

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

Зеленчук Наталія Вячеславівна

УДК: 620.925: 330.131.5

ДИСЕРТАЦІЯ

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ НА
ПІДПРИЄМСТВАХ ТА В ДОМОГОСПОДАРСТВАХ УКРАЇНИ

051 Економіка

05 Соціальні та поведінкові науки

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Н.В. Зеленчук

Науковий керівник:
Лутковська Світлана Михайлівна,
доктор економічних наук,
професор

Вінниця – 2024

АНОТАЦІЯ

Зеленчук Н. В. Еколого-економічна ефективність виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 051 Економіка. – Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, 2024.

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуальної наукової задачі, спрямованої на удосконалення теоретико-методичного базису та формування напрямів підвищення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на підприємствах та домогосподарствах України з урахуванням можливості імплементації зарубіжного досвіду в сфері стимулювання виробництва біопалив.

Інформаційну базу дослідження становили матеріали Державної служби статистики України, Міністерства економіки України, Міністерства аграрної політики та продовольства України, статистичних щорічників, фінансової та статистичної звітності інших державних установ, наукові розробки зарубіжних та вітчизняних учених з визначеної тематики.

Дослідження присвячено комплексному аналізу потенціалу та перспектив розвитку біоенергетики в Україні з фокусом на виробництві біогазу. В роботі проведено всебічну оцінку технологічних, економічних та екологічних аспектів розвитку галузі, визначено основні напрями та бар'єри розвитку, а також запропоновано рекомендації щодо подальшого розвитку біоенергетичного сектору.

Для проведення дослідження було використано широкий спектр методів, зокрема: систематизовано наукову літературу з питань біоенергетики, зокрема, дослідження, присвячені оцінці потенціалу біомаси в Україні, технологіям виробництва біогазу, економічним аспектам розвитку біоенергетичного сектору та досвіду інших країн; проведений збір та аналіз статистичних даних: проведено аналіз статистичних даних щодо виробництва сільськогосподарської продукції, споживання енергії, розвитку відновлюваних джерел енергії в Україні; розроблено економічні моделі для оцінки еколого-економічної ефективності виробництва

біогазу на підприємствах та домогосподарствах держави.

Визначено основні види біомаси, які можуть використовуватися для виробництва біогазу в Україні (пожнивні рештки, силос, гній, відходи харчової промисловості тощо). Проведено оцінку ресурсного потенціалу різних видів біомаси та визначено їхню доступність для використання в біоенергетиці. Оцінено вплив використання біомаси для виробництва біогазу на інші галузі економіки, зокрема на сільське господарство та загальний екологічний стан навколишнього середовища. Проведено огляд сучасних технологій виробництва біогазу, їхніх переваг та недоліків. Оцінено техніко-економічні показники різних типів біогазових установок. Визначено оптимальні технології для різних видів сировини та масштабів виробництва біогазу на підприємства та домогосподарствах України.

Розраховано вартість виробництва біогазу з різних видів сировини. Оцінено економічну ефективність інвестицій у біогазові проекти. Визначено фактори, які впливають на рентабельність біогазових проектів. Проаналізовано чинне законодавство України, яке регулює розвиток відновлюваних джерел енергії. Визначено недоліки існуючого законодавства та запропоновано зміни для створення більш сприятливих умов для розвитку біоенергетики в сучасних умовах господарювання. Констатовано, що виробництво біогазу в Україні має значний потенціал для розвитку і може стати важливим джерелом відновлюваної енергії.

Визначено, що в Україні функціонує 4,8 млн домогосподарств у сільській місцевості володіють будинками, з яких 95% можуть використовувати біогазові установки. Понад 50% цих домогосподарств (2,28 млн од.) займаються тваринництвом, що робить їх потенційними виробниками біогазу.

Загальний еколого-економічний ефект від впровадження біогазових установок в цих домогосподарствах може сягнути 7,73 млрд грн щорічно. Інвестиції в біогазове обладнання для цих домогосподарств складуть 136 млрд грн. Для стимулювання розвитку біогазових технологій в селі держава може пропонувати 40% компенсації вартості біогазового обладнання, виробленого в Україні. Також за допомогою державних програм доцільно погашати відсотки за кредитами, взятими на придбання такого обладнання в тому числі за рахунок

реалізації квот за Кіотським протоколом.

Визначено, що розвиток біогазових технологій в сільських територіях стимулюватиме виробництво вітчизняного обладнання це також сприятиме енергетичній та екологічній безпеці держави. Розвиток та вдосконалення технологій виробництва біогазу з використанням сировинного потенціалу АПК України має стати стратегічним пріоритетом післявоєнної відбудови держави. Запропоновані заходи дадуть можливість: досягти зростання обсягів переробки відходів АПК на біогаз; удосконалити методи управління відходами підприємств агропромислового сектору; підвищити показник валового регіонального продукту та рентабельність підприємств АПК в короткостроковій перспективі.

Доведено, що основним стримуючим фактором для розвитку біогазового виробництва на підприємствах АПК є відсутність належного державного стимулювання та необхідних обсягів інвестицій. Визначено, що загальний сировинний потенціал тваринництва домогосподарств в перерахунку на біогаз можна оцінити в розмірі 4,2 млрд м³ біометану, а загальний потенціал сільського господарства становить 9,59 млрд м³ біометану. Констатовано, що використання біогазових установок в домогосподарствах України поки що на початковому етапі. Проте за розвитку програм державної підтримки воно може стати важливим фактором розвитку сільської місцевості та енергетики країни.

Визначено, що для сільськогосподарських формувань окрім фінансового ефекту від заощадження коштів на придбання мінеральних добрив, використання таких органічних добрив для потреб господарств дозволить отримати позитивний агротехнічний ефект, спричинений їх перевагами, а саме: максимальним зберіганням та накопиченням азоту, високим рівнем засвоєння органічних речовин, відсутністю насіння бур'янів та патогенної мікрофлори, стійкістю до вимивання ґрунту тощо. Реалізація проектів з виробництва біогазу сприятиме вирішенню низки екологічних та економічних проблем, зокрема, зменшенню викидів парникових газів, підвищенню енергетичної безпеки країни, розвитку сільського господарства та створенню нових робочих місць в територіальних громадах.

Констатовано, що для успішного розвитку біоенергетики необхідно створити

сприятливі умови, зокрема, розробити та впровадити ефективну державну політику, забезпечити фінансову підтримку проектів, розвивати науково-дослідні роботи та інновації, підвищувати обізнаність населення щодо переваг використання біоенергії в сучасних умовах господарювання.

Визначено наявність великої кількості органічних відходів сільського господарства та потенціал реалізації квот на викиди CO₂ створюють сприятливі умови для розвитку цього сектору. Розроблена економетрична модель дозволяє прогнозувати обсяги виробництва біометану в залежності від зміни ключових факторів економічного та екологічного характеру.

Обґрунтовано необхідність створення біогазової установки на базі навчального студентського господарства ВНАУ, що сприятиме розвитку освіти, науки та виробництва. Реалізація даних рекомендацій дасть можливість створити на базі господарства науково-практичну базу розробки біогазових технологій, та практичну лабораторію з дослідження впливу складу різних субстратів на якісні характеристики біогазу та дигестату, а також популяризувати виробництво біогазу серед майбутніх спеціалістів аграрного профілю.

Розробка та реалізація програми державного стимулювання розвитку виробництва біогазу в особистих селянських господарствах та підприємствах є необхідним кроком для забезпечення енергетичної та екологічної безпеки країни, збереження довкілля та розвитку сільського господарства в тому числі через імплементацію практики міжмуніципального інвестиційного співробітництва. Проведенням спільних досліджень між науковими установами країн ЄС та України. Джерелом фінансування програми мають стати надходження від реалізації «вуглецевих» квот передбачених Кіотським протоколом.

Ключові слова: екологічна безпека, біометан, біогазові відходи, біогаз, енергетична ефективність, енергетична безпека, біомаса, кластер, екологія, дигестат, біогазові реактори, домогосподарства, методика, економіка.

SUMMARY

Zelenchuk N. V. Ecological and economic efficiency of biogas production at enterprises and households of Ukraine. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for the Doctor of Philosophy degree, specialty 051 Economics. – Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, 2024.

The dissertation work is devoted to solving an actual scientific problem aimed at improving the theoretical and methodological basis and forming directions for increasing the ecological and economic efficiency of biogas production at Ukrainian enterprises and households, taking into account the possibility of implementing foreign experience in stimulating the production of biofuels.

The research's information base consisted of materials from the State Statistics Service of Ukraine, the Ministry of Economy of Ukraine, the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine, statistical yearbooks, financial and statistical reports of other state institutions, and scientific developments of foreign and domestic scientists on certain topics.

The study is devoted to a comprehensive analysis of the potential and prospects for developing bioenergy in Ukraine with a focus on biogas production. In the work, a comprehensive assessment of the technological, economic and ecological aspects of the development of the industry was carried out, the main directions and barriers of development were determined, and recommendations were offered for the further development of the bioenergy sector.

A wide range of methods was used to conduct the research, in particular: scientific literature on bioenergy issues was systematized, in particular, studies devoted to the assessment of biomass potential in Ukraine, biogas production technologies, economic aspects of the development of the bioenergy sector and the experience of other countries; collection and analysis of statistical data: analysis of statistical data on production of agricultural products, energy consumption, development of renewable energy sources in Ukraine; economic models were developed to assess the ecological and economic efficiency of biogas production at enterprises and households of the state.

The main types of biomass that can be used for biogas production in Ukraine (harvest residues, silage, manure, food industry waste, etc.) have been determined. The resource potential of various types of biomass has been assessed and their availability for use in bioenergy has been determined. The impact of using biomass for biogas production on other sectors of the economy, in particular on agriculture and the general ecological state of the environment, was assessed. An overview of modern technologies of biogas production, their advantages, and disadvantages was carried out. The technical and economic indicators of various types of biogas plants were evaluated. Optimal technologies for various types of raw materials and scales of biogas production at enterprises and households in Ukraine have been determined.

The cost of biogas production from different types of raw materials is calculated. The economic efficiency of investments in biogas projects was evaluated. The factors affecting the profitability of biogas projects have been identified. The current legislation of Ukraine, which regulates the development of renewable energy sources, is analyzed. The shortcomings of the existing legislation are identified and changes are proposed to create more favorable conditions for the development of bioenergy in modern economic conditions. It was established that the production of biogas in Ukraine has significant potential for development and can become an important source of renewable energy.

It was determined that in Ukraine there are 4.8 million households in rural areas that own houses, of which 95% can use biogas plants. More than 50% of these households (2.28 million units) are engaged in animal husbandry, which makes them potential biogas producers.

The overall ecological and economic effect of the introduction of biogas plants in these households can reach 7.73 billion hryvnias annually. Investments in biogas equipment for these households will amount to UAH 136 billion. To stimulate the development of biogas technologies in the village, the state can offer 40% compensation for the cost of biogas equipment manufactured in Ukraine. Also, with the help of state programs, it is expedient to repay the interest on loans taken for the purchase of such equipment, including due to the implementation of quotas under the Kyoto Protocol.

It was determined that the development of biogas technologies in rural areas will stimulate the production of domestic equipment, which will also contribute to the energy and environmental security of the state. The development and improvement of biogas production technologies using the raw material potential of the agricultural sector of Ukraine should become a strategic priority for the post-war reconstruction of the state. The proposed measures will make it possible to: achieve an increase in the volume of processing of agricultural waste into biogas; to improve waste management methods of enterprises in the agro-industrial sector; to increase the indicator of gross regional product and the profitability of agro-industrial complex enterprises in the short term.

It has been proven that the main restraining factor for the development of biogas production at agro-industrial complex enterprises is the lack of proper state incentives and the necessary amounts of investments. It was determined that the total raw material potential of livestock production of households in terms of biogas can be estimated at 4.2 billion m³ of biomethane, and the total potential of agriculture is 9.59 billion m³ of biomethane. It was established that the use of biogas plants in Ukrainian households is still at the initial stage. However, the development of state support programs, it can become an important factor in the development of rural areas and the country's energy industry.

It was determined that for agricultural formations, in addition to the financial effect of saving money on the purchase of mineral fertilizers, the use of such organic fertilizers for the needs of farms will allow for obtaining a positive agrotechnical effect caused by their advantages, namely: maximum storage and accumulation of nitrogen, a high level of assimilation of organic substances, the absence of weed seeds and pathogenic microflora, resistance to soil leaching, etc. The implementation of biogas production projects will contribute to solving several environmental and economic problems, in particular, reducing greenhouse gas emissions, increasing the country's energy security, developing agriculture, and creating new jobs in local communities.

It was established that for the successful development of bioenergy, it is necessary to create favorable conditions, in particular, to develop and implement an effective state policy, to provide financial support for projects, to develop research and innovation, and

to raise public awareness of the benefits of using bioenergy in modern economic conditions.

