведення міжнародної торгівлі харчовими продуктами.

Необхідна розробка стандартів діючих речовин і допустимих значень залишків пестицидів та інших речовин в продуктах харчування і кормах. Це дасть змогу контролювати процес виробництва якісної продукції.

Список використаної літератури

1. Мельник С. Р., Мельник Ю. Р., Дзіняк Б. О., Оробчук О. М. Сучасні концепції управління якістю та безпечністю харчових продуктів. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету: Технічні науки*. 2022. № 32. С.89-99.

2. Визнані стандарти в сфері безпеки. [Електронний ресурс]. URL: <https://stina.org.ua/wp-content/uploads/2019/04/Vyznani-standarty-harchovoyi-bezpeky.pdf>

3. Слива Ю. В. Наукові основи концепції управління безпечністю харчових продуктів згідно з вимогами міжнародних стандартів. *Товарознавчий вісник*. 2021. № 14. С. 95-105.

4. Consumers and food safety: A food industry perspective [Електронний ресурс]. URL: <https://www.fao.org/4/v2890t/v2890t05.htm>

5. Best Practices for Maintaining Food Safety Standards [Електронний ресурс]: URL: <https://www.menusano.com/best-practices-for-maintaining-food-safety-standards/>

Ольга ПРОЦЮК¹⁸,
студентка 2-го курсу,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ФЕРМЕНТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ: ЕФЕКТИВНІ РІШЕННЯ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

***Анотація.** У статті розглянуто особливості застосування ферментів у харчовій промисловості, зокрема в хлібопекарській, кондитерській, цукровій, м'ясній, спиртовій та крохмале-патоковій галузях. Визначено, що впровадження ферментних препаратів сприяє прискоренню технологічних процесів, підвищенню якості та збільшенню виходу готової продукції. Застосування ферментів у харчовій промисловості активно розширюється, охоплюючи нові напрями та функції. Їх використання як технологічних добавок-поліпшувачів довело свою ефективність у покращенні харчових систем.*

***Ключові слова:** харчові технології, ферменти, ефективність, виробництво.*

***Annotation.** The article examines the features of the use of enzymes in the food industry, in particular in the baking, confectionery, sugar, meat, alcohol and starch-molasses industries. It is determined that the introduction of enzyme preparations contributes to the acceleration of technological processes, improving the quality and increasing the yield of finished products. The use of enzymes in the food industry is actively expanding, covering new areas and functions. Their use as technological additives-improvers has proven its effectiveness in improving food systems.*

***Key words:** food technology, enzymes, efficiency, production.*

Вступ. Харчова промисловість традиційно займає провідні позиції як у

¹⁸Науковий керівник – Алла СОЛОМОН, доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

світовій, так і у вітчизняній економіці, залишаючись ключовою та стратегічно значущою галуззю. Одним із перспективних напрямів її розвитку є впровадження ферментних технологій, які дозволяють оптимізувати виробничі процеси та покращити якість кінцевої продукції.

Сьогодні ферменти широко застосовуються у виробництві хлібобулочних і кондитерських виробів, у виноробстві та пивоварінні, у спиртовій, а також у виготовленні соків, безалкогольних напоїв та багатьох інших харчових продуктів. Завдяки ферментативним процесам вдається покращити органолептичні властивості продукції, підвищити її харчову цінність і навіть скоротити витрати сировини.

Наукові дослідження у цій сфері залишаються актуальними, адже з понад 25 тисяч природних ферментів детально вивчено лише близько 3 тисяч, і ще менша їх частина використовується у виробництві. Це відкриває великі перспективи для розробки нових ефективних рішень у харчових технологіях.

Виклад основного матеріалу. Ферменти широко застосовуються в харчовій промисловості, зокрема в м'ясній, спиртовій, пивоварній, хлібопекарській галузях та у виробництві соків.

М'ясна промисловість. Ензим рослинного, тваринного й мікробного походження сприяють дозріванню м'яса, покращують його якість і зменшують втрату вологи. Протеази підвищують біологічну цінність білків, а трансглютаміназа бере участь у модифікації білків, ліпідів і вуглеводів. Такий підхід сприяє покращенню якісних показників продукції та ефективності виробництва [3, 4].

У сфері виготовлення плодово-ягідних соків, вин та безалкогольних напоїв важливу роль відіграє якість використовуваної сировини, оскільки вона суттєво впливає на кінцевий продукт. Враховуючи широкий асортимент таких напоїв, ферментативні препарати застосовуються для оптимізації виробничих процесів. Залежно від поставленої технологічної мети, ферменти поділяються на кілька груп:

1. Підвищення виходу продукції та концентрації екстрактивних речовин у процесі виробництва нефільтрованих соків;
2. Повний гідроліз пектинових та азотистих сполук для отримання прозорих, освітлених соків;
3. Збільшення кількості та покращення однорідності соків із м'якоттю шляхом ферментативного розм'якшення фруктово-ягідної структури;
4. Нарощування виходу та екстрактивності виноматеріалів;
5. Збереження мікробіологічної чистоти продукту та подовження терміну його придатності для соків, вин та безалкогольних напоїв [6,7].

Спиртова галузь. Гідроліз крохмалю забезпечують амілази, що покращують оцукрення й прискорюють бродіння. Використання ферментів сприяє більш повному розщепленню крохмалю, що підвищує ефективність виробництва.[8].

Пивоваріння. Ферменти полегшують затирання, сприяють бродінню, покращують фільтрацію та органолептичні властивості пива. Папаїн та його

комплексні форми запобігають помутнінню напою [9].

Хлібопекарська промисловість. Ензими прискорюють бродіння тіста, покращують структуру м'якушки та подовжують свіжість хліба. Амілолітичні ферменти активізують бродіння, а глюкоамілази використовуються при виробництві рідких дріжджів та заквасок. Додавання целюлази, ксиланази й ліпази покращує текстуру замороженого тіста, а глюкозооксидаза зміцнює клейковину [10,11].

Застосування ферментів у кондитерській промисловості. У сфері виробництва борошняних кондитерських виробів (БКВ) широко використовуються протеолітичні ферменти та α -амілаза. Їх основна роль полягає в оптимізації процесів бродіння, коригуванні фізичних властивостей клейковини, зміні структурно-механічних характеристик тіста та прискоренні його дозрівання, особливо у разі використання пресованих або сухих хлібопекарських дріжджів. Це сприяє покращенню структури тіста, регулюванню складу незброджених цукрів і азотистих сполук, які беруть участь у реакціях меланоїдиноутворення. Внаслідок цього посилюється насиченість кольору та аромат готової продукції, що особливо важливо для випічки типу галет і крекерів [15].

Висновки. Доступність та якість продуктів харчування є ключовими чинниками продовольчої безпеки країни, а також показниками її соціальної стабільності. В умовах ринкової економіки важливо забезпечити споживачів продукцією, здатною конкурувати за якістю та ціною. Зроблено висновок, що досягнення високих стандартів продукції, збільшення виходу готових виробів і прискорення технологічних процесів, що безпосередньо впливає на ефективність виробництва, практично неможливе без використання технологічних добавок, зокрема ферментів. Встановлено, що кожна з розглянутих харчових технологій має свої специфічні цілі та принципи використання ферментів, які визначаються якістю вихідної сировини та вимогами до кінцевого продукту.

Список використаної літератури

1. Вогнівенко Л.П., Шинкарук М.В. Обґрунтування використання ферментних добавок при виготовленні варених ковбас. *Таврійський науковий вісник ДВНЗ «ХДАУ»*. 2020. № 115 С. 144-148.
2. Баль-Прилипко Л. Використання ферментних препаратів при виробництві варених ковбас. *Продовольча індустрія АПК*. 2017. № 5 С. 11-15.
3. Baggio E., Scopel B. C., Rosseto M., Rigueto C. V. T., Dettmer A., Baldasso C. Transglutaminase effect on the gelatin-films properties. *Polymer Bulletin*. 2022. №79(9) 7347-7361. <http://dx.doi.org/10.1007/s00289-021-03858-9>
4. Палвашова Г., Нікітчина Т. Використання прийомів біотехнології для підвищення виходу соку з капусти білоголової. *Scientific Works*. 2019. №82(2). С. 80-88. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v82i2.1170>
5. Шейко Т.В., Гутнікевич В.М., Хомічак Л.М. Дослідження впливу ферментного препарату Іамінех-750 на якість дифузійного соку. *Продовольчі ресурси*. 2022. №10(19) С. 162–168.

6. Данілова К., Олійнічук С., Заварзіна О. Дослідження динаміки оцукрювання крохмалевмісної сировини ферментним препаратом глюкоамілази в процесі ферментативного гідролізу. *Продовольчі ресурси*. 2022. № 10(19). С.72–80.

7. Кошова В. М. Мисюра Т.Г., Попова Н.В. Вплив ферментних препаратів на колоїдну стійкість пива. *Наукові праці НУХТ*. 2017.Т. 23, № 4 С. 127-132.

8. Атаманова А. А., Колесник Т.О., Андреева О.А. Сучасні дослідження властивостей та використання ферментів. *Вісник Хмельницького національного університету: Технічні науки*. 2020. №.5. С. 257- 263.

9. Данілова К.О., Олійнічук С.Т., Заварзіна О.С., Кузнецова І.В., Грушецький Р.І., Грінченко І.Г. Дослідження динаміки активності ферментного препарату α -amylase в процесі розрідження. *Продовольчі ресурси*. 2022. №18 С. 61-69.

Кіра ЩЕРБИНА¹⁹,
студентка 2 курсу,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ: СТАНДАРТИ ТА ПІДХОДИ ДО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ

Анотація. Питання безпеки харчових продуктів залишається одним із головних завдань для всіх галузей харчової промисловості. Ця проблема стає ще актуальнішою у контексті швидкого розвитку ринку харчових товарів, зростаючої конкуренції та розширення асортименту імпоротної продукції. Останнім часом у країні вжито ряд заходів для покращення ситуації в галузі якості. Запроваджуються системи управління якістю відповідно до ДСТУ ISO 22000 на підприємствах та в органах державної влади, реформується існуюча інфраструктура контролю якості, розробляються нові та оновлюються старі стандарти, приймаються необхідні законодавчі акти. Цей стандарт визначає вимоги до системи управління безпечністю харчової продукції, згідно з якими оператори ринку зобов'язані довести свою здатність контролювати ризики, пов'язані з безпечністю вироблених харчових продуктів.

Ключові слова: харчові продукти; якість; безпечність; стандарти; методи контролю

¹⁹Науковий керівник – Алла СОЛОМОН, доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

Annotation. *The issue of food safety remains one of the main tasks for all sectors of the food industry. This problem is becoming even more urgent in the context of the rapid development of the food market, growing competition and expanding the range of imported products. Recently, a number of measures have been taken in the country to improve the situation in the field of quality. Quality management systems in accordance with DSTU ISO 22000 are being introduced at enterprises and in state authorities, the existing quality control infrastructure is being reformed, new standards are being developed and old standards are being updated, and the necessary legislative acts are being adopted. This standard defines the requirements for the food safety management system, according to which market operators are obliged to prove their ability to control the risks associated with the safety of produced food products.*

Keywords: *food products; quality; safety; standards; control methods*

Вступ. Харчова промисловість відіграє ключову роль у забезпеченні контролю якості харчових продуктів, оскільки вона безпосередньо зацікавлена в їх безпеці та маркетингових характеристиках. Завдяки наявним науково-технічним ресурсам та досвіду вирішення подібних проблем, харчова промисловість має значний потенціал для розвитку нових підходів до їх розуміння та вирішення.

Сучасний рівень розвитку харчової промисловості викликає зростаючу потребу у підтвердженні безпеки продуктів, які потрапляють на ринок. Внаслідок забруднення харчових продуктів ксенобіотиками, харчовими добавками, генетично модифікованими організмами (ГМО) та іншими потенційно небезпечними компонентами, що можуть з'явитися під час технологічних процесів виготовлення, питання контролю якості стало надзвичайно актуальним.

Процес забезпечення якості харчових продуктів включає розробку та впровадження різноманітних заходів, що гарантують не тільки підтримку належного рівня безпеки, а й його покращення. Він охоплює всі етапи життєвого циклу продукту: від початкової стадії розробки до постачання, упаковки, дистрибуції та маркетингових заходів.

Метою даної статті є дослідження нормативно-правових актів, що регулюють безпечність харчових продуктів, а також аналіз вимог до виробничих процесів у цій сфері.

Виклад основного матеріалу. Основні напрями державної політики в області забезпечення якості та безпечності продукції, що впливає на життєдіяльність та здоров'я населення, включають: задоволення внутрішніх потреб у різноманітних товарах і посилення експорту; контроль за якістю та безпекою продукції; забезпечення виробникам свободи вибору у питаннях маркетингу та ціноутворення; сприяння розвитку інтеграційних процесів між постачальниками сировини та дистриб'юторами; організацію моніторингу ринку; вдосконалення тарифної та цінової політики для підтримки вітчизняних виробників; розробку національних програм розвитку окремих галузей.

НАССР (Система аналізу небезпечних факторів і контролю критичних точок) є методом управління, який гарантує безпеку харчових продуктів через ідентифікацію та контроль біологічних, хімічних і фізичних ризиків на всіх етапах виробництва, починаючи від вирощування сировини до пакування, а також під час поширення та споживання кінцевого продукту. Впровадження плану НАССР дозволяє виявити, оцінити і контролювати потенційні ризики на кожному етапі виробничого процесу. Цей систематичний підхід сприяє попередженню, усуненню або зменшенню небезпек до прийнятних рівнів. Регулярний перегляд і оновлення НАССР забезпечують ефективність у боротьбі з новими викликами та ризиками.

Міжнародний стандарт ISO 22000:2005 «Системи управління безпекою харчових продуктів. Вимоги для організацій харчового ланцюга» був розроблений для регулювання безпеки харчових продуктів та включає вимоги до управлінської системи, аналізу ризиків та базових програм технологічних заходів.

До серії стандартів ISO 22000 також входять:

- ISO TS 22003 «Системи менеджменту для організацій, що здійснюють аудит і сертифікацію систем управління безпекою харчових продуктів»;
- ISO TS 22004 «Системи менеджменту харчової безпеки: настанови щодо застосування ISO 22000:2005»;
- ISO 22005 «Трасування в харчовому ланцюгу: основні принципи і вимоги до розробки та впровадження системи»;
- ISO 9001:2000 для сільськогосподарських виробників.

Запровадження стандарту ДСТУ ISO 22000:2007 «Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги для організацій харчового ланцюга» значно спростило процес адаптації українських виробників до міжнародних вимог, оскільки цей стандарт був повністю узгоджений з ISO 22000.

Оновлений стандарт ISO 22000:2018 «Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до організацій, що беруть участь у ланцюзі створення харчової продукції» інтегрований з ISO 9001:2015, що полегшує процеси інтеграції систем управління якістю і безпекою харчових продуктів.

ISO 22000:2018 значно спрощує вимоги щодо підтримки та управління документацією, знижує кількість необхідних записів та дозволяє оптимізувати процеси.

ДСТУ ISO 22000:2018 поєднує методи НАССР з необхідними передумовами для забезпечення ефективної системи управління безпекою харчових продуктів.