The presence of a large amount of organic agricultural waste and the potential of implementing quotas for CO₂ emissions have been determined to create favorable conditions for the development of this sector. The developed econometric model allows forecasting the volume of biomethane production depending on changes in key economic and environmental factors.

The need to create a biogas plant based on the educational student farm of VNAU, which will contribute to the development of education, science, and production, is substantiated. The implementation of these recommendations will make it possible to create a scientific and practical base for the development of biogas technologies based on the farm, and a practical laboratory for researching the influence of the composition of various substrates on the quality characteristics of biogas and digestate, as well as to popularize the production of biogas among future specialists of the agrarian profile.

The development and implementation of the program of state stimulation of the development of biogas production in private peasant farms and enterprises is a necessary step to ensure the energy and ecological security of the country, the preservation of the environment, and the development of agriculture, including through the implementation of the practice of inter-municipal investment cooperation. Conducting joint research between scientific institutions of EU countries and Ukraine. The source of funding for the program should be revenues from the implementation of "carbon" quotas provided for by the Kyoto Protocol.

Keywords: environmental safety, biomethane, biogas waste, biogas, energy efficiency, energy security, biomass, cluster, ecology, digestate, biogas reactors, households, methodology, economy.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Лутковська С. М., Зеленчук Н. В. Розвиток біоенергетики в Україні – енергетична та економічна безпека в умовах сталого розвитку. *Ефективна економіка*. 2021. № 12. С. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.12.2> (0,9 друк арк. – особистий внесок – проаналізовано перспективи розвитку біоенергетики в Україні – 0,45 друк. арк.).
2. Зеленчук Н. В. Оцінка сировинного потенціалу АПК для виробництва біогазу. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2022. № 23. С. 15-19. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.23.2022.264623>. (0,5 друк арк.).
3. Лутковська С. М., Зеленчук Н. В. Оцінка потенціалу виробництва біогазу особистими селянськими господарствами. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2023. № 25. С. 15-20. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.25.2023.278409> (0,6 друк арк. – особистий внесок 0,3 – оцінено потенціалу виробництва біогазу особистими селянськими господарствами).
4. Лутковська С. М., Коломієць Т. В., Зеленчук Н. В. Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в контексті євро інтеграційних процесів на шляху до сталого економічного розвитку. *Інвестиції: практика та досвід*. 2023. № 1. С. 11-21. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2023.1.11> (0,6 друк арк. – особистий внесок встановлено, що пандемія та війна, мали подібний вплив на енергетичний сектор: виявлено вразливість глобальних ланцюгів постачання енергії, зв'язки попиту та пропозиції – 0,2 друк арк.).
5. Зеленчук Н. В. Методичні підходи до визначення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на переробних підприємствах АПК України. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2023. № 27. С. 5-8. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.27.2023.297212> (0,41 друк. арк.).
6. Зеленчук Н. В. Аналіз зарубіжного досвіду підвищення ефективності

виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах. *Економіка та суспільство*. 2024. № 60. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-59> (0,5 друк арк.).

7. Зеленчук Н. В. Фактори впливу на еколого-економічну ефективність виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2024. Випуск 3 (12). С. 47-51. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.12-8> (0,55 друк арк.).

Монографії:

1. Zelenchuk N. State regulation of biofuel production in Ukraine. *In: Scientific and practical principles of development of territorial communities in the conditions of decentralization of power*. Monograph. Primedia eLaunch, Boston, USA, 2022. P. 213-238. DOI: <https://doi.org/10.46299/979-8-88680-820-9.10> (11,5 друк. арк. – особистий внесок – визначенні напрями державного регулювання виробництва біопалив в Україні 0,82 друк. арк.).

2. Berezyuk S., Pronko L., Zelenchuk N. Prospects of implementation of abroad experience of cooperation of territorial communities in Ukraine. *In: Strategic imperatives for the development of local self-government in the conditions of European integration processes in Ukraine*. Monograph. Primedia eLaunch, Boston, USA, 2023. P. 83-113 p. DOI: <https://doi.org/10.46299/979-8-88992-679-5.4> (6,2 друк. арк. – особистий внесок – визначенні напрями розвитку інвестування в регіони за рахунок впровадження державних програм 0,3 друк. арк.).

Матеріали наукових конференцій:

1. Зеленчук Н. В. Оцінка біоенергетичного потенціалу відходів, що продукуються підприємствами та домогосподарствами України. The 6 th International scientific and practical conference «Topical issues of modern science, society and education» (December 26-28, 2021) SPC «Sci-conf.com.ua», Kharkiv, Ukraine. 2021. Pp. 1449–1453. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2021/12/TOPICAL-ISSUES-OF-MODERN-SCIENCE-SOCIETY->

AND-EDUCATION-26-28.12.21.pdf. (0,2 друк. арк.)

2. Зеленчук Н. В. Дослідження факторів впливу на еколого-економічну ефективність виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України. Фінансові аспекти розвитку держави, регіонів та суб'єктів господарювання: теорія, методологія, практика: збірник тез доповідей міжнародної науковопрактичної конференції (Рівне, 30 березня 2024 р.). Рівне: ЦФЕНД, 2024. С. 20-21. (0,2 друк. арк.).

3. Зеленчук Н. В. Модель підвищення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу. Наука, освіта і технології в ХХІ столітті: наукові ідеї та механізми реалізації: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Ізмаїл, 2 квітня 2024 р.). Ізмаїл: ЦФЕНД, 2024. С. 28-30. (0,2 друк. арк.).

ЗМІСТ

ВСТУП	14
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ТА В ДОМОГОСПОДАРСТВАХ УКРАЇНИ	20
1.1. Концептуальні положення еволюції та розвитку біоенергетики в Україні.	20
1.2. Теоретичні аспекти формування потенціалу виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України.	30
1.3. Методичні підходи до визначення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України.	41
Висновки до розділу 1	49
Список використаних джерел до розділу 1	50
РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ТА В ДОМОГОСПОДАРСТВАХ УКРАЇНИ	56
2.1. Сировинний потенціал виробництва біогазу в Україні.	56
2.2. Оцінка еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України.	78
2.3. Фактори впливу на еколого-економічну ефективність виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України	96
Висновки до розділу 2	106
Список використаних джерел до розділу 2	109
РОЗДІЛ 3. ОСНОВНІ НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ТА В ДОМОГОСПОДАРСТВАХ УКРАЇНИ	116
3.1. Значення виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах для забезпечення продовольчої та енергетичної безпеки держави	116
3.2. Економетрична модель підвищення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу.	127
3.3. Впровадження зарубіжного досвіду підвищення ефективності виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України	136
Висновки до розділу 3	150
Список використаних джерел до розділу 3	151
ВИСНОВКИ	158
ДОДАТКИ	162

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогодні, в умовах воєнного стану, виробництво біогазу є одним з напрямів забезпечення енергетичної незалежності держави. В Україні розпочинається імплементація прогресивних технологій переробки агробіомаси на біогаз, проте розробка методичних підходів до оцінки еколого-економічної доцільності виробництва біогазу на підприємствах та домогосподарствах нині є одним з першочергових завдань для забезпечення енергетичної незалежності України. Проблемам виробництва біогазу в сучасних умовах присвяченні наукові праці Г. Калетніка, С. Лутковської, В. Бондаренка, О. Кучера, І. Гончарук, Д. Токарчук, С. Березюка, І. Фурман, Н. Пришляк, Р. Логоші, Я. Гонтарука, І. Білокінної, Я. Паламаренко та ін. Проте, розробка заходів орієнтованих на підвищення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу для забезпечення енергетичної безпеки держави в умовах військового стану є надзвичайно необхідним, що зумовлює актуальність даного дослідження.

Віддаючи належне вагомому внеску цих науковців, слід зауважити, що забезпечення енергетичної та екологічної безпеки держави має низку особливостей, серед яких є безпосередня унікальність вітчизняного сільськогосподарського виробництва та ведення підсобних виробництв в домогосподарствах, яка характеризується взаємодією із землею, живими організмами, а також похідними від цього аспектами. Зазначене вимагає подальших досліджень в розділі деталізації напрямів підвищення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу.

Складність та багатоаспектність зазначеної проблеми зумовили вибір проблематики теми дослідження, формулювання мети й завдань, структурно-логічну побудову дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до плану наукових досліджень Вінницького національного аграрного університету і є складовою частиною науково-дослідної теми: «Забезпечення розвитку територіальних громад в умовах реформування

місцевого самоврядування». Номер державної реєстрації 0122U002096. Термін виконання: 2022-2024 рр., де автором запропоновано план заходів щодо створення програми розвитку виробництва біогазу в домогосподарствах та підприємствах для забезпечення енергетичної безпеки держави шляхом розвитку державної підтримки розвитку виробництва біогазу в особистих селянських господарствах та підприємствах.

Мета і завдання дослідження.

Метою дослідження є розробка заходів з підвищення еколого-економічної доцільності виробництва біогазу з метою забезпечення енергетичної, екологічної та продовольчої безпеки України в умовах воєнного стану та післявоєнної відбудови. Для досягнення цієї мети були поставлені та вирішені такі завдання:

- дослідити концептуальні положення еволюції та розвитку біоенергетики в Україні;
- проаналізувати теоретичні аспекти формування потенціалу виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах;
- вдосконалити методичні підходи до визначення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу;
- провести оцінку сировинного потенціалу для виробництва біогазу;
- оцінити еколого-економічну ефективність виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України;
- визначити фактори впливу на еколого-економічну ефективність виробництва біогазу;
- оцінити значення виробництва біогазу для забезпечення екологічної, продовольчої та енергетичної безпеки держави та розробити пропозиції державного стимулювання;
- розробити економетричну модель підвищення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу;
- дослідити можливості імплементації зарубіжного досвіду виробництва біогазу до сучасних реалій України.

Об'єктом дослідження є: еколого-економічна ефективність виробництва

біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України.

Предметом дослідження є: сукупність теоретичних, методичних і практичних положень щодо оцінки еколого-економічної ефективності виробництва біогазу в сучасних реаліях.

Методи дослідження:

У дисертаційній роботі застосовано загальнонаукові та спеціальні методи наукового пізнання, а саме:

- порівняльного аналізу – для оцінки різних наукових підходів щодо з'ясування для визначення методологічних підходів до формування критеріїв оцінки еколого-економічної ефективності виробництва біогазу;
- статистичного аналізу, синтезу, індукції та дедукції – в процесі дослідження сучасного стану виробництва біогазу в Україні;
- опитування, класифікації та типології – для ідентифікації переваг і недоліків виробництва біогазу;
- економіко-математичні, експертних оцінок та моделювання – для прогнозування показників виробництва біогазу в Україні;
- системного структурного аналізу, проектування – під час розробки плану заходів щодо створення програми державної підтримки виробництва біогазу в особистих селянських господарствах;
- історико-правовий – для розроблення рекомендацій щодо обґрунтування методичної складової оцінки еколого-економічної ефективності виробництва біогазу.

Інформаційну базу дослідження становили матеріали Державної служби статистики України, Міністерства економіки України, Міністерства аграрної політики та продовольства України, Асоціації УкрБіоенерго, статистичних щорічників, фінансової та статистичної звітності інших державних установ, наукові розробки зарубіжних та вітчизняних учених з визначеної тематики.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розробці комплексного підходу до стимулювання виробництва біогазу в Україні на основі аналізу світового досвіду та оцінки національного потенціалу та запропонована методика

визначення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу. Вперше запропоновано детальний план заходів, який включає в себе фінансові стимули, податкові пільги, розвиток інфраструктури та підтримку наукових досліджень.

Найбільш суттєві наукові результати дисертаційної роботи, що містять наукову новизну і характеризують особистий внесок автора, наступні:

вперше:

- запропоновано план заходів щодо створення програми державного стимулювання розвитку виробництва біогазу в домогосподарствах з урахуванням досвіду Китаю та країн ЄС;

удосконалено:

- підходи до трактування еволюції біоенергетики в Україні;
- методи теоретичної оцінки потенціалу для виробництва біогазу;
- методичні підходи до оцінки еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на базі підприємств та домогосподарств;

- підходи до оцінки сировинного потенціалу з виробництва біогазу з врахуванням теоретичного потенціалу домогосподарств та підприємств;

- методику оцінки еколого-економічної ефективності виробництва біогазу в домогосподарствах та підприємствах;

- підходи до визначення факторів впливу на еколого-економічну ефективність виробництва біогазу з розподілом їх на зовнішнього та внутрішнього характеру;

- підходи до оцінки значення виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах з орієнтацією на забезпечення екологічної, продовольчої та енергетичної безпеки держави;

набули подальшого розвитку:

- економетричні моделі підвищення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу.