В Україні законодавчо встановлені більш суворі вимоги до продуктів дитячого харчування та сировини, з якої вони виготовляються.

Наразі замість стандарту ДСТУ ISO 22000:2007 введено ДСТУ ISO 22000:2019, що містить вимоги до організацій харчового ланцюга і спрямоване на впровадження широким колом підприємств, незалежно від їхнього масштабу.

Ці стандарти є критичними для забезпечення стабільної якості харчових продуктів. Виробники повинні дотримуватися міжнародних стандартів для гарантування відповідності продукції вимогам безпеки і якості.

Підхід на основі НАССР включає кілька етапів:

- Аналіз небезпечних факторів та визначення необхідних засобів контролю;
- Визначення критичних контрольних точок;
- Встановлення критичних меж для кожної контрольної точки;
- Визначення процедур моніторингу та коригувальних дій;
- Верифікація та документування системи контролю.

Навчання персоналу є важливим елементом для досягнення високих стандартів безпеки продуктів. Співробітники повинні бути навчені правильним методам обробки харчових продуктів.

Контроль постачальників також є важливим етапом у забезпеченні безпеки продукції.

Виробники повинні переконатися, що їх постачальники відповідають суворим вимогам через контракти, тестування та інспекції.

Система контролю безпеки харчових продуктів повинна включати відстеження і відкликання продукції, що дозволяє швидко реагувати на загрози для здоров'я споживачів.

Контроль якості продуктів здійснюється за допомогою органолептичних, фізико-хімічних, інструментальних та мікробіологічних методів, що дозволяє оперативно виявляти відхилення на різних етапах виробничого процесу.

Висновки. Безпека харчової продукції є невід'ємною складовою її якості. Управління безпечністю, яке є частиною загальної системи управління якістю харчових продуктів, є ключовим аспектом. Продукція, яка становить небезпеку для здоров'я, не може вважатися якісною.

В сучасних умовах спостерігається активне залучення споживачів до процесів контролю безпеки продуктів, їх участь у розробці стандартів та обговоренні науково-технічних аспектів цієї проблеми, а також вплив представників промисловості на ці процеси.

Стандарти ISO 22000 орієнтовані на дотримання вимог до виробництва та аналізу технологічних процесів для виявлення можливих небезпек харчових продуктів і визначення необхідних заходів для їх усунення або зниження до допустимого рівня.

Забезпечення високої безпеки харчових продуктів передбачає комплексний підхід, що включає правильне поводження з сировиною, її зберігання, приготування з дотриманням санітарно-гігієнічних норм, застосування правил-передумов і системи НАССР, а також дотримання умов зберігання та транспортування готової продукції до точок реалізації.

Контроль якості харчових продуктів здійснюється за допомогою органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних та інструментальних методів, що дозволяє об'єктивно оцінити якість продуктів на різних етапах їх обробки та реалізації.

Список використаної літератури

1. Мельник С.Р, Мельник Ю.Р, Дзіняк Б.О, Оробчук О.М. Сучасні концепції управління якістю та безпечністю харчових продуктів. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету: Технічні науки*. 2022. № 32. С.89-99.
2. Визнані стандарти в сфері безпеки. [Електронний ресурс]. URL: <https://stina.org.ua/wp-content/uploads/2019/04/Vyznani-standarty-harchovoyi-bezpeky.pdf>
3. Слива Ю. В. Наукові основи концепції управління безпечністю харчових продуктів згідно з вимогами міжнародних стандартів. *Товарознавчий вісник*. 2021. № 14. С. 95-105
4. Consumers and food safety: A food industry perspective [Електронний ресурс]. URL: <https://www.fao.org/4/v2890t/v2890t05.htm>
5. Best Practices for Maintaining Food Safety Standards [Електронний ресурс]: URL: <https://www.menusano.com/best-practices-for-maintaining-food-safety-standards/>

Анастасія ЧЕМЕС²⁰,
студентка 2-го курсу,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна.

АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА М'ЯКИХ КОМБІНОВАНИХ СИРІВ НА МОЛОЧНО-РОСЛИННІЙ ОСНОВІ

Анотація. Молоко та молочні продукти є невід'ємною складовою раціону кожної людини. Однак останнім часом виробництво та збут цієї продукції в Україні значно зменшилося. Це зумовлено численними факторами: скороченням поголів'я корів, проблемами з сировиною, різким зростанням ціни на молоко та молочні вироби, а також відсутністю інвестицій. Крім того, іноземні труднощі з виходом українських підприємств на європейський ринок. Також сьогодні існує проблема виходу вітчизняних підприємств на європейський ринок. Важливе значення в харчуванні українців мають високобілкові нетрадиційні продукти на основі сої. За численними біохімічними та медичними дослідженнями вони позитивно впливають на здоров'я немовлят, дітей, дорослих, літніх людей, хворих з ослабленим імунітетом або ж іншими захворюваннями, знижуючи ризик розвитку багатьох хвороб.

²⁰Науковий керівник – Алла СОЛОМОН, доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

Ключові слова: комбіновані продукти, пробіотики, молочно – соєві продукти, м'які сири, біологічно активні речовини, функціональні продукти.

Annotation. Milk and dairy products are an integral part of every person's diet. However, recently the production and sale of these products in Ukraine has significantly decreased. This is due to numerous factors: a reduction in the number of cows, problems with raw materials, a sharp increase in the price of milk and dairy products, as well as a lack of investment. In addition, foreign difficulties with the entry of Ukrainian enterprises into the European market. There is also a problem of domestic enterprises entering the European market today. High-protein non-traditional soy-based products are of great importance in the nutrition of Ukrainians. According to numerous biochemical and medical studies, they have a positive effect on the health of infants, children, adults, the elderly, patients with weakened immunity or other diseases, reducing the risk of developing many diseases.

Key words: combination products, probiotics, dairy soy products, soft cheeses, biologically active substances, functional products.

Вступ. Раціональне харчування є ключовим елементом здорового способу життя. Воно має забезпечити організм усіма необхідними речовинами в оптимальних пропорціях.

Однак останнім часом в Україні спостерігається дефіцит білків, як у кількісному, так і в якісному аспекті, внаслідок недостатності у харчуванні людей білком тваринного походження [4].

Одним із способів вирішення цієї проблеми є пошук та використання нетрадиційних джерел білка, зокрема рослинного походження, а також розробка технологій комбінованих продуктів. Особливу перспективу в цьому контексті мають соя та продукти її переробки.

Збагачення молочних продуктів соєвими білками є відомою та широко застосовуваною практикою у світі. У зв'язку з цим не менш перспективними є рідкі продукти переробки цілісного соєвого насіння (соєве молоко). На основі комбінування коров'ячого та соєвого молока створюються технології виробництва різних продуктів, у тому числі сирів [3].

У виробництві більшості сирів зазвичай застосовуються сичужне і кислотне згортання білків молока. Однак, не меншої уваги заслуговує високотемпературне згортання білків молока, засноване на спільній коагуляції всіх фракцій молочних білків при спільному впливі високої температури. При цьому збільшується вихід продукту, підвищується його біологічна цінність та виключається використання сичужного ферменту.

Отже, проведення досліджень з комплексного вивчення процесу виробництва м'яких маложирних комбінованих сирів на основі знежиреного молока та соєвого компонента є актуальним завданням сьогодення.

Виклад основного матеріалу. Сьогодні в науці про харчування та харчових технологіях відбуваються суттєві зміни, пов'язані з розвитком нового напрямку в харчовій промисловості. Цей напрямок спрямований на виробництво

функціональних продуктів харчування, які при регулярному споживанні в ефективних дозах мають позитивний вплив на здоров'я людини. без основних поживних речовин, ці продукти містять функціональні інгредієнти, що надають біологічно значущий позитивний ефект для речовин [2].