Практичне значення отриманих результатів. Окремі наукові розробки автора щодо підвищення ефективності виробництва біогазу на підприємствах та домогосподарствах використовуються в практичній діяльності державних органів

влади та організаціях, зокрема: ТОВ «Органік Д» – пропозиції стосовно доцільності використання систем інжекторного внесення рідкої фракції дигестату з метою оптимізації витрат на удобрення сільськогосподарських площ проходять імплементацію в практичну діяльність (довідка № 22 від 14.10.2024 р.); Іллінецької міською радою – пропозиції стосовно розвитку міжмуніципального співробітництва будуть враховані при формуванні доповнень до Стратегії сталого розвитку Іллінецької міської територіальної громади до 2027 року (довідка № 243 від 26.09.2024 р.); Департаментом агропромислового розвитку Вінницької обласної військової адміністрації – напрацювання стосовно дотування створення об'єктів малої біогазової генерації через застосування механізмів дії Кіотського протоколу шляхом компенсації вартості обладнання вітчизняного виробництва застосовуються у практичній діяльності даного органу (довідка № 01.1-27/874 від 17.10.2024 р.).

Положення дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі Вінницького національного аграрного університету під час викладання окремих частин навчальних дисциплін «Енергоефективність та альтернативні джерела енергії», «Методологія та організація наукових досліджень з основами інтелектуальної власності», «Екологічна економіка». Практичне значення одержаних наукових результатів зумовило їх впровадження у навчально-методичний процес та наукову роботу кафедри адміністративного менеджменту та альтернативних джерел енергії (довідка № 01.1-60-1290 від 15.10.2024 р.).

Особистий внесок автора. Дисертація є самостійно виконаною науковою роботою. Відображені у ній висновки, рекомендації та положення наукової новизни, які виносяться на захист, отримані здобувачем особисто. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, у дисертаційній роботі використані лише ті ідеї та положення, які є результатом власних напрацювань здобувача.

Апробація результатів дослідження. Основні наукові положення дисертаційної роботи та практичні результати дослідження були апробовані на 3 науково-практичних конференціях, зокрема: The 6 th International scientific and practical conference «Topical issues of modern science, society and education»

(December 26-28, 2021) SPC «Sci-conf.com.ua», Kharkiv, Ukraine, Фінансові аспекти розвитку держави, регіонів та суб'єктів господарювання: теорія, методологія, практика: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Рівне, 30 березня 2024 р.), Наука, освіта і технології в XXI столітті: наукові ідеї та механізми реалізації: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Ізмаїл, 2 квітня 2024 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції «Екологоорієнтовані технології вирощування сільськогосподарської продукції в умовах ґрунтозбереження та кліматичної нейтральності» (Вінниця, 23-24 травня 2024 року).

Публікації. За результатами дослідження автором опубліковано 12 наукових праць загальним обсягом 22,36 умовн. др. арк. (власний доробок автора 4,65 умовн. др. арк.), 2,93 умовн. др. арк. у наукових фахових видання України, включених до міжнародних наукометричних баз; 1,12 умовн. друк. арк. у монографіях іноземною мовою; 0,6 умовн. др. арк. у інших виданнях.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Основний обсяг дисертації становить 173 сторінок комп'ютерного тексту. Робота містить 39 таблиць, 16 рисунків, 6 додатків, викладених на 11 сторінках. Список використаних джерел включає 142 найменувань, викладених на 19 сторінках.

Інформаційною базою дослідження слугували законодавчі, нормативно-правові акти органів державної влади та управління, офіційні публікації статистичних органів і відомчі матеріали, інтернет-ресурси.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ТА В ДОМОГОСПОДАРСТВАХ УКРАЇНИ

1.1. Концептуальні положення еволюції та розвитку біоенергетики в Україні

Біоенергетика в світі продовжує займати важливе місце в суміші джерел відновлювальної енергії. Нами розглянуто деякі ключові аспекти розвитку біоенергетики в світі:

1. Зростання виробництва біопалива: біопаливо, включаючи біодизель і етанол, продовжує вироблятися в багатьох країнах світу. Розвиток технологій для виробництва біопалива з різних джерел, таких як цукрова тростина, соя, рапс, і деревина, сприяє його поширенню.

2. Біогаз та біометан: виробництво біогазу та біометану також набуває популярності. Дані види біоенергії можуть бути використані для виробництва електроенергії, опалення та як транспортне паливо.

3. Інновації в технологіях переробки біомаси: технології конвертації біомаси в енергію постійно удосконалюються. Це включає процеси газифікації, піролізу та біологічного розкладу.

4. Інвестиції та підтримка від держав: багато країн активно інвестують у розвиток біоенергетики, надаючи підтримку через фінансові стимули, тарифи на відновлювальну енергію та інші заходи.

5. Співпраця на міжнародному рівні: країни співпрацюють на міжнародному рівні для обміну досвідом та технологіями в галузі біоенергетики. Це сприяє швидшому поширенню кращих практик та технологій в сфері виробництва альтернативних джерел енергії.

6. Узгоджені заходи зменшення викидів: багато країн включають розвиток біоенергетики в свої стратегії зменшення викидів парникових газів, щоб виконати міжнародні зобов'язання з питань зміни клімату (рис. 1.1).



Рисунок 1.1. – Ключові аспекти розвитку біоенергетики в світі

Джерело: власні дослідження

Слід зауважити, що зростання виробництва біопалив визначається рядом факторів, які взаємодіють і сприяють розвитку цього сектору. Нами виокремлені деякі ключові аспекти, що впливають на зростання популярності виробництва даного виду енергетичних ресурсів:

1. Енергетична безпека: біопалива вважаються одним із засобів зменшення залежності від традиційних джерел енергії, таких як нафта. Зменшення енергетичної залежності має стратегічне значення для країн, оскільки біомаса може бути вирощена внутрішньо, що сприяє стабільності постачання та зменшенню впливу змін цін на енергоресурси. Особливо актуально для країн ЄС та України в умовах агресії РФ.

2. Зменшення викидів парникових газів: виробництво та використання біопалив може сприяти зменшенню викидів парникових газів порівняно з традиційними паливами. Це важливо в контексті глобальних зусиль боротьби із зміною клімату та дотриманням міжнародних екологічних стандартів.

3. Розвиток сільськогосподарського сектору: вирощування рослин для виробництва біомаси на біопалива може забезпечувати нові можливості для сільськогосподарського сектору. Це сприяє економічному розвитку сільських територій та створенню робочих місць.

4. Стимули та субсидії: багато країн надають різноманітні стимули та субсидії для підтримки виробництва біопалив. Це включає податкові кредити,

гранти, тарифи на відновлювальну енергію та інші інструменти, щоб зробити біопалива конкурентоспроможними на ринку енергетики.

5. Технологічний розвиток: постійний технологічний прогрес у галузі виробництва біопалив призводить до покращення ефективності та зниження вартості виробництва. Дані фактори сприяють більшій привабливості для споживачів та інвесторів.

6. Політична воля: політична воля та законодавча база, спрямовані на підтримку використання відновлювальних джерел енергії, включаючи біопалива, можуть значно впливати на їхнє зростання. Закони та регуляції можуть стимулювати інвестиції та розвиток цього сектору.

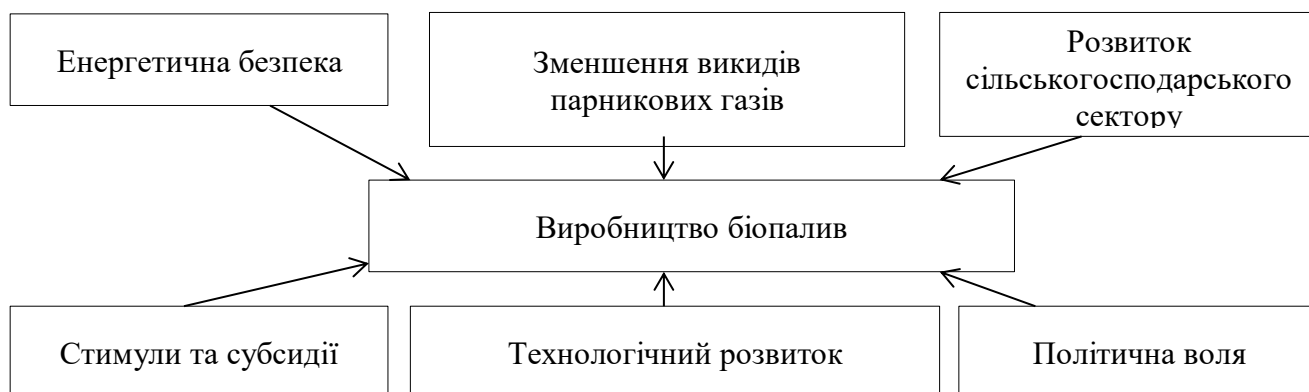


Рисунок 1.2 – Ключові аспекти сприяння нарощування виробництва біопалив

Джерело: власні дослідження

Слід зазначити, що саме формування енергетичної безпеки України є ключовим завданням для забезпечення стабільності та розвитку країни. Нижче запропоновано деякі напрями та заходи, які можуть сприяти формуванню енергетичної безпеки:

1. Диверсифікація джерел та постачальників енергії:
 - розширення спектра джерел енергії, включаючи вугілля, природний газ, відновлювальні джерела та ядерну енергію;
 - розвиток внутрішнього виробництва енергії для зменшення залежності від імпортованих ресурсів.

2. Підвищення енергоефективності:

- впровадження програм та стимулів для підвищення енергоефективності в житловому та промисловому секторах;
- модернізація та оптимізація енергетичної інфраструктури.

3. Розвиток відновлювальних джерел енергії (ВДЕ):

- сприяння виробництву електроенергії з сонячної, вітрової та гідроенергетики;
- збільшення обсягів виробництва біоенергії та геотермальної енергії.

4. Модернізація та розвиток енергетичної інфраструктури:

- реконструкція та розширення транспортних систем для транспортування енергетичних ресурсів;
- вдосконалення системи зберігання та розподілу електроенергії.

5. Розвиток ядерної енергетики:

- запуск нових блоків атомних електростанцій, які відповідають сучасним стандартам безпеки;
- розширення використання ядерної енергії як стійкого джерела базового навантаження.

6. Стимулювання наукових досліджень та інновацій:

- фінансування та підтримка наукових досліджень у галузі нових технологій енергетики;
- сприяння інноваційним підприємствам та стартапам, що працюють у сфері енергетики.

7. Розвиток міжнародної співпраці:

- співпраця з іншими країнами для обміну досвідом та технологіями;
- участь в міжнародних енергетичних проектах та ініціативах.

8. Безпека енергозабезпечення:

- розвиток стратегій та механізмів для забезпечення стійкості енергозабезпечення в умовах кризових ситуацій;
- збереження резервів енергетичних ресурсів для забезпечення важливих галузей та функцій суспільства в надзвичайних обставинах.

Ці напрями сприятимуть розвитку стійкої, різнопланової та безпечної системи енергопостачання в Україні.

На нашу думку, пріоритетним має стати розвиток насамперед наукових досліджень в сфері виробництва біопалив в науково-дослідних установах. Вінницький національний аграрний університет є лідером в галузі біоенергетики в Україні. На базі університету функціонує сучасна Науково-дослідна лабораторія біоенергетики, де молоді вчені проводять дослідження з розробки та вдосконалення технологій виробництва біодобавок до дизельного палива. Завдяки потужній установці БДД-200, лабораторія виготовляє біопаливо з різноманітної рослинної та тваринної сировини. Результати досліджень успішно апробуються на дослідних полях університету, де сільськогосподарська техніка працює на виготовленому біопаливі. Ці досягнення свідчать про високий науковий потенціал університету та відкривають перспективи для розвитку вітчизняної біоенергетики.

Отже, біопаливо в Україні сьогодні розглядається як вагома альтернатива традиційному пальному, яке останнім часом стало надмірно дороговартісним і водночас недоступним для населення. Розвиток біоенергетики дає можливість розширити діапазон доступних джерел енергії, зміцнити енергетичну безпеку країни, сприяти енергетичній незалежності держави, покращити стан навколишнього середовища [1, с.12].

Біоенергетична галузь, на сьогодні, представлена майже усіма біоенергетичними напрямками: вирощування багаторічних енергетичних культур, виробництво твердих біопалив, виробництво біометану, біоетанолу та біодизелю.

Історія розвитку біоенергетики в Україні має свої корені у використанні традиційних джерел енергії, таких як дерево, буряк та інші біомасиви, але справжній розквіт почався з приходом незалежності в 1991 році.

На нашу думку доцільно виділити основні етапи: СРСР і перехідний період (до 1991 року), Період незалежності (1991 – початок 2000-х років), Інтеграція до світових енергетичних тенденцій (середина 2000-х – середина 2010-х років), Сучасний етап (з середини 2010-х років та до сьогодні) (табл. 1.1).

Етапи становлення біоенергетики в Україні

Етап	Особливості етапу
1. СРСР і перехідний період (до 1991 року)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Використання традиційних джерел енергії, таких як дерево, вугілля та газ, було основним методом отримання енергії в аграрній та промисловій сфері. 2. Використання сільськогосподарських відходів для виробництва енергії було обмеженим.
2. Період незалежності (1991 - початок 2000-х років)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Запуск великих гідроелектростанцій: у 1990-2000 роках було завершено реконструкцію кількох великих гідроелектростанцій, таких як Канівська та ДніпроГЕС. 2. Розвиток когенерації: було запущено декілька теплоелектроцентралей та когенераційних установок для використання біомаси та відходів промисловості
3. Інтеграція до світових енергетичних тенденцій (середина 2000-х - середина 2010-х років)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Підписання Кіотського протоколу: у 2004 році Україна приєдналася до Кіотського протоколу, що підтримало розвиток відновлюваних джерел енергії, включаючи біоенергетику. 2. Запуск перших електростанцій на біогазі та біопаливі: було запущено декілька електростанцій, які використовують біогаз та біопаливо, зокрема виробництво електроенергії з сільськогосподарських відходів.
4. Сучасний етап (з середини 2010-х років та до сьогодні)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стратегія «Енергетика 2020»: уряд визначив розвиток відновлюваних джерел енергії, зокрема біоенергетики, як пріоритетну галузь у стратегії «Енергетика 2020» та схвалення «Енергетичної стратегії України на період до 2050 року» в 2023 році. 2. Стимулюючі механізми для відновлюваної енергії: Введення тарифів на зелену енергію та інших стимулюючих механізмів підтримало розвиток біоенергетики та збільшило обсяги виробництва

Джерело: систематизовано на основі [1, 2, 3]

Місією Енергетичної стратегії України до 2050 року є створення умов для сталого розвитку національної економіки через забезпечення доступу до надійних, стійких і сучасних джерел енергії.

До 2050 року енергетичний сектор має бути максимально наближений до кліматичної нейтральності. Це означатиме наявність чистої енергії, подолання енергетичної бідності, розвиток інноваційної та децентралізованої енергосистеми, повноцінне функціонування національних енергетичних ринків і їх інтеграцію в міжнародні.

Ключовими принципами Енергетичної стратегії України є економічна

обґрунтованість, екологічність, доступність, соціальна справедливість та ринковість.

Енергетична стратегія базуватиметься на цільових показниках розвитку економіки у відповідності до Національної економічної стратегії на період до 2030 року. А також на міжнародних зобов'язаннях, взятих Україною – в першу чергу, в рамках Угоди про Асоціацію України з ЄС та Паризької кліматичної угоди.

Цілями Енергетичної стратегії України 2050 є:

- модернізація енергосистеми;
- будівництво нової енергетичної інфраструктури;
- технологічне оновлення енергетики;
- енергетичний перехід [2].

У сучасній ері біоенергетика в Україні є важливою частиною стратегії сталого розвитку та має значний потенціал для подальшого росту, зокрема використання біогазу, біомаси та інших джерел енергії. Проведення дальших ініціатив та інвестицій може сприяти збільшенню частки біоенергетики в енергетичній структурі країни.

На сьогодні в правовому полі прийнято Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про альтернативні види палива» щодо розвитку виробництва біометану» № 5464 від 05.05.2021 р. Прийняття даного закону стало важливим кроком для стимулювання виробництва біометану в Україні. Завдяки цьому закону виробники біогазу отримали можливість підключатися до газотранспортної системи та продавати свою продукцію як біометан. Це не лише сприяє розвитку відновлюваної енергетики, але й дозволяє зменшити залежність України від імпорту природного газу [3].

Еволюція та розвиток біоенергетики в Україні є важливим аспектом переходу до сталої енергетики та забезпечення енергетичної безпеки. Нами розглянуті концептуальні положення, що характеризують еволюцію та розвиток біоенергетики в Україні:

1. Стратегії енергетичної безпеки:

- диверсифікація джерел енергії: розвиток біоенергетики входить в

стратегію диверсифікації джерел енергії, щоб зменшити залежність від імпортованих видів палива та підвищити стійкість енергетичної системи.

2. Підтримка розвитку відновлюваних джерел енергії:

- законодавча база та стимулювання: Уряд України сприяє розвитку біоенергетики шляхом прийняття законодавчих актів та надання стимулів, таких як тарифи на зелену енергію, що робить біоенергетику більш привабливою для інвесторів.

3. Розвиток виробництва біогазу:

- стратегічні програми та проекти: Україна активно розвиває виробництво біогазу з використанням агровідходів, стічних вод, та інших джерел біомаси..

4. Використання твердого біопалива:

- розвиток технологій: Україна активно використовує тверде біопаливо, таке як біопаливні гранули (пелети) та брикети. Розвиток технологій виробництва біопалива забезпечує ефективне використання лісових ресурсів та сільськогосподарських відходів.

5. Інновації в біоенергетичних технологіях:

- дослідження та розвиток: інновації в області біоенергетики включають дослідження нових технологій, таких як технології газифікації біомаси, та ефективніші методи виробництва біопалива.

6. Соціальна участь та освіта:

- освітні та інформаційні кампанії: важливим елементом є підвищення обізнаності громадськості та залучення її у процес прийняття рішень стосовно використання біоенергетики. Освітні та інформаційні кампанії сприяють розумінню переваг та можливостей використання біоенергії (рис. 1.3).

Загальною метою є створення стійкої, конкурентоздатної та надійної системи біоенергетики в Україні, яка сприяє вирішенню енергетичних проблем та забезпечує сталість енергопостачання країни.

Як зазначає В. Кухар, екобіотехнології та біоенергетика це складові що забезпечать успішний розвиток цивілізації через забезпечення енергетичної безпеки та вирішення екологічних проблем утилізації відходів [4, с. 17].



Рисунок 1.3. – Концептуальні положення еволюції біоенергетики в Україні

Джерело: власні дослідження

Біопаливо в Україні – це не лише енергетична безпека, а й нові можливості для розвитку сільських територій та створення робочих місць. Розвиток біоенергетики сприяє диверсифікації економіки та підвищенню енергетичної ефективності. Враховуючи амбітні кліматичні цілі ЄС та України, біопаливо стає стратегічним ресурсом для забезпечення сталого розвитку країни. Україна має міжнародні зобов'язання щодо скорочення викидів парникових газів відповідно до Паризької кліматичної угоди. Наразі, обговорюються зобов'язання щодо зниженню на 65% викидів парникових газів до 2030 р. відносно рівня 1990 р. Також, обговорюються плани України стати кліматично нейтральною країною до 2060 р. Реалізація Дорожньої карти потребуватиме значних інвестицій та призведе до заміщення близько 20 млрд м³/рік природного газу і створення більше 160 тис. робочих місць до 2050 р. [5, с. 6].

Доцільними на нашу думку є пропозиції О. Варченко для розвитку виробництва біопалив, а саме:

- реалізація державної програми зі створення біоенергетичних кластерів є важливим кроком для забезпечення енергетичної незалежності України та зменшення викидів парникових газів. Використання відходів сільського господарства для виробництва енергії дозволить не лише зменшити залежність від імпорту енергоносіїв, а й покращити екологічну ситуацію в країні;

- скасування акцизу на альтернативні дизельні палива з вмістом біодизелю понад 30% на період 7-15 років для появи та розвитку підприємств-виробників, залучення інвестицій у переробку. По закінченні пільгового періоду 7-15 років ввести ставку податку на альтернативні дизельні палива з вмістом біодизелю понад 30% в на рівні 10-20% від базової ставки до дизельних палив. Реалізація вищезазначених заходів забезпечить відродження виробництва біопалива в Україні, що дасть можливість ліквідувати паливну залежність країни при збереженні обсягів виробництва продовольства [6, с. 98].

Перспективи подальшого розвитку біоенергетики в Україні є обіцяючими, і цей сектор може відігравати ключову роль у забезпеченні сталості та екологічної енергії для країни. Деякі основні напрямки та фактори, які впливають на подальший розвиток біоенергетики в Україні, включають:

1. Використання сільськогосподарських ресурсів: Україна має значний потенціал для виробництва біоенергії з використанням сільськогосподарських культур та біомаси. Вирощування енергетичних культур, таких як енергетична тростина, рапс, соняшник та інші, може стати важливою складовою стратегії забезпечення стійкості аграрного сектору та виробництва відновлювальної енергії.

2. Законодавче регулювання: розвиток та удосконалення законодавчого середовища щодо використання відновлювальних джерел енергії, зокрема біоенергетики, може стимулювати інвестиції та розвиток цього сектору. Тарифи на відновлювальну енергію, податкові пільги та інші стимули можуть прискорити впровадження біоенергетичних технологій.

3. Технологічний розвиток: вдосконалення технологій виробництва та конвертації біомаси може зробити процес виготовлення біоенергії більш ефективним та економічно доцільним. Інновації в сфері біоенергетики можуть включати в себе нові методи переробки, підвищення ефективності генерації енергії та зниження вартості виробництва.

4. Міжнародна співпраця: Україна може вигравати від міжнародної співпраці в галузі біоенергетики. Обмін досвідом, технологіями та інвестиціями з іншими країнами може сприяти ефективнішому впровадженню сучасних рішень у

біоенергетичному секторі.

5. Залучення інвестицій: приваблення інвестицій в біоенергетичні проекти може бути ключовим для їх успішного впровадження. Розвиток фінансових механізмів, які сприяють інвестуванню в проекти біоенергетики, може позитивно впливати на розвиток галузі.

Враховуючи ці фактори, біоенергетика може продовжувати розвиватися в Україні, сприяючи енергетичній стійкості, зменшенню викидів та сприяючи розвитку сільськогосподарського сектору в тому числі особистих селянських господарств. Однак важливо узгоджувати розвиток цього сектору з урахуванням екологічних, економічних та соціальних викликів в умовах військового стану та післявоєнної відбудови.

1.2. Теоретичні аспекти формування потенціалу виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України

Визначення потенціалу біопалива в теорії включає ряд факторів та кроків для аналізу ресурсів та можливостей. Нами виокремлено кілька ключових аспектів, які можна врахувати при теоретичній оцінці відповідного потенціалу:

1. Оцінка доступних біомасивів:

- визначення видів біомаси, які можуть служити джерелами біопалива (наприклад, енергетичні культури, деревина, органічні відходи).
- вивчення обсягів доступних біомасивів в регіоні, що можуть використовуватися для виробництва біопалива.

2. Оцінка технічних можливостей:

- аналіз технічних аспектів виробництва біопалива з різних джерел біомаси;
- оцінка технічної ефективності процесів виробництва біопалива та можливостей оптимізації.

3. Аналіз екологічних впливів:

- врахування екологічних аспектів виробництва біопалива, таких як викиди,

використання землі та водних ресурсів;

- порівняння екологічних показників біопалива з іншими джерелами енергії.

4. Оцінка економічної ефективності:

- розрахунок вартості виробництва біопалива та порівняння її із сучасними ринковими цінами на традиційні види палива;

- аналіз вартості інвестицій в виробництво біопалива

5. Законодавче середовище та стимули:

- вивчення законодавчих рамок та регуляторних вимог для виробництва та використання біопалива;

- аналіз наявності фінансових або фіскальних стимулів, таких як податкові кредити або тарифи на відновлювальну енергію.

6. Моніторинг та прогнозування попиту:

- вивчення попиту на енергію та паливо на ринку;

- прогнозування змін у попиті на біопаливо в залежності від розвитку технологій, екологічних стандартів та інших чинників.

7. Соціальна прийнятність:

- оцінка соціальної прийнятності виробництва біопалива, включаючи взаємодію з місцевими спільнотами та забезпечення соціальної вигоди (рис. 1.4).