Сучасні підходи до здорового харчування вимагають, щоб нові комбіновані продукти були більш збалансовані за складом амінокислот, жирних кислот, мінералів та вітамінів у порівнянні з традиційними продуктами, а також володіли корисними властивостями. Особливу увагу сьогодення привертають продукти, що поєднують молоко з рослинними компонентами, зокрема соєвим напоєм. При цьому важливим залишається завдання максимально зберегти споживчі характеристики традиційних аналогів [1].

Встановлено, що соєві згустки мають низькі органолептичні властивості, що робить їх менш привабливими для споживачів. Крім того, вони відрізняються високою вологістю та кислотністю через згустки знежиреного молока. Враховуючи це, стає достатньо отримати можливість отримати згустків із суміші знежиреного молока та соєвого напою та налаштувати оптимальні пропорції їхнього вмісту [6].

Для визначення раціонального співвідношення знежиреного коров'ячого молока та соєвого напою при виробленні м'якого комбінованого сиру досліджували суміші з різним співвідношенням знежиреного молока та соєвого напою. Згортання підготовлених сумішей проводили сироваткою, кислотність сироватки становила 140°T при 95°C . Отримані згустки оцінювали насамперед за смаком, запахом, кольором та консистенцією. За узагальненими даними можна зробити висновок, що найкращим співвідношенням знежиреного молока та соєвого напою при виробленні м'якого комбінованого сиру є співвідношення 4:1. Тобто частка соєвого напою в суміші не повинна перевищувати 20% маси суміші.

Найбільше значення має температура згортання молочно-соєвої суміші. При підвищенні температури зсідання до 90°C вони досягають максимуму. Найбільше зростання виходу сиру в даному діапазоні температур спостерігалось у разі кислотності сироватки 110°T – 15,08 %, а найменший 13,28%, при кислотності сироватки 150°T . Мінімальні значення виходу сиру зафіксовані при кислотності сироватки 110°T . Як і у випадку виходу сиру по сухих речовин і температура згортання і кислотність сироватки істотно впливають на вміст вологи в сирі [7].

Кислотність сироватки також істотно впливає на масову частку вологи в сирі. Найбільше зниження масової частки вологи на 9,56% спостерігається за температури згортання 75°C найменше 2,96%, за нормальної температури згортання 90°C . Однак більший вплив має температура згортання суміші. Найвищий вміст сухих речовин у сироватці спостерігається всім значень кислотності сироватки при 75°C . При підвищенні температури згортання з 75 до 90°C відбувається зниження масової частки сухих речовин у сироватці на 0,41% [7].

На формування консистенції м'яких комбінованих сирів впливають як

температура згортання, так і кислотність сироватки, що вноситься.

Для всіх значень кислотності сироватки, що вноситься, зі збільшенням температури згортання з 75 до 90°C поліпшується і консистенція продукту. При подальшому збільшенні температури згортання до 95°C відбувається погіршення консистенції сирів.

На формування консистенції сирів істотно впливає і кислотність сироватки, що вноситься. Так, зі збільшенням кислотності сироватки, що вноситься, покращується і консистенція.

Відповідно до проведених досліджень кращого виходу продукту з сухих речовин і мінімального вмісту сухих речовин у сироватці можна досягти при температурі згортання 95°C та кислотності сироватки 130–140°Т.

Отже, для отримання високоякісних м'яких комбінованих сирів, які забезпечують максимальний перехід компонентів молочно-соевої суміші в продукт, найбільш сприятливими є такі умови: вміст соєвого напою в суміші не більше 20%, температура коагуляції та обробки суміші 90°C, кислотність сироватки 140°Т.

Проте, крім правильно вибраних режимів згортання сировини, важливу роль у виробництві багатьох комбінованих сирів виконують й інші технологічні етапи, зокрема соління сирів, додавання наповнювачів, формування, самопересування та зберігання продуктів [5].

Соління відіграє важливу роль при виробництві сиру.

Головна мета надати продукту певного специфічного смаку і пікантності. В даному випадку було обране соління в зерні, тому що вона забезпечує рівномірний розподіл солі по всій масі комбінованого м'якого сиру без дозрівання.

У свою чергу, внесення наповнювачів дозволяє покращити органолептичні показники сирів на молочно-соевій основі, маскуючи притаманний їм соєвий присмак і запах, надати їм певного специфічного смаку і зробити їх більш привабливими для споживачів, а також розширити асортимент сирів, що випускаються [8].

У зв'язку з цим було проведено дослідження для визначення оптимальної дози кухонної солі при виробництві м'яких комбінованих сирів. Результати показали, що кількість солі не потрібно перевищувати 1,5 кг на 100 кг суміші.

Формування сиру відбувається відразу після пресування та видалення залишків сироватки, коли сир ще гарячий. Готові зерна складають за формами, після чого для кращого відокремлення сироватки та надання форми головкам, сирну масу формують і злегка утрамбовують. Через 10-15 хвилин головки сиру перевертають і знову трохи утрамбовують.

Для визначення раціональних режимів самопересування виробляли контрольні та дослідні сири та піддавали їх самопересуванню протягом 6 годин при температурі 17°C періодичному перевертанні. Протягом процесу контролювали такі показники, як вміст вологи у сирі, рН сирної маси та консистенцію сиру наприкінці самопересування [7].

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що більшість

сироватки видаляється під час формування та відразу після нього. У процесі самопересування вміст вологи в сирах зменшився приблизно на 1%, при цьому значення рН сирної маси майже не змінився.

Варто зазначити, що, незважаючи на більш високий вміст вологи в контрольному зразку з дослідними дослідженнями, він мав щільнішу і криху консистенцію. Отже, час самопересування м'яких комбінованих сирів на молочно-соевій основі в середньому становить 5 годин. До кінця процесу самопересування сирі набувають необхідної форми, а їхня текстура стає досить монолітною.

При розробці технології цього виду сиру вимагається, щоб він вироблявся без дозування та реалізовується у свіжому вигляді. У зв'язку з цим була перевірена можливість зберігання сирів протягом 12 діб при температурі $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості повітря $80\pm 5\%$. Під час зберігання моніторили зміни рН, масової частини вологи та органолептичних показників продукту.

При зберіганні комбінованих сирів за температури $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ зниження їх органолептичних характеристик спостерігалось на 7-й день. Зниження органолептичних показників супроводжувалося зменшенням значення рН.

Згідно з даними, патогенні мікроорганізми, БГКП та *St. aureus* були відсутні в обох зразках протягом усіх 12 діб зберігання.

Таким чином, слід рекомендувати зберігати м'які комбіновані сири при температурі $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ протягом 6 діб. Досліджені сири, мають низьку жирність, що суттєво знижує їхню калорійність у порівнянні з традиційними [1].

На відміну від контрольного, дослідні сири містять у своєму складі такий важливий компонент харчування, як клітковина. Клітковина, що відноситься до харчових волокон, створює сприятливі умови для просування їжі шлунково-кишковим трактом, нормалізує діяльність корисної кишкової мікрофлори, сприяє виведенню з організму холестерину. Недолік клітковини в дієті сприяє розвитку ожиріння, жовчнокам'яної хвороби, серцево-судинних захворювань, появи запорів, раку товстого кишечника та інших захворювань. Готові сири зберігають при температурі $6\pm 2^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості повітря $80\pm 5\%$ протягом 6 діб.

Висновки. Попри високий попит, український ринок має обмежений вибір таких продуктів. Тому перспективним напрямом є створення нових харчових виробів, зокрема м'яких комбінованих сирів на основі суміші знежиреного молока та соєвого напою, що сприятиме підвищенню їхньої біологічної цінності.