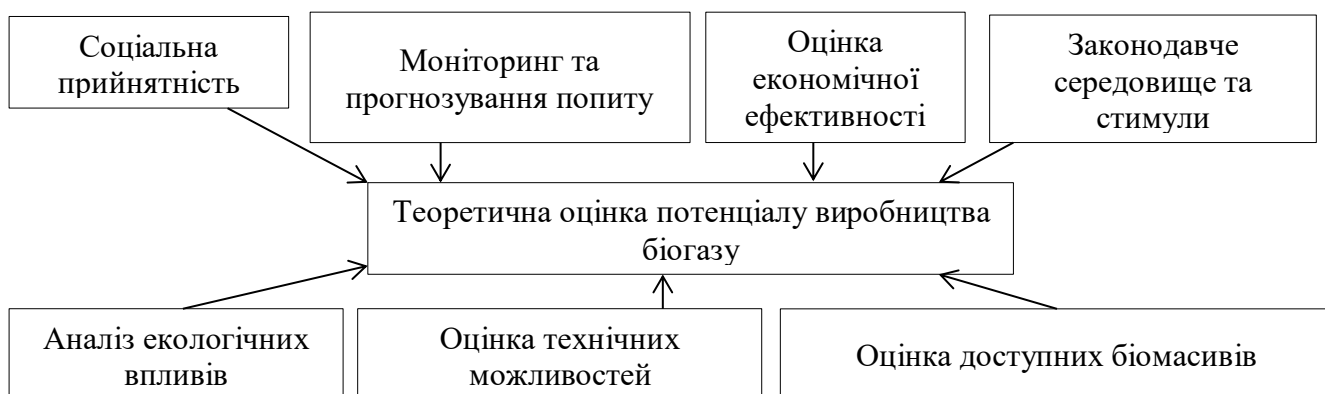


Рисунок 1.4 – Аспекти формування теоретичної оцінки потенціалу виробництва біогазу

Джерело: власні дослідження

Збір та аналіз цих даних допомагає визначити потенціал біопалива в

конкретному регіоні та з'ясувати, чи є цей вид відновлювальної енергії ефективним та конкурентоспроможним. На думку Гончарук І.В., агропромисловий комплекс має значний потенціал для виробництва біопалив, який досі залишається невикористаним у повній мірі. Переробка біомаси та органічних відходів на біопаливо дозволяє створити замкнутий цикл виробництва, зменшити кількість відходів та покращити екологічний стан довкілля [7, с. 27].

Вовк В.Ю. констатує, що найбільш інноваційним рішенням впровадження безвідходних технологій в Україні є будівництво біогазових комплексів, що дозволить, насамперед, зменшити витрати на транспортування та утилізацію сільськогосподарських відходів, а особливо відходів тваринництва. Виробництво біогазу має ряд переваг: зменшення залежності від імпорتنих енергоносіїв, отримання додаткового прибутку від продажу електроенергії та тепла, вироблених з власної сировини, а також покращення родючості ґрунтів завдяки органічним добривам, що утворюються в процесі виробництва біогазу [8, с. 201].

Для розвитку виробництва біогазу в домогосподарствах необхідні відповідні технології та обладнання. Як зазначає Я. Гонтарук, на ринку на даний час представлено досить широкий спектр обладнання малої та середньої потужності для виробництва біогазу та твердого біопалива в умовах особистих селянських господарств [9, с. 34].

Реактори малих біогазових установок зазвичай виготовляють з готових поліетиленових ємностей, що дозволяє їм ефективно переробляти близько 40 літрів субстрату на добу, враховуючи середню тривалість бродіння та обсяг газового буфера [9, с. 34].

Нажаль, теоретична оцінка не завжди враховує малі масиви біомаси які можуть бути використанні особистими селянськими господарствами – відходи підсобних господарств, власні органічні відходи тощо. Для переробки такого види біомаси необхідне малопотужне обладнання.

Виходячи з високої вартості обладнання для виробництва біогазу для домогосподарств одним з заміників дров, вугілля та природного газу можуть стати

твердопаливні брикети з соломи та інших післяжнивних решток особистих селянських господарств [9, с. 34].

Висока вартість обладнання для виробництва біогазу для домогосподарств обмежує його доступність. Однак існує більш економічно вигідна альтернатива - виробництво твердопаливних брикетів з рослинних відходів. Гранулятори та ручні преси для виробництва таких брикетів коштують значно дешевше за біогазові реактори і є досить простими у використанні. Брикети, отримані за допомогою цього обладнання, можуть ефективно замінити дрова, вугілля та газ у системах опалення.

Досить необхідним на даний час для домогосподарств використання на думку Я. Гонтарука, є використання відповідного обладнання для самозабезпечення власних потреб в теплопостачанні (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Принципова схема переробки відходів сільськогосподарської діяльності в особистих селянських господарствах на біогаз та тверде біопаливо

Джерело: [9, с. 34]

Як зазначає Я. Гонтарук, створення відповідних підсобних виробництв дасть можливість зменшити залежність України від імпорту енергоресурсів, оптимізувати витрати на опалення житлових приміщень та забезпечити селян високоякісним органічним добривом (дигестатом), що сприятиме підвищенню врожайності на присадибних ділянках [9, с. 35].

За прогнозованою оцінкою біоенергетичний потенціал України у 2050 році зросте і становитиме 46,88 млн т.н.е., що включає в себе 13,04 млн т.н.е. побічної

продукції сільськогосподарських культур, 2,88 млн т.н.е. – деревинна біомаса тощо та 2,8 млрд м³ біогазу (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Оцінка біоенергетичного потенціалу України у 2022 році

Вид біомаси	Теоретичний потенціал, млн т.	Потенціал для отримання енергії (економічний потенціал)	
		Частка теоретичного потенціалу, %	млн т. н.е.
Солома зернових культур	37,5	30,0	3,84
Солома ріпаку	5,9	40,0	0,81
Побічні продукти виробництва кукурудзи на зерно (стебла, качани)	46,6	40,0	3,57
Субпродукти виробництва соняшнику (стебла, головки)	29,0	40,0	1,66
Вторинні сільськогосподарські залишки (лушпиння соняшнику)	2,6	100,0	1,08
Деревна біомаса (паливна деревина, порубкові відходи, відходи деревообробки)	7,4	95,0	1,73
Біодизель (з насіння ріпаку)	1,2	40,1	0,46
Біоетанол (з насіння кукурудзи та цукрового буряку)	-	-	0,79
Біогаз з відходів і побічної продукції агропромислового комплексу	2,8 млрд м ³ CH ₄	42,0	0,99
Газ звалищ	0,6 млрд м ³ CH ₄	29,0	0,14
Каналізаційний газ (промислові та міські стічні води)	0,4 млрд м ³ CH ₄	28,0	0,09
Енергетичні культури:			
верба, тополя, міскантус (на 1 млн га невикористаних сільськогосподарських угідь)	11,5	100,0	4,88
кукурудза на біогаз (на 1 млн га невикористаних сільськогосподарських угідь)	3,0 млрд м ³ CH ₄	100,0	2,57
Всього			22,61

Джерело: Біоенергетична асоціація України [10]

Освоєння в повній мірі даного потенціалу, можливе лише за умови розвитку системи державного стимулювання. Державна підтримка галузі виробництва біопалива може сприяти його розвитку. Це може включати фінансову підтримку, податкові пільги, створення сприятливого регуляторного середовища та інші заходи, що сприяють залученню інвестицій та розвитку інфраструктури. Загалом, розвиток виробництва біопалива в Україні має великий потенціал і може мати

позитивний вплив на економіку, екологію та енергетичну безпеку країни [11, с. 245].

Слід зауважити, що на сьогодні проходять процеси євроінтеграції України в ЄС в тому числі адаптація до вимог європейського законодавства в сфері виробництва біопалив.

Підписання Угоди про асоціацію з ЄС поставило перед Україною завдання модернізувати свою промисловість відповідно до європейських екологічних стандартів. Зокрема, наша країна зобов'язалася виконати вимоги Директив 2008/1/ЄС та 2010/75/ЄС, спрямованих на комплексне запобігання та контроль забруднення довкілля [13-21].

Європейська комісія поставила собі за мету перетворити Європу на перший у світі кліматично нейтральний континент до 2050 року. Ця ініціатива, відома як «Європейський зелений курс», передбачає значне скорочення викидів парникових газів. Для досягнення цієї мети ЄК розробила пакет заходів «Fit for 55», який визначає конкретні кліматичні цілі на 2030 рік. Цей пакет є дорожньою картою для екологічної трансформації ЄС.

Вони чітко відображають амбіції щодо екологічної (та цифрової) трансформації в ЄС в цілому та в окремих країнах-членах ЄС до 2030 року: скорочення викидів парникових газів (ПГ) мінімум на 55% до 2030 року порівняно з рівнем 1990 року; частка відновлюваної енергії має становити понад 32%; підвищення енергоефективності щонайменше на 32,5% [22].

Серед відновлюваних джерел енергії особливо перспективним є використання біомаси та відходів. На відміну від сонячної та вітрової енергетики, які залежать від погодних умов, переробка біомаси в паливо може здійснюватися безперервно, незалежно від часу доби та географічного розташування. Класичним прикладом такої переробки є виробництво біогазу.

Найбільш перспективним на даному етапі розвитку, на думку Я. Гонтарука, є розвиток цукрових заводів на основі їх модернізації через створення біогазових виробництв (рис. 1.6) [23, с. 73].

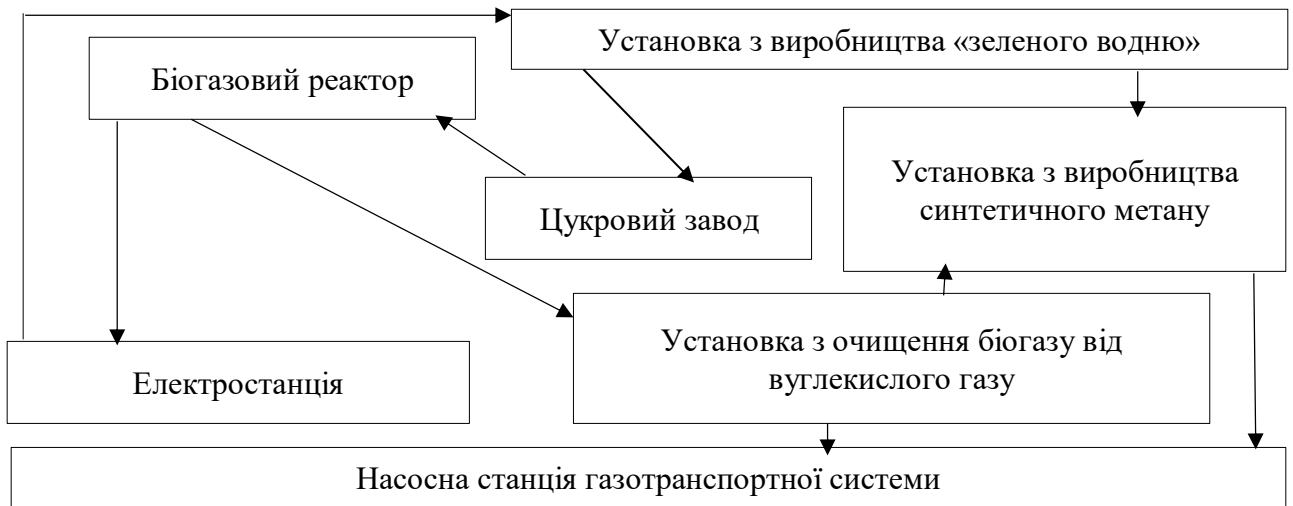


Рисунок 1.6 – Принципова схема функціонування модернізованих цукрових заводів

Джерело: [23]

У зв'язку з наявністю надлишкової теплової енергії при реалізації запропонованої Я.В. Гонтаруком принципової схеми модернізації цукрових заводів, на думку В. Бондаренка, доцільним було б її удосконалити спрямувавши на розвиток виробництва біоетанолу на відповідних комплексах (рис. 1.7).

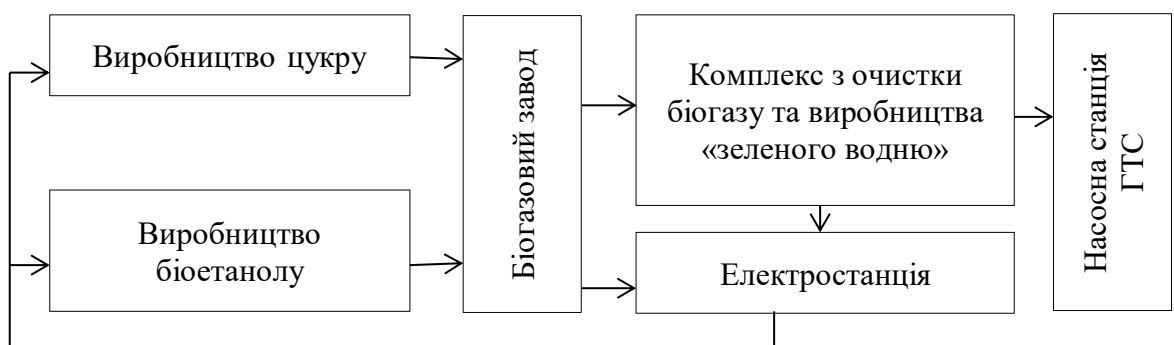


Рисунок 1.7 – Схема функціонування виробничого біоенергетичного кластеру на базі цукрового заводу

Джерело: [24]

Створення виробництва біоетанолу дасть можливість використати теплову енергію, що залишається невикористаною під час роботи електростанції. Слід зауважити, що відповідне виробництво сприятиме збільшенню виробництва біогазу за рахунок використання спиртової барди в комплексі з буряковим жомом [24].

На думку В. Бондаренка, формування відповідних біоенергетичних кластерів дасть можливість вирішити значну кількість проблем в АПК, а саме: знизити собівартість виробництва цукру; створити нові робочі місця в селі; підвищити ВВП країни; збільшити енергетичну незалежність України; забезпечити промисловість біометаном; стимулювати розвиток виробництва біогазу; забезпечити сільське господарство органічними добривами; зменшити забруднення водних ресурсів; розвинути спиртову галузь на основі нових технологій [24].

Проте, на нашу думку, для стабільного виробництва біогазу та його використання на цукрових заводах необхідно враховувати низку аспектів в Україні, а саме: сировиною для виробництва біогазу мають бути відходи сільського господарства та тваринництва; транспортування сировини до біогазових установок має бути мінімізоване; когенерація є ефективнішим способом використання біогазу, ніж виробництво лише електроенергії; тепло від біогазових установок можна використовувати в інших виробництвах; дигестат необхідно використовувати як органічне добриво; при необхідності зберігання або транспортування дигестат можна обробляти; вуглекислий газ з біогазу може бути використаний в різних галузях; анаеробні реактори можна інтегрувати в заводи з переробки цукру та біоетанолу. Даний варіант може бути вирішенням проблеми постачання субстрату та використання енергії з біогазу.

Лише врахування вищенаведених складових дасть можливість повністю оцінити можливості використання потенціалу біомаси для виробництва біогазу на цукрових заводах та інших переробних підприємств АПК.

В той же час, оцінка потенціалу виробництва біогазу домогосподарствами в сільських територіях вимагає комплексного підходу та аналізу різних аспектів. Нижче представлено кілька ключових кроків для оцінки такого потенціалу:

1. Аналіз обсягу органічних відходів:

- визначення кількості органічних відходів, що генеруються домогосподарствами в сільських районах;

- оцінка складу цих відходів та їх потенціалу для виробництва біогазу.

2. Вибір технології переробки:

- аналіз різних технологій переробки органічних відходів у біогаз, з урахуванням їх ефективності, вартості та масштабованості;

3. Визначення виробничого потенціалу:

- розрахунок потенціалу виробництва біогазу на основі кількості та складу органічних відходів, а також ефективності обраної технології.

4. Аналіз технічної та економічної доцільності:

- оцінка технічних можливостей та вартості встановлення та експлуатації біогазових установок на домогосподарствах;

- розрахунок економічної ефективності проекту з виробництва біогазу, враховуючи вартість інвестицій та очікувані прибутки.

5. Урахування соціальних аспектів:

- врахування взаємодії з місцевими спільнотами та прийнятності проекту для мешканців сільських територій;

- аналіз соціальних переваг виробництва біогазу, таких як створення робочих місць та підвищення рівня життя.

6. Планування інфраструктури та логістики:

- визначення необхідної інфраструктури для збору, переробки та використання біогазу;

- розробка планів логістики для транспортування та зберігання біогазу (в тому числі безпосередньо в домогосподарствах).

7. Сприяння та стимулювання:

- розробка програм та стимулів для сприяння виробництва біогазу в сільських територіях, таких як фінансові пільги або тарифи на відновлювальну енергію;

- проведення інформаційно-просвітницької роботи серед мешканців та підтримка їх участі в проектах з виробництва біогазу.

Ці кроки допоможуть оцінити потенціал виробництва біогазу домогосподарствами в сільських територіях та розробити стратегії для його реалізації.

Отже, формування потенціалу виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України включає в себе ряд теоретичних аспектів, які важливо

враховувати для ефективного використання відновлювальної енергії. Нижче висвітленні основні теоретичні аспекти цього питання:

1. Біогазові установки:

- технології переробки: різні технології переробки органічних відходів у біогаз можуть бути використані, такі як анаеробні ферментативні процеси чи термохімічні методи;
- вибір сировини: важливо визначити оптимальні види сировини, такі як органічні відходи, рослинна біомаса або тверді комунальні відходи.

2. Впровадження анаеробних установок на підприємствах:

- масштабування технологій: врахування масштабів технологій відповідно до потреб та масштабів підприємств;
- економічна ефективність: аналіз економічної ефективності встановлення та експлуатації анаеробних установок.

3. Управління біогазовим виробництвом у домогосподарствах:

- системи сегрегації відходів: впровадження систем сегрегації органічних відходів для забезпечення якісної сировини для біогазового виробництва;
- відповідність стандартам та нормам: дотримання встановлених стандартів та норм у сфері організації та функціонування біогазових установок на рівні домогосподарств.

4. Енергетичні аспекти біогазового виробництва:

- потужність та виробничий потенціал: визначення потужності та виробничого потенціалу біогазових установок для забезпечення достатньої кількості енергії;
- використання тепла та електроенергії: Оцінка можливостей використання тепла та електроенергії, що виробляється в процесі біогазового виробництва.

5. Фінансові та економічні аспекти:

- інвестиції та повернення інвестицій: розрахунок інвестицій та реалізація стратегій щодо повернення інвестицій у біогазове виробництво;

- тарифна політика: оцінка тарифів на відновлювальну енергію, які стимулюють виробництво біогазу.

6. Екологічні аспекти:

- зменшення викидів та екологічний вплив: Оцінка впливу біогазового виробництва на навколишнє середовище та впровадження заходів для зменшення негативних впливів.

7. Освіта та інформаційна підтримка:

- підвищення обізнаності громадськості: розробка освітніх програм та інформаційних кампаній для підвищення обізнаності та підтримки біогазового виробництва в домогосподарствах та підприємствах (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Аспекти формування потенціалу виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України

Джерело: власні дослідження систематизовані на основі [25-31]

Отже, представлені теоретичні аспекти взаємодіють та визначають реалізацію біогазових проектів на рівні підприємств та в домогосподарствах, сприяючи створенню стійкого та ефективного виробництва біогазу в Україні.

1.3. Методичні підходи до визначення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України.

На сьогодні, існує кілька методик оцінки ефективності виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах. Нижче представлено декілька ключових методик:

1. Методика внутрішньої оцінки доходності (IRR):

- цей метод враховує часовий ряд потоків грошей, пов'язаних з проектом виробництва біогазу, і обчислює внутрішню норму прибутковості. Це дає змогу оцінити внутрішню доходність проекту та порівняти її з альтернативними інвестиційними можливостями.

2. Методика вартості внутрішнього ресурсу (LCUE):

- цей підхід враховує всі економічні та екологічні витрати, пов'язані з виробництвом біогазу, і визначає вартість внутрішніх ресурсів, таких як земля, праця, капітал тощо. Це допомагає зробити комплексну оцінку вартості проекту та його ефективності.

3. Методика економічного аналізу життєвого циклу (LCA):

- цей підхід оцінює економічні та екологічні впливи виробництва біогазу протягом усього життєвого циклу проекту, включаючи виробництво, експлуатацію та утилізацію. Вона дозволяє враховувати всі аспекти, пов'язані з впливом на навколишнє середовище та соціально-економічні вигоди.

4. Методика порівняльного аналізу:

- цей підхід полягає в порівнянні вартості та ефективності проекту виробництва біогазу з альтернативними варіантами використання ресурсів або енергетичними джерелами. Це дозволяє вибрати найбільш ефективне та економічно доцільне рішення.

5. Методика соціально-економічного аналізу:

- цей підхід враховує соціальні та економічні вигоди, які можуть бути отримані в результаті виробництва біогазу, такі як створення робочих місць, підвищення якості навколишнього середовища та підвищення рівня життя

мешканців [31-37].

Ці методики дозволяють здійснити комплексний аналіз ефективності виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах, враховуючи різні аспекти економічної, екологічної та соціальної прийнятності проекту.

Визначення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу може включати різноманітні методичні підходи та інструменти, а саме:

1. Системний аналіз:

– життєвий цикл (Life Cycle Assessment, LCA): оцінка впливу виробництва біогазу на навколишнє середовище від початкового добування сировини до використання продукції.

– системний аналіз виробництва: розгляд усіх етапів виробництва біогазу для визначення його екологічних та економічних аспектів.

2. Економічний аналіз:

– вартісний аналіз: оцінка витрат на виробництво біогазу, включаючи капітальні та операційні витрати;

– оцінка економічної вигоди: аналіз доходів, отриманих від продажу біогазу або використання його у власних потребах.

3. Екологічний аналіз:

– оцінка викидів і видалення вуглецю: визначення впливу виробництва біогазу на викиди парникових газів та можливість видалення вуглецю з атмосфери;

– екологічна підсумковість: оцінка взаємодії виробництва біогазу з біорізноманіттям, ґрунтами, водами та іншими аспектами екосистеми.

4. Соціальний аналіз:

– оцінка впливу на спільноту: розгляд соціальних вигод та проблем, пов'язаних із виробництвом біогазу, таких як створення робочих місць, підвищення якості життя та інші соціальні аспекти.

5. Методи підтримки прийняття рішень:

– методи аналізу чутливості: визначення того, як зміни у різних параметрах впливають на еколого-економічні показники.

– методи оптимізації: використання математичних моделей для

знаходження оптимальних рішень щодо виробництва біогазу.

Ці методичні підходи можуть бути використані як окремо, так і в поєднанні, залежно від конкретних умов виробництва та мети оцінки еколого-економічної ефективності.

Слід зазначити, що екологічна доцільність виробництва біогазу полягає у здатності цього процесу зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище порівняно з традиційними методами виробництва енергії та обробки відходів (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Складові екологічної доцільності виробництва біогазу

Позитивні наслідки	Ефект
Зменшення викидів CO ₂	Виробництво біогазу може бути чистішим в порівнянні з традиційними джерелами енергії, оскільки воно може сприяти утриманню вуглецю відновлювальними джерелами, такими як рослинна біомаса
Переробка відходів	Біогаз може бути вироблений з органічних відходів, таких як рештки їжі, агровідходи чи стічні води, що дозволяє їх ефективно використовувати та зменшує потребу у звалищах
Сприяння відновленню природних ресурсів	Використання біогазу може допомагати у зменшенні використання традиційних джерел енергії, таких як вугілля чи нафта, та сприяти використанню відновлювальних джерел
Мінімізація забруднення	Виробництво біогазу може бути менш забруднюючим процесом порівняно з традиційними методами видобутку та використання енергії.
Стимулювання сталого виробництва	Використання агровідходів для виробництва біогазу може стимулювати стале сільське господарство та зменшення використання хімічних добрив за рахунок використання дигестату

Джерело: власні дослідження

Загалом, екологічна доцільність виробництва біогазу виражається у спроможності забезпечити енергію, зберігаючи рівновагу в природних екосистемах та мінімізуючи негативний вплив на клімат та навколишнє середовище.

Сучасні способи управління відходами підприємств та домогосподарств в Україні мають певні особливості, а саме:

- орієнтовані на захоронення відходів, їх розміщення на сміттєзвалищах та/або стихійних сміттєзвалищах, більшість з яких не відповідають вимогам екологічної безпеки;

- мають вкрай низький технологічний рівень;
- спалювання відходів на полях;
- практично відсутнє впровадження інноваційних технологій.

В умовах дефіциту енергоресурсів та погіршення екологічного стану навколишнього середовища методичного інструментарію їх переробки на біогаз є необхідним та актуальним.

Про економічну доцільність виробництва біогазу в домогосподарствах свідчать дослідження С. Березюка, яким обрахована потенційна вартість експлуатації малої біогазової установки БДУ 03/15 (табл. 1.3) [37].

Таблиця 1.3

Структура витрат на ведення в експлуатації малого біогазового реактору

Показник	
Об'єм органічної складової відходів, м ³	2
Вихід біогазу під час анаеробного розпаду органічних речовин м ³ /добу	15
У перерахунку на біометан, м ³ /добу	9
Загальний вихід біогазу на місяць	450
Загальний вихід біометану на місяць м ³	270
Загальний вихід біометану на рік, м ³	3240
Вартість установки, тис грн	40
Експлуатаційні витрати, тис. грн./рік	10
Період окупності при ціні 7грн/м ³ , років	2,2

Джерело: [37]

Відповідні установки можуть використовуватися в межах системи розумного сільського господарства «Smart Farming», яке в свою чергу побудоване на базі новітніх технологій господарювання, на засадах органічного виробництва продовольства. Використання сучасних малих біогазових реакторів дасть можливість в короткостроковій перспективі забезпечити гарячим тепловодопостачанням особисті селянські господарства за рахунок переробки органічних відходів в тому числі за рахунок відходів підсобних домогосподарств (органічні рештки рослинництва та відходи тваринництва). Обраховано, що річна потреба в біогазі для обігріву житлового будинку і роботи та супутніх приладів складає 45м³ газу на 1м² житлової площі (з розрахунку площі 70м²) 45м³ газу*70м² буд = 3150м³ газу, що є достатнім виходячи з потужностей запропонованого вище

біогазового реактора. Хоча вартість біогазової установки для домогосподарства є значною, інвестування в такі установки є більш економічно вигідним у довгостроковій перспективі. Замість того, щоб надавати субсидії на традиційні види опалення, держава могла б спрямувати кошти на фінансування придбання біогазових установок. Це дозволило б не лише зменшити витрати на опалення для домогосподарств, але й сприяло б розвитку відновлюваної енергетики в країні [37].