Список використаної літератури

1. Соломон А. М., Бондар М. М. Закваски і їх види у сирі виробництві. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького. Серія «Харчові технології». Львів, 2016. Т. 18. № 2 (68). с.157–160.
2. Бондар М.М., Соломон А.М. Заквашувальні культури у молочній промисловості. Випуск 5 (99). Том 1. Вінниця: ВНАУ, 2017. с.128-135.
3. Берник І. М., Новгородська Н. В., Соломон А. М., Овсієнко С. М.,

Бондар М. М. Інноваційні технології харчових виробництв: монографія. Вінниця: Видавець ФОП Кушнір Ю. В., 2022. 300 с.

4. Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Харчування як основний чинник збереження стану здоров'я населення. *Продовольчі ресурси*. 2016 № 2. С. 204–214.

5. Скрипніченко Д. М. Визначення протеолітичної активності заквашувальних композицій для виробництва м'яких пробіотичних сирів. *Харчова наука і технологія*. 2015. № 2. С. 34–38.

6. Соломон А.М., Даниленко С.Г., Бондар М.М., Сучасні тенденції виробництва сиру твердого із низькою температурою другого нагрівання. *Продовольчі ресурси*. 2022. Т. 10. № 18. С. 142–155.

7. Скрипніченко Д. М. Обґрунтування раціонального вмісту молокозсідального ферменту СНУ-МАХ у виробництві м'яких пробіотичних сирів. *Харчова наука і технологія*. 2014. № 2(27). С. 24-29.

8. Ткаченко Н. А. Обґрунтування параметрів ферментації молочної основи для виробництва м'яких пробіотичних сирів. *Науковий вісник ЛНУВМБ ім. С.З. Гжицького*. 2015. № 1(61). С. 107–116.

Дмитро ДАЩЕНКО²¹,
магістр 1-го року навчання,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна.

МІКРОБІОЛОГІЯ КИСЛОМОЛОЧНОГО ДІЄТИЧНОГО НАПОЮ

Анотація. У статті розглядаються мікробіологічні аспекти виробництва кисломолочного дієтичного напою, зокрема склад мікрофлори, роль пробіотичних та молочнокислих бактерій у процесі ферментації. Аналізується їхній вплив на органолептичні властивості, біохімічні показники та користь для здоров'я людини. Особлива увага приділяється перспективам використання функціональних штамів мікроорганізмів для підвищення дієтичної та пробіотичної цінності напою. Представлені результати досліджень щодо оптимізації технологічних параметрів, що сприяють покращенню якості кінцевого продукту.

Ключові слова: кисломолочні продукти, молочнокислі бактерії, біологічно активні речовини, функціональні продукти.

²¹Науковий керівник – Алла СОЛОМОН, доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

Annotation. *The article examines the microbiological aspects of the production of a fermented dairy dietary beverage, focusing on the composition of microflora and the role of probiotic and lactic acid bacteria in the fermentation process. Their impact on organoleptic properties, biochemical characteristics, and health benefits is analyzed. Special attention is given to the prospects of using functional microbial strains to enhance the dietary and probiotic value of the beverage. The study presents research findings on optimizing technological parameters to improve the quality of the final product.*

Key words: *fermented milk products, lactic acid bacteria, biologically active substances, functional products.*

Вступ. Кисломолочні дієтичні напої є важливим компонентом здорового харчування завдяки високій харчовій цінності, пробіотичним властивостям та здатності покращувати мікрофлору кишечника. Вони містять живі культури молочнокислих бактерій, які відіграють ключову роль у процесі ферментації, забезпечуючи специфічні органолептичні характеристики продукту, підвищуючи його засвоюваність і позитивно впливаючи на здоров'я людини.

Кисломолочні дієтичні напої відіграють значну роль у здоровому харчуванні завдяки своєму унікальному складу та корисним властивостям. Вони містять пробіотичні мікроорганізми, білки, вітаміни та мінерали, які позитивно впливають на мікрофлору кишечника, імунну систему та метаболічні процеси. Регулярне вживання таких напоїв сприяє поліпшенню травлення, засвоєнню корисних речовин і загальному зміцненню організму.

Смакові характеристики, текстура та загальна сприйнятливність кисломолочних напоїв залежать від низки факторів, серед яких особливості виробництва, вибір заквасок та рівень жирності.

Масова частка жиру є ключовим показником, що визначає густоту, консистенцію, смак і аромат продукту. Високий вміст жиру робить напій більш густим, кремовим і ніжним на смак, тоді як низькожирні варіанти відзначаються більшою кислотністю та легшою текстурою.

Кисломолочні дієтичні напої відіграють значну роль у здоровому харчуванні завдяки своєму унікальному складу та корисним властивостям. Вони містять пробіотичні мікроорганізми, білки, вітаміни та мінерали, які позитивно впливають на мікрофлору кишечника, імунну систему та метаболічні процеси. Регулярне вживання таких напоїв сприяє поліпшенню травлення, засвоєнню корисних речовин і загальному зміцненню організму.

Смакові характеристики, текстура та загальна сприйнятливність кисломолочних напоїв залежать від низки факторів, серед яких особливості виробництва, вибір заквасок та рівень жирності. Масова частка жиру є ключовим показником, що визначає густоту, консистенцію, смак і аромат продукту. Високий вміст жиру робить напій більш густим, кремовим і ніжним на смак, тоді як низькожирні варіанти відзначаються більшою кислотністю та легшою текстурою.

У цьому дослідженні розглянуто органолептичні властивості

кисломолочних дієтичних напоїв із різною масовою часткою жиру, визначено їхній вплив на сприйняття продукту споживачами, а також проаналізовано їхню роль у раціоні харчування. Отримані результати дозволять покращити рецептуру таких напоїв, враховуючи переваги різних груп споживачів та їхні дієтичні потреби.

Метою даної статті є аналіз мікробіологічних аспектів виробництва кисломолочного дієтичного напою, дослідження впливу різних штамів мікроорганізмів на якість продукту та перспективи їхнього застосування у функціональних харчових продуктах.

Виклад основного матеріалу. Основу мікробіологічного складу кисломолочних напоїв становлять молочнокислі бактерії (*Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Bifidobacterium*) та, в деяких випадках, дріжджі, які забезпечують процес ферментації. Вони утворюють молочну кислоту, що знижує рН продукту, пригнічує розвиток патогенних мікроорганізмів і сприяє формуванню характерного смаку та консистенції.

Lactobacillus spp. відіграють ключову роль у формуванні біохімічних властивостей напою, зокрема синтезі вітамінів групи В, біоактивних пептидів та органічних кислот. *Streptococcus thermophilus*, у свою чергу, бере участь у розщепленні лактози, що полегшує засвоєння продукту людьми з лактозною непереносністю [1].

Вибір штамів бактерій для виробництва кисломолочного дієтичного напою є критичним, оскільки кожен штам має свої специфічні характеристики і впливає на кінцевий продукт. Наприклад, для забезпечення оптимальних пробіотичних властивостей використовуються такі штами, як *Lactobacillus rhamnosus* та *Bifidobacterium animalis*, які здатні витримувати низькі температури і підвищену кислотність в організмі, що забезпечує їх ефективну активність у кишечнику.

Крім того, штами повинні бути стійкими до технологічних процесів, таких як пастеризація, оскільки високі температури можуть знищити корисні бактерії. Тому важливою умовою є вибір термостійких штамів, які здатні активно розмножуватися при високих температурах [2].

Кисломолочні дієтичні напої мають велике значення в сучасному харчуванні завдяки їх пробіотичним властивостям, високій харчовій цінності та здатності позитивно впливати на здоров'я людини. Молчнокислі бактерії, що використовуються у виробництві таких напоїв, забезпечують процес ферментації, під час якого утворюються органічні кислоти, що знижують рН продукту, надаючи йому характерну кислинку та створюючи природний консервуючий ефект. Одним із важливих аспектів є роль цих бактерій у покращенні смакових і текстурних характеристик напою, що робить його не тільки корисним, а й приємним для споживання.

Основу мікробіологічного складу кисломолочних напоїв складають молочнокислі бактерії, зокрема *Lactobacillus*, *Streptococcus* та *Bifidobacterium*. Ці бактерії відповідають за ферментацію молока та перетворення лактози на молочну кислоту, що сприяє зниженню рівня рН і створює сприятливе середовище для розвитку корисної мікрофлори. Крім того, деякі штами здатні

розщеплювати молочний білок (казеїн), що дозволяє отримати біоактивні пептиди з антигіпертензивними властивостями, що мають додаткову користь для організму. Вибір штамів мікроорганізмів є надзвичайно важливим для досягнення бажаних результатів, оскільки різні штами мають різні характеристики та можуть впливати на біохімічні процеси, смак і текстуру напою [3].

Процес ферментації кисломолочного напою залежить від кількох важливих технологічних факторів, серед яких температура, час ферментації та склад молока. Температура інкубації повинна бути оптимальною для росту молочнокислих бактерій, зазвичай від 37 °C до 42°C. Час ферментації також є важливим параметром, оскільки він визначає рівень кислотності та консистенцію кінцевого продукту. Тривале бродіння може призвести до надмірного згущення або появи небажаних смакових властивостей, що знижує якість напою.

Кисломолочні дієтичні напої мають численні переваги для здоров'я, зокрема сприяють нормалізації мікрофлори кишечника, зміцненню імунної системи та поліпшенню обміну речовин. Пробіотики, що містяться в цих напоях, допомагають зберігати баланс корисних мікроорганізмів у кишечнику, що є важливим для запобігання різним захворюванням. Споживання таких напоїв може покращити засвоєння поживних речовин, зокрема кальцію, а також знижувати рівень шкідливих бактерій у кишечнику, що сприяє загальному оздоровленню організму [4].

Особливе значення має використання пробіотичних штамів у виробництві кисломолочних напоїв. Штами *Lactobacillus rhamnosus* та *Bifidobacterium animalis* особливо ефективні для підтримки здоров'я кишечника, оскільки здатні витримувати кислотне середовище шлунку та активно колонізувати кишечник. Це дозволяє покращити процеси травлення та метаболізму, а також стимулювати вироблення імуноглобулінів, що зміцнює імунну систему людини.

Технологічні інновації в виробництві кисломолочних напоїв також сприяють підвищенню їх якості та функціональних властивостей. Однією з таких інновацій є використання ультрафільтрації для очищення молока перед ферментацією, що дозволяє збільшити концентрацію білка в сировині. Це не тільки покращує текстуру напою, але й збільшує його харчову цінність. Крім того, розробка нових преміксів пробіотичних культур дає можливість створювати напої з більш багатофункціональними властивостями, що відповідають вимогам сучасного здорового харчування [5].

З огляду на зростаючий попит на здорове харчування та пробіотичні продукти, кисломолочні дієтичні напої набувають все більшої популярності. Вони використовуються не тільки в звичайному раціоні, але й у дієтичному харчуванні, спортивному харчуванні та в раціонах для осіб з особливими потребами, такими як непереносимість лактози або порушення травлення. Такі напої можуть бути корисними для поліпшення загального самопочуття, відновлення після інтенсивних фізичних навантажень та для підтримки здоров'я кишечника та імунної системи.

Ці фактори підтверджують важливість мікробіологічного підходу в розробці та виробництві кисломолочних дієтичних напоїв, що дозволяє не лише поліпшити їх смакові та текстурні властивості, але й підвищити їхню функціональну цінність для споживачів [6].

Кисломолочні дієтичні напої є одними з найбільш популярних і корисних продуктів у сфері здорового харчування. Вони володіють низкою корисних властивостей, які здобули визнання серед споживачів по всьому світу, завдяки високому вмісту біологічно активних компонентів і пробіотиків. Пробіотичні бактерії, що містяться в цих напоях, допомагають відновлювати та підтримувати баланс мікрофлори кишечника, що, в свою чергу, позитивно впливає на загальний стан організму, сприяючи покращенню травлення, зміцненню імунної системи та навіть покращенню настрою завдяки впливу на нервову систему.

Велика роль у виробництві кисломолочних напоїв відводиться технології ферментації, під час якої молочнокислі бактерії розщеплюють лактозу (молочний цукор) до молочної кислоти, що знижує рН продукту та створює кисле середовище, яке забезпечує природну консервованість і стабільність продукту. Процес ферментації не тільки забезпечує схоронність продукту, але й додає йому неповторний смак і аромат. Крім того, ферментація молочних компонентів дозволяє отримати нові біоактивні речовини, які можуть позитивно впливати на організм, такі як пептиди, що мають антигіпертензивну дію, антиоксиданти, вітаміни групи В та інші корисні сполуки [7].

Вибір бактеріальних культур для виробництва кисломолочних напоїв є важливим аспектом, оскільки від нього залежить не тільки кінцева якість продукту, а й його біологічна цінність. На основі пробіотичних штамів, таких як *Lactobacillus* та *Bifidobacterium*, розробляються спеціалізовані рецептури, що дозволяють отримати продукти з конкретними властивостями, такими як покращене травлення, підтримка імунної системи, або навіть зниження рівня холестерину та регуляція артеріального тиску. Унікальні властивості цих штамів дозволяють створювати функціональні продукти, які виходять за межі простої їжі та стають важливим елементом у терапевтичних дієтах.

Також не менш важливим аспектом є вдосконалення технологічних процесів для покращення якості та стабільності продукту. Сучасні технології, такі як ультрафільтрація та мікрофільтрація, дозволяють знижувати вміст шкідливих домішок, таких як бактерії, що можуть потрапляти в молоко під час доїння, і збільшувати концентрацію корисних речовин, таких як білки та вітаміни. Ультрафільтрація дозволяє видаляти надлишки лактози, що робить продукт більш доступним для людей з непереносимістю лактози. Крім того, нові методи стерилізації та упаковки допомагають продовжити термін зберігання без використання консервантів, що робить продукт ще більш природним і корисним [8].

Розвиток ринку кисломолочних дієтичних напоїв також зумовлений зростанням попиту на функціональні продукти харчування, що здатні не тільки задовольнити потреби в основних макро- та мікроелементах, але й мати додаткові переваги для здоров'я. У відповідь на ці потреби, на ринку з'являються

нові види напоїв, що містять додаткові біологічно активні добавки, такі як омега-3 жирні кислоти, фітоестрогени, вітаміни D і C, антиоксиданти та інші корисні сполуки. Це дозволяє споживачам не тільки насолоджуватися смаком напою, але й отримувати додаткову користь від регулярного споживання таких продуктів.

Важливою тенденцією є і зростання популярності кисломолочних напоїв серед людей, які ведуть активний спосіб життя. Спортивні дієти все більше включають функціональні кисломолочні напої, оскільки вони допомагають швидше відновлюватися після фізичних навантажень, покращують процеси обміну речовин та забезпечують організм необхідними для відновлення амінокислотами та білками. Пробіотичні бактерії можуть також покращити мікрофлору кишечника, що позитивно впливає на загальний стан організму та фізичну витривалість [7].