На думку Лутковської С.М., у сучасних умовах складовою стратегії соціоприродного розвитку є екологічна модернізація. Кінцевою метою цього процесу є гармонізація всього комплексу відносин у соціально-екологічній системі, її стійкий, збалансований розвиток, що зрештою надає змогу уникнути глобальної екологічної катастрофи й забезпечити процес коеволюції людини, суспільства й природи [38, с. 22].

На думку Григорука І., для оцінювання енергетичного потенціалу первинних відходів сільського господарства використовуються статистичні дані про валовий збір сільськогосподарських культур., ввівши формулу для розрахунку:

$$E_p = V * K_v * K_t * K_e * K_p ,$$

де: E_p – енергетичний потенціал, тис. т умовного палива;

V – валовий збір певної сільськогосподарської культури, тис. т;

K_v – коефіцієнт відходів для кожного виду культур, розраховуємо на базі;

K_t – коефіцієнт технічної доступності відходів, який характеризує кількість соломи, котра може бути отримана за існуючої технології збирання сільськогосподарських культур, розраховуємо на базі

K_e – коефіцієнт енергетичного використання, що вказує, яку частину відходів можливо використати для отримання енергії;

K_p – коефіцієнт перерахунку в умовне паливо, розраховуємо на базі [39, с. 59].

Зміна показника прибутку, що залишається в розпорядженні підприємства в розрахунковому періоді в результаті впровадження інноваційних заходів із енергозбереження, визначається за виразом, що враховує зміну витрат за окремими статтями:

$$AP = XAC\Pi + AC\Pi + AC + AC + (AE/eK),$$

Π – кількість видів палива, що використовуються на підприємстві;

$XAC\Pi$ – зміна вартості i -го виду спожитого палива;

$AC\Pi$ – зміна вартості купленої теплової енергії;

AC – зміна вартості спожитої електроенергії; ACE — зміна суми платежів за забруднення довкілля;

AE – зміна експлуатаційних витрат на обслуговування технологічного устаткування;

e – внутрішня норма ефективності;

K – капітальні витрати, пов'язані з реалізацією інноваційних заходів енергозбереження [39, с. 60].

Методичні підходи до поняття еколого-економічної ефективності залишаються не визначені до кінця, тому Романчук С.В. пропонує застосовувати загальний підхід до методики визначення еколого-економічної ефективності, який всебічно охопить проблему підвищення еколого-економічної ефективності переробки відходів:

$$EE = a * ((P - CB) * ZC) + (b * EK) + (c * ZB) / TC * 100\%,$$

де a, b, c – вагові коефіцієнти для показника;

P – ціна реалізації природного газу на цукровому заводі з врахуванням усіх податків та зборів, транспортування тощо, грн/1 тис. м³ ;

CB – собівартість виробництва власного біогазу з урахуванням операційних та капітальних витрат на його виробництво, грн/1 тис. м³;

ZC – загальне споживання газу, необхідне для функціонування заводу, тис. м³;

TC – загальні витрати на виробництво реалізованої продукції, грн [40, с. 325].

Дослідження Лутковської С.М. у регіональному розрізі дало можливість виявити слабкі сторони інформаційного забезпечення дослідження екологічного стану навколишнього середовища, зокрема:

1. Оформлення таблиць у регіональному розрізі є неоднорідним та не відповідає єдиним стандартам.

2. Розроблені форми статистичної звітності не враховують сучасних наукових підходів до оцінки забруднення.

3. Значна частина статистичних даних є недостовірною або неповною, що не дозволяє отримати об'єктивну картину ситуації.

4. Часті зміни у формах звітності ускладнюють аналіз динаміки процесів забруднення та порівняння даних за різні періоди [41, с. 114].

Проведений аналіз методичних засад розробки та застосування систем показників для оцінки соціально-економічного явища доводить, що в контексті напряму дослідження та поставлених завдань доцільно виокремити такі їх групи:

- соціальні – з метою оцінки якісних та кількісних змін рівня катастрофічності середовища життєдіяльності для населення регіонів;
- економічні – для оцінки ефективності запроваджуваних природоохоронних заходів;
- екологічної та природно-антропогенної небезпеки – з метою визначення рівня навантаження населення та довкілля [41, с. 115].

Водночас виробництво біогазу на переробних підприємствах АПК України зможе дати такі ефекти для економіки:

- підвищити енергетичну незалежність держави;
- знизити витрати цукрових заводів на енергоносії;
- поліпшити екологічний стан водних ресурсів області;
- знизити обсяг викидів парникових газів;
- забезпечити сільськогосподарських виробників дигестатом.

Як зазначає Пришляк Н.В., у середньому вартість будівництва такої біогазової установки варіюється від 200 до 300 тис. дол. США. Але екологічний (відсутність неприємного запаху від накопичення та відстоювання в лагунах свинячого гною) та економічний (отримання біогазу та високоякісних органічних добрив) ефекти дозволяють швидко повернути вартість вкладених інвестицій. Використання оптимізованої сировини дасть змогу збільшити вихід біогазу і максимізувати ефекти [42, с. 64].

Основним стримуючим фактором для розвитку біогазового виробництва на

спиртових заводах є насамперед висока вартість модернізації. Проте, шляхом державного стимулювання розвитку альтернативної енергетики та збільшення штрафних санкцій за викиди відходів спиртової галузі можливо вирішити дані завдання. Розробка відповідних механізмів потребуватиме подальших наукових досліджень в даному напрямку [28].

Загалом погоджуємося з думкою І. Білокіної, що для стимулювання розвитку виробництва біогазу органи місцевого самоврядування в свою чергу можуть надати приміщення, будівлі, землю для будівництва біогазових установок, котелень на твердому паливі, встановлення сонячних панелей, вітрових турбін. Крім того вони можуть відповідати за документацію, подання відповідних звітів тощо [43, с. 34].

Формування методичного забезпечення стосовно методичних підходів до визначення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на підприємствах АПК України в умовах подолання енергетичної незалежності має враховувати як економічні так і екологічні наслідки, як для відповідного підприємства так і для соціально-економічного розвитку держави. Пропонується наступна методика обрахунку:

$$C. \text{ екол-екон} = (E \text{ в.е.} + E \text{ о.в.} + B \text{ р.д.} + E \text{ е.з.} + B \text{ р.} + O.д.д.) - (B \text{ м./Т}) + B \text{ в.})$$

$E \text{ в.е.}$ – економія витрат на енергоносіях, млн грн

$E \text{ о.в.}$ – економія витрат основного виробництва за рахунок використання біогазу (спирт, цукор), млн грн

$B \text{ р.д.}$ – вартість реалізованого дигестату млн грн

$E \text{ е.з.}$ – економія на екологічних заходах (утримання відстійників, екологічні податки тощо), млн грн

$B \text{ р.}$ – вартість реалізованого біогазу чи електроенергії, млн грн

$B \text{ м.}$ – вартість модернізації підприємства АПК, млн грн

$B \text{ в.}$ – витрати на виробництво біогазу, млн грн;

$O.д.д.$ – обсяг державних дотацій;

T – амортизаційний строк використання біогазової установки, років [44, с. 7].

Використання органічних добрив дозволяє не тільки зменшити витрати на придбання мінеральних добрив, але й підвищити якість та безпечність сільськогосподарської продукції, що робить її більш конкурентоспроможною на внутрішньому та зовнішніх ринках.

Виходячи з проведеного аналізу та сформованої методики, нами запропоновано власне тлумачення поняття еколого-економічна ефективність виробництва біогазу як комплексного показника, який характеризує економічну вигідність та екологічну доцільність виробництва біогазу. Він відображає співвідношення між отриманими економічними вигодами (економія на енергоносіях, дохід від продажу електроенергії, економія на добривах тощо) та витратами на виробництво біогазу (капіталовкладення, експлуатаційні витрати), а також враховує позитивний вплив на довкілля (зменшення викидів парникових газів, покращення якості ґрунтів тощо).

Запропонований методичний інструментарій дасть можливість: досягти зростання обсягів переробки відходів на біогаз; удосконалити методи управління відходами підприємств та домогосподарств; підвищити показник валового регіонального продукту та рентабельність цукрових та спиртових заводів [44, с. 7].

Отже, проведені дослідження виявили, що для успішного розвитку виробництва біогазу в АПК необхідно розробити систему оцінки ефективності таких проектів. Запропонована методика дозволить потенційним інвесторам оцінити економічну та екологічну доцільність інвестицій у виробництво біогазу та дигестату.

Висновки до розділу 1

1. Визначено, що основними напрямками розвитку біоенергетики в Україні є використання сільськогосподарських ресурсів для виробництва біопалив; розвиток та удосконалення законодавчого середовища щодо використання відновлювальних джерел енергії, вдосконалення технологій виробництва та конвертації біомаси,

обмін досвідом, технологіями та інвестиціями з іншими країнами може сприяти ефективнішому впровадженню сучасних рішень у біоенергетичному секторі та залучення інвестицій в біоенергетичні проекти, що може бути ключовим для їх успішного впровадження.

2. Обґрунтовано, що при визначенні теоретичного потенціалу виробництва біогазу на підприємствах та домогосподарствах слід враховувати вартість та технологічність відповідного біогазового обладнання та методи переробки, рівень можливості масштабування технологій на підприємствах АПК, можливість використання біогазового обладнання для переробки відходів домогосподарств, доступні потужності та продуктивність біогазового обладнання та можливість використання біогазу в забезпеченні гарячого тепло- водопостачання підприємств та домогосподарств за рахунок виробленого біогазу, можливість надання консультативної допомоги потенційним користувачам біогазового обладнання при його використанні.

3. Застосування розробленого методичного інструментарію для оцінки еколого-економічної ефективності виробництва біогазу забезпечить наступні ефекти для економіки:

- підвищення рівня енергетичної безпеки держави та в довгостроковій перспективі перейти до експорту біометану за рахунок можливості проведення комплексної оцінки еколого-економічної ефективності запровадження відповідних виробництв в підприємствах та домогосподарствах;
- знизити витрати споживачів (домогосподарств, підприємств тощо) на енергоносії.

Матеріали розділу опубліковано у працях автора зі списку джерел: [1, 5, 43].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Лутковська С. М., Зеленчук Н. В. Розвиток біоенергетики в Україні – енергетична та економічна безпека в умовах сталого розвитку. *Ефективна економіка*. 2021. № 12. С. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.12.2>

2. Розпорядження КМУ від 21 квітня 2023 р. N 373-р. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року. URL: https://ips.ligazakon.net/document/view/kr230373?an=1&ed=2023_04_21 (дата звернення 20.02.2024р.).
3. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про альтернативні види палива» щодо розвитку виробництва біометану» № 5464 від 05.05.2021 р. URL: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=71839 (дата звернення: 20.04.2024).
4. Кухар В., Кузьмінський Є., Ігнатюк О., Голуб Н. Екобіотехнологія та біоенергетика: проблеми становлення і розвитку. *Вісник НАН України*. 2005. N 9. С. 3-18.
5. Лутковська С. М., Зеленчук Н. В. Розвиток біоенергетики в Україні – енергетична та економічна безпека в умовах сталого розвитку. *Ефективна економіка*. 2021. № 12. С. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.12.2>
6. Варченко О. Виробництво біопалива в Україні: сучасний стан та проблеми вирішення. *Економічний дискурс*. 2017. Випуск 3. С. 93-100.
7. Гончарук І. В. Виробництво біогазу в аграрному секторі – шлях до підвищення енергетичної незалежності та родючості ґрунтів. *Агросвіт*. 2020. № 15. С. 18-29. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.15.18>.
8. Вовк В. Ю. Економічна ефективність використання безвідходних технологій в АПК. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2020. № 4 (54). С. 186-206. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2020-4-13>.
9. Мазур К. В., Гонтарук Я. В. Перспективи розвитку виробництва біопалива в особистих селянських господарствах. *Підприємництво та інновації*. 2022. Випуск 23. С. 32–36. DOI: <https://doi.org/10.37320/2415-3583/23.6>
10. Біоенергетична асоціація України. URL: <https://uabio.org/> (дата звернення 20.10.2023р.).
11. Гонтарук Я. В., Ясінська Б. О. Оцінка біоенергетичного потенціалу

Іллінецької територіальної громади. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2023. № 8(08). С. 242-247. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-120>

12. Директива № 2008/1/ЄС Європейського Парламенту і Ради про комплексне запобігання і контроль забруднень URL: https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_b02 (дата звернення – 28.09.2023).