Не можна не відзначити і значення кисломолочних напоїв для людей, які мають проблеми з травленням або непереносимістю певних компонентів їжі. Наприклад, у людей з непереносимістю лактози кисломолочні напої, що містять спеціально оброблені молочні компоненти або низький рівень лактози, можуть бути чудовою альтернативою традиційному молоку. Більш того, використання пробіотичних культур допомагає відновлювати нормальну мікрофлору кишечника, що сприяє зниженню симптомів, таких як здуття, метеоризм або болі в животі.

Перспективи розвитку виробництва кисломолочних дієтичних напоїв дуже обнадійливі, і з кожним роком технології вдосконалюються, що дозволяє створювати продукти, що не тільки відповідають потребам споживачів, але й сприяють збереженню та покращенню їхнього здоров'я. Зважаючи на постійно зростаючий інтерес до здорового способу життя, кисломолочні напої залишатимуться важливою частиною харчової промисловості, відіграючи вирішальну роль у формуванні здорових звичок і покращенні загального стану здоров'я населення [8].

Смак і запах усіх зразків були чистими, без сторонніх присмаків і запахів, що характерно для кисломолочного дієтичного напою.

Зважаючи на постійно зростаючий інтерес до здорового способу життя, кисломолочні напої залишатимуться важливою частиною харчової промисловості, відіграючи вирішальну роль у формуванні здорових звичок і покращенні загального стану здоров'я населення

Таблиця 1. Дослідження органолептичних властивостей кисломолочного дієтичного напою з різною масовою часткою жиру

Зразок	Смак і запах	Колір	Консистенція

Кисломолочний дієтичний напій 1,5-2,5% жирності (середньої жирності)	Легкий, освіжаючий кисломолочний смак, з помірною кислотністю, м'який молочний аромат із легкими ферментованими нотками.	Білий або злегка прозорий	Помірно рідка, однорідна, може мати легку водянистість через низький вміст жиру.
Кисломолочний дієтичний напій 3,2% жирності (повножирний)	Насичений кисломолочний смак із легкою вершковою ноткою, помірний рівень кислотності, виражений аромат ферментації з м'якими кремовими відтінками.	Однорідний білий, інколи з легким кремовим відтінком через вищий вміст жиру	Густа, однорідна, кремова, гладка текстура завдяки підвищеному вмісту жиру.
Кисломолочний дієтичний напій 6% жирності (високожирний)	Дуже насичений, маслянистий смак із меншою кислотністю завдяки високому вмісту жиру, інтенсивний молочний аромат із виразними вершковими нотками.	Білий із вираженим кремовим відтінком.	Дуже густа, щільна, майже як сметана, кремова текстура, можливе утворення дрібних жирових кульок.

Висновки. Вміст жиру впливає на смак, аромат і консистенцію кисломолочного напою. Напої з 1,5-2,5% жирності мають легкий кисломолочний смак і рідку текстуру. При 3,2% оптимальний баланс кислотності й кремовості. Високожирні 6% густі, з насиченим вершковим смаком. Вибір залежить від споживчих уподобань: низькожирні варіанти підходять для легкого харчування, а високожирні – для насиченого смаку та густої текстури.

Список використаної літератури

1. Соломон А.М., Фаріонік Т.В., Бондар М.М. Кисломолочні напої – основа здорового харчування. *Збірник наукових праць V Міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційний розвиток харчової індустрії»*, 14 грудня 2017 р. Київ: Інститут продовольчих ресурсів НААН. 2017. С. 116-117.
2. Соломон А.М., Полевода Ю.А. Обґрунтування складу ферментованих продуктів з використанням рослинних наповнювачів. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2020. № 3 (110). С. 126-134.
3. Дейниченко Г.В. Функціонально-технологічні властивості багатокомпонентних систем на основі концентрату зі скотин. *Збірник наук. праць ЛНАУ*. Серія: *Технічні науки*. Луганськ: Видавництво ЛНАУ. 2008. № 88. С. 138-140.
4. Чагаровський О.П., Хімія молочної сировини: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Одеса: «Сілекс-прінт», 2013. 268 с.
5. Лемзякова Т.Г., Аліфер О.О., Тимошенко Ю.Ю. Місце функціональних напоїв у харчуванні людини. *Науковий журнал* 2015. №2. С. 25-28.
6. Грек О.В. Технологія продуктів зі знежиреного молока, молочної сироватки і маслянки: Навчальний посібник. К.: НУХТ, 2011. 210 с.

7. Капрельянц Л. В., Іоргачова К. Г. Функціональні продукти. Одеса:Друк, 2013. 312 с.

8. Сімахіна Г.О., Українець А.І. Інноваційні технології та продукти. Оздоровче харчування: навч. посібник. К.: НУХТ, 2010. 294 с.

Микола ШРАМКО²²,
студент 2-го курсу,
факультет технології виробництва
переробки та робототехніки у тваринництві,
Вінницький національний аграрний університет
Вінниця, Україна

ОРГАНОЛЕПТИЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ЗГУЩЕНОГО МОЛОКА

Анотація: Згущені молочні консерви можна віднести до продуктів десертної групи, які містять значну масову частку вуглеводів. При цьому, розширення асортименту згущених молочних продуктів здійснюється за рахунок використання нових смакових добавок, створення рекомбінованих консервів, введення до їх складу рослинних жирів, тоді як вуглеводна частина цих продуктів складає понад 50 % і представлена в основному цукрозою і лактозою. Через це, співвідношення основних складових (білків, жирів та вуглеводів), які визначають поживну цінність згущених молочних продуктів є далеким від оптимального, що обумовлює надто високу калорійність проти низької біологічної цінності. Розроблення та виробництво комбінованих продуктів дає змогу знизити вплив сезонності у молочній промисловості та забезпечити роботою молочноконсервні підприємства.

Ключові слова : технологія, згущені варені молочні консерви, метод змішування компонентів, вуглеводні сиропи, комбіновані продукти.

Annotation: Condensed milk canned food can be classified as a dessert product containing a significant mass fraction of carbohydrates. At the same time, the range of condensed milk products is expanded by using new flavor additives, creating recombined canned food, introducing vegetable fats into their composition, while the carbohydrate part of these products is more than 50% and is represented mainly by sucrose and lactose. Therefore, the ratio of the main components (proteins, fats and carbohydrates), which determine the nutritional value of condensed milk products, is far from optimal, which causes too high caloric content against low biological value. The development and production of combined products allows to reduce the impact of seasonality in the dairy industry and ensure the operation of milk canning enterprises.

²²Науковий керівник – Алла СОЛОМОН, доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій

Keywords: *technology, condensed boiled milk preserves, method of mixing components, hydrocarbons, combined products.*

Вступ. Останніми роками в нашій країні активно розвиваються нові напрямки виробництва, пов'язані з виробленням продуктів із комбінованим сировинним складом. Поряд з молочним жиром до складу таких продуктів входять рослинні жири і продукти їх модифікацій. Поліпшення раціону харчування, розвиток сучасних технологій, дефіцит якісної молочної сировини і його висока вартість, зростання конкуренції з боку імпоротної продукції викликали великий інтерес вітчизняних виробників до продуктів складного сировинного складу.

Згущене молоко це улюблений продукт багатьох поколінь, який асоціюється з дитинством, десертами та теплом домашньої кухні. Проте за цією солодкою смакотою стоїть складний і цікавий технологічний процес. Виробництво згущеного молока має давню історію, що розпочалася ще в ХІХ столітті, і з того часу ця галузь зазнала суттєвих змін, впровадження новітніх технологій та вдосконалення стандартів якості.

Виклад основного матеріалу. Органолептичні властивості згущених молочних консервів залежать від якості використовуваної сировини, технологічних параметрів, якості і кількості харчових наповнювачів і добавок, якості пакувальних матеріалів і тривалості зберігання.

За зовнішнім виглядом і кольором згущені молочні консерви це однорідна рідина з глянцевою, чистою поверхнею. Колір залежить від якості цукрового сиропу і наповнювачів.

Структура і консистенція визначаються, насамперед, вмістом сухих речовин в молоці, ступенем дисперсності жирових кульок і білка, кислотністю молока, температурою пастеризації молока, ефективністю гомогенізації, температурою і тривалістю згущення в вакуум-випарних установках, умовами охолодження згущеного молока і зберігання.

Консистенція згущеного молока з цукром залежить від стану і розмірів кристалів лактози. Лактоза в продукті знаходиться в розчиненому і кристалічному станах. Відстоювання кристалів лактози призводить до поширеної неоднорідності консистенції згущеного молока з цукром. Борошниста і піскувата консистенція в згущеному молоці з цукром з'являється при різких температурних перепадах в процесі зберігання. Поява грудочок, «гудзиків» в згущеному молоці з цукром може бути причиною розвитку цвілевих грибів. Запах, смак і аромат в згущеному молоці з цукром при дотриманні умов зберігання в межах гарантованого терміну зберігання не змінюється.

З метою оцінки якості було використано молоко згущене трьох марок: ТМ ТОВ «Loveluka», ТМ ПП «Еко-молпродукт» та ТМ ПП «Михалич і Ко». На кожній із упаковок нанесені художньо оформлене маркування з чітким позначенням, яке легко читається.

Молоко згущене з цукром варене ТМ ТОВ «Loveluka» виготовлене за ТУ У 15.5-32938796-004:2008. Склад: молоко коров'яче незбиране $\geq 28.5\%$, цукор білий кристалічний $\geq 43.5\%$, цукор молочний.

Маса нетто 530 г. Поживна цінність на 100 г харчового продукту: жири 8,5 г, з них насичені 5,8 г, вуглеводи 58 г, з них цукрів 58 г, білки 7,2 г, сіль 0,25 г.

Енергетична цінність (калорійність) на 100 г продукту 1411 кДж / 337 ккал.

Умови зберігання за температури від 0°C до 10°C і відносній вологості повітря не більше 85%.

Молоко згущене з цукром варене ТМ ПП «Еко-молпродукт» виготовлене за ТУ У 15.5-35346395-001:2009. Сертифіковано у відповідності до вимог ISO 22000:2018. Склад: молоко коров'яче незбиране 86,03%, цукор білий 13,95%, цукор молочний харчовий дрібнокристалічний (лактоза) 0,02%.

Маса нетто 500 г. Поживна цінність на 100 г харчового продукту: жири 8,5 г, з них насичені 5,39 г, вуглеводи 56,0 г, з них цукрів не менше 43,5 г, білки 7,2 г, сіль 0,34 г.

Енергетична цінність на 100 г продукту: 1317 кДж/ 315,0 ккал.

Умови зберігання за температури від 0°C до 10°C і відносної вологості повітря не більше 85%.

Молоко згущене з цукром варене ТМ ПП «Михалич і Ко» вироблено за ТУ У 15.5-31127946-001:2006. Консерви молочні. Молоко згущене з цукром карамелізоване. Склад: молоко коров'яче нормалізоване, цукор-пісок.

Харчова (поживна) цінність на 100 г продукту: жири 4,5 г, з них насичені 2,96 г, вуглеводи 56,5 г, білок 9,0 г, сіль 0,33 г,

Маса нетто 500 г. Енергетична цінність на 100 г продукту 302 ккал. Зберігати за температури від 0°C до 20°C і відносної вологості повітря не більше 85%. Термін придатності 12 місяців

Характеристика органолептичних показників, які регламентуються за умови ДСТУ «4404:2005» або ДСТУ «4274:2003» представлена в таблиці 1.

Таблиця 1. Вимоги до органолептичних показників

Назва показника	Характеристика показника
Смак і запах	Солодкий, чистий, з вираженим смаком пастеризованого молока, без сторонніх присмаків і запахів. Дозволяється наявність легкого кормового присмаку
Консистенція	Однорідна за всією масою, без наявності відчутних органолептично кристалів молочного цукру. Допускається незначна мучниста консистенція і незначний осад лактози на дні банки під час зберігання.
Колір	Однорідний, схожий на колір молока або з кремовим відтінком.

Таблиця 2. Шкала бальної оцінки органолептичних показників згущеного вареного молока

Показник	Оцінка, балів				
	1	2	3	4	5
Смак і запах	Неприємний, невластивий свіжому згущеному вареному молоку	Неприємний з не вираженим або занадто вираженим смаком і запахом вареного згущеного молока	Солодкий зі-слабо або з вираженим смаком і запахом вареного згущеного молока. Допускається легкий кормовий присмак	Приємний, солодкий смак і запах вареного згущеного молока	Приємний, чистий, солодкий, молочний смак і запах вареної карамелі
Консистенція	Неоднорідна, борошніста	Борошніста, з утворенням незначного осаду лактози	Однорідна, густа, допускається включення невеликої кількості кристалів лактози	Однорідна, густа	Однорідна. ніжна, в міру в'язка
Колір	Від темно-коричневого до чорного	Темно-коричневий	Коричневий	Від світло-коричневого до коричневого	Світло-коричневий

За зовнішнім виглядом упакування згущеного молока торгових марок «Loveluka», «Еко-молпродукт» та «Михалич і Ко» непошкоджені, герметично запаковані з маркуванням, на якому представлена вся інформація.

За зовнішнім виглядом згущене молоко ТОВ «Loveluka» після відкриття кришки має гладку поверхню, при взятті ложкою продукту зберігає взятую форму, його структура ніжна, однорідна, густа. За запахом продукт молочний, колір коричневий.

Згущене молоко, вироблене на ПП «Еко-молпродукт» після відкриття банки має однорідну, густу структуру із приємним молочним запахом, колір темно-коричневий.

Згущене молоко виробництва ПП «Михалич і Ко» з однорідною густою консистенцією приємного молочного запаху, колір коричневий.

Результати оцінки за 5-ти бальною шкалою органолептичних показників можна зробити висновок про те, що варене згущене молоко торгових марок «Loveluka», «Еко-молпродукт» та «Михалич і Ко» мають добру якість, але

найкращим виявилося варене згущене молоко, вироблене на ТОВ «Loveluka» (табл. 3).

Таблиця 3. Результати дослідження органолептичних показників якості

Виробник	Органолептичні показники		
	Смак і запах	Консистенція	колір
ТОВ «Loveluka»	5	5	4
ПП «Еко-молпродукт»	5	4	3
ПП «Михалич і Ко».	5	4	3

Висновки. В результаті проведення комплексної оцінки якості вареного згущеного молока поширених в Україні торговельних марок було встановлено, що всі зразки досліджуваного продукту відповідають ДСТУ, Технічним вимогам за органолептичними показниками, якістю, упакованням, маркуванням та зберіганням.

Список використаної літератури

1. ДСТУ 4404:2005 Консерви молочні: Молоко згущене стерилізоване в банках. Загальні технічні умови. [Чинний від 2006-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 17 с.
2. Скорченко Т. А. Перспективи виробництва згущених молочних консервів з цукром і плодово-ягідними наповнювачами. *Молочна справа*. 2011. № 4. С. 12-13.
3. Скорченко Т. А. Технологія молочних консервів. К.: НУХТ, 2007. 232 с.
4. Машкін М.І., Париш Н.М. Технологія виробництва молока і молочних продуктів. Київ, «Вища освіта» 2006. 351 с.
5. Берник І.М., Новгородська Н.В., Соломон А.М., Овсієнко С.М., Бондар М.М. Інноваційні технології харчових виробництв: монографія. Вінниця: Видавець ФОП Кушнір Ю.В. 2022. 300 с.