13. Директива Європейського Парламенту та Ради 2010/75/ЄС від 24 листопада 2010 року про промислові викиди (інтегроване запобігання та контроль забруднення) URL: https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/55-GOEEI/%202010_75_%D0%84%D0%A1.pdf (дата звернення: 28.09.2023)

14. Купчук І. М., Яропуд В. М., Телекало Н. В., Граняк В. Ф. Перспективи та передумови впровадження автономних систем електрозабезпечення агропромислових підприємств. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2020. № 3 (110). С. 51-63. DOI: <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2020-3-5>

15. Калетнік Г. М. Перспективи підвищення енергетичної автономії підприємств АПК в рамках виконання енергетичної стратегії України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 4 (104). С. 90-98. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4\(104\)-10](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4(104)-10).

16. Токарчук Д. М. Концептуальні положення стратегії енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку громад. *Науковий погляд: економіка та управління*. 2022. № 4 (80). С. 69–77. DOI: <https://doi.org/10.32782/2521-666X/2022-80-10>

17. Біогаз з гною та рідкої гноївки ВРХ, свиней, коней. URL: <https://agrobiogas.com.ua/biogas-from-manure-and-liquid-slurry-of-cattle-pigs-horses/> (дата звернення 20.10.2023р).

18. Honcharuk I., Tokarchuk D., Gontaruk Y., Hreshchuk H. Bioenergy recycling of household solid waste as a direction for ensuring sustainable development of rural areas. *Polityka Energetyczna*. 2023. Vol. 26. Issue 1. P. 23-42. DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/161467>.

19. Фурман І. В., Дмитрик О. В., Лисогор І. О. Стратегічні напрями розвитку біоенергетичного потенціалу Іллінецької територіальної громади.

Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка. 2023. Випуск 15. С. 134-143. DOI: <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2023.15.16>

20. Калетнік Г. М., Гончарук І. В. Економічні розрахунки потенціалу виробництва відновлювальної біоенергії у формуванні енергетичної незалежності агропромислового комплексу. *Міжнародний Журнал Економіка АПК.* 2020. № 9. С. 6-16. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202009006>

21. Pryshliak N., Tokarchuk D., Shevchuk H. The socio-economic and environmental importance of developing biofuels: the Ukrainian case on the international arena. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal.* 2021. Vol. 24, Issue 1. P.133–151. DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/131829>

22. Огляд політики у рамках стратегії European Green Deal. URL: <https://kpmg.com/ua/uk/home/insights/2022/01/european-green-deal-policy-guide.html> (дата звернення: 28.09.2023)

23. Гонтарук Я. В. Перспективи виробництва біогазу на цукрових заводах України. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління.* 2022. Випуск 1 (34). С. 69–75. DOI: <https://doi.org/10.32782/easterneurope.34-12>

24. Бондаренко В. М., Гонтарук Я. В., Шевчук Г. В. Виробництво біометану на цукрових заводах як напрям забезпечення енергетичної безпеки держави. *Економіка та суспільство.* 2023. № 56. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-120>

25. Pryshliak N., Bondarenko V., Sokoliuk S., Brovarets O. 2022. The formation of a bioenergy cluster for the production of biofuels from agricultural crops and waste: the experience of Ukraine. *Polityka Energetyczna.* Volume 25. Issue 4. P. 149-164. DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/156210>

26. Калетнік Г.М. Диверсифікація розвитку виробництва біопалив – основа забезпечення продовольчої, енергетичної, економічної та екологічної безпеки України. *Вісник аграрної науки.* 2018. № 11. С. 169–176. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811&21>.

27. Річний звіт Асоціації газовидобувних компаній України. URL: https://www.agpu.org.ua/images/pdf/Annual_Report-2022.pdf (дата звернення:

20.04.2023).

28. Фурман І.В. Перспективи виробництва біогазу та біоетанолу на спиртових заводах. *Економіка та суспільство*. 2022. № 36. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-36-42>

29. Гончарук І.В., Ковальчук С.Я., Цицюра Я.Г., Лутковська С.М. Динамічні процеси розвитку органічного виробництва в Україні. Вінниця: «ТВОРИ». 2020. 472 с.

30. Калетнік Г.М., Лутковська С.М. Екологічна модернізація та органічне виробництво в системі екологічної безпеки: монографія. Вінниця: ВНАУ. 2022. 356 с.

31. Лутковська С.М. Формування критеріїв та індикаторів оцінки рівня екологічної безпеки регіонів. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки та практики*. 2020. № 51 (1). С. 40–52. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2020-1-3>.

32. Пришляк Н. В. Відновлювальна енергетика в Індії: сучасний стан та перспективи розвитку. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 21. С. 15-20. DOI: [10.32702/2306-6814.2018.21.15](https://doi.org/10.32702/2306-6814.2018.21.15).

33. Пришляк Н. В. Досвід Китаю у будівництві індивідуальних біогазових установок. *Міжнародний Журнал Економіка АПК*. 2011. № 1. С. 165-169.

34. Токарчук Д. М. Економіко-екологічні вигоди застосування біогазових установок у домогосподарствах. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2018. № 6. С. 39-49.

35. Калетнік Г. М., Здирко Н. Г., Фабіянська В. Ю. Біогаз в домогосподарствах – запорука енергонезалежності сільських територій України. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2018. № 8. С. 7-22.

36. Березюк С. В., Березюк Ю. Б., Медвідь Т.Ю. Ефективність використання індивідуальних біогазових установок для переробки відходів домогосподарств. *Економіка та суспільство*. 2024. Випуск (59). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-46>

37. Фурман І. В., Токарчук Д. М. Продовольча безпека та економічні засади виробництва біопалива. *Економічний аналіз*. 2018. № 1. С. 168–174.
38. Калетнік Г.М., Лутковська С.М. Вектори подолання трансформацій еколого-економічної та соціальної безпеки сталого розвитку на основі модернізації. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 2. С. 15-23. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2020.207676>
39. Hryhoruk I. Assessment of energy potential of agricultural residues. *Socio-Economic Problems of the Modern Period of Ukraine*. 2019. Vol. 140 (6). pp. 57-62. DOI: <https://doi.org/10.36818/2071-4653-2019-6-10>.
40. Романчук С. В. Методичні підходи до оцінки екологічної та економічної ефективності переробки відходів. *Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища*. 2015. Т. 5 (167). С. 321-327.
41. Лутковська С. М. Методичні підходи до оцінки процесів модернізації системи екологобезпечного сталого розвитку. *Наукові горизонти*. 2020. № 2. С. 111-118. DOI: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-111-118> .
42. Пришляк Н. В., Токарчук Д. М., Паламаренко Я. В. Рекомендації з вибору оптимальної сировини для виробництва біогазу на основі експериментальних даних щодо енергетичної цінності відходів. *Інвестиції: практика та досвід*. 2020. № 24. С. 58–66. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2020.24.58>.
43. Калетнік Г.М., Шпикуляк О.Г., Хвесик Ю.М., Білокінна І.Д. Розвиток кооперації у реалізації потенціалу відновлюваних джерел енергії для впровадження «Зеленого» курсу і сталого розвитку сільських територій. *Економіка природокористування і сталий розвиток*. 2022. № 12 (31). С. 26-38. DOI: [https://doi.org/10.37100/2616-7689.2022.12\(31\).3](https://doi.org/10.37100/2616-7689.2022.12(31).3)
44. Зеленчук Н. В. Методичні підходи до визначення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на переробних підприємствах АПК України. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2023. № 27. С. 5-8. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.27.2023.297212>

РОЗДІЛ 2

ОЦІНКА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ТА В ДОМОГОСПОДАРСТВАХ УКРАЇНИ

2.1. Сировинний потенціал виробництва біогазу в Україні

Виробництво біогазу сприяє переробці органічних відходів, таких як гноївка, харчові відходи та рослинні залишки, у корисну форму енергії. Це дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище та зменшує потенційні негативні впливи на здоров'я людей та екосистеми.

Сировинний потенціал виробництва біогазу в Україні складається з різних джерел органічної сировини, які можна використовувати для виробництва біогазу. Основними з них є:

1. Тверді органічні відходи: частина сировини для виробництва біогазу може бути отримана з твердих органічних відходів, таких як сільськогосподарські залишки (солома, сіно, стебла рослин), харчові відходи (залишки їжі з побутових та продуктових ринків), а також комунальні відходи (органічна складова сміття);

2. Рослинні біомаси: деякі види рослин можуть бути використані для виробництва біогазу через їх високий вміст органічних речовин. Наприклад, енергетичні культури, такі як кукурудза, сорго або енергетичний овес, можуть бути використані для виробництва біогазу;

3. Тваринні відходи: гноївка, гній та інші тваринні відходи з сільськогосподарських господарств та тваринницьких ферм можуть бути перероблені у біогазових установках;

4. Промислові відходи: деякі промислові процеси створюють органічні відходи, які можуть бути використані для виробництва біогазу. Наприклад, відходи від харчової промисловості або відходи від переробки сільськогосподарських продуктів;

5. Чисті біологічні відходи: включати біологічні відходи з лісів, парків, садів, а також біологічні рештки від міських озелених територій (рис. 2.1).



Рисунок 2.1. – Складові ресурсного потенціалу для виробництва біогазу

Джерело: власні дослідження

Слід зазначити, що Україна має значний потенціал для виробництва біогазу з цих джерел, які можуть бути ефективно використані для розвитку біогазової галузі в країні.

Біомаса являє собою потужне джерело доступної відновлюваної енергії, що робить використання її в Україні надзвичайно перспективним.

Виробництво біогазу на основі потенціалу відходів підприємств АПК в умовах сьогодення та дефіциту енергоресурсів є одним з напрямів як забезпечення енергетичної безпеки держави такі екологічної.

На думку Лутковської С.М., забезпечення екологічної безпеки в умовах сталого розвитку має ґрунтуватися на концепції переробки відходів промисловості та сільського господарства на альтернативні джерела енергії [1, с. 1131].

Як зазначає Калетнік Г.М., загальний потенціал виробництва біоенергії з 10 млн га земельних угідь держави може становити понад 28,99 млн т. н.е. Наша країна має значний потенціал для вирощування енергетичних культур на близько 10 мільйонах гектарів сільськогосподарських земель без шкоди для продовольчої безпеки. Це дозволить не лише забезпечити енергетичну незалежність агропромислового комплексу, але й сприяти енергетичній безпеці держави в цілому [2, с. 11].

Світові тенденції до зростання цін на традиційні паливні ресурси, що використовуються для генерації електричної енергії, вимагають від підприємств

аграрного сектора здійснення заходів щодо диверсифікації джерел постачання електроенергії та підвищення рівня енергетичної автономії [3, с. 96].

Реалізація перспектив виробництва біогазу вимагатиме формування інноваційних методів просування відповідної продукції – реалізацію надлишків біогазу через ГТС України, виробництво скрапленого біогазу тощо.

На думку Підвальної О. Г., забезпечення поглибленої переробки сільськогосподарської продукції дасть можливість сформувати високотехнологічні виробництва на базі переробних підприємств АПК та частково забезпечити енергетичну незалежність економіки держави [4, с. 71].

Використання сировинного потенціалу АПК в сфері виробництва біогазу неможливо без державного сприяння в даній сфері.

На думку Фурман І. В., реалізація програми «Дорожня карта розвитку біоенергетики в Україні до 2050 року і План дій до 2025 року» має бути доповнена наступними заходами щодо державного стимулювання власників та орендарів земельних ділянок до застосування технологій виробництва біопалив:

- забезпечення підприємств, що виробляють біопаливо, доступними кредитами з низькими відсотковими ставками для модернізації виробництва та впровадження новітніх технологій;

- виділення бюджетних коштів для фінансування наукових досліджень, спрямованих на розробку нових технологій виробництва біопалив та підвищення їх ефективності [5, с. 64].

Доцільно буде зазначити, що одним з найбільш невитрубованих джерел для виробництва біогазу є побутові відходи та органічна фракція відходів промислових підприємств.

Протягом останніх років утворення відходів за рахунок розвитку економіки мало тенденцію до зростання в загальному виразі. Зменшення обсягів утворення відходів в сільському господарстві насамперед пояснюється занепадом галузі тваринництва (табл. 2.1).

Неможливість проведення статистичної вибірки за 2021-2022 роки спричинено законодавчим регулюванням доступу до статистичних даних в період

військового стану.

Таблиця 2.1

Утворення відходів від економічної діяльності та в домогосподарствах, тис. т

	2015р.	2018р.	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.	Відхилення, +, -
Усього	312267,6	352333,9	441516,5	462373,5	472452	401742	89474,4
Від економічної діяльності	306214,3	346790,4	435619,8	456423,8	480253	440210	133996
Сільське, лісове та рибне господарство	8736,8	5968,1	6750,5	5315,4	5621,3	5093,1	-3643,7
Переробна промисловість	31000,5	31523,2	30751,8	52311,0	5541	4985,2	-26015
у тому числі							0
виробництво харчових продуктів	4222,2	5818,4	5581,4	4158,7	4423,1	3987,3	-234,9

Джерело: сформовано автором на основі [6-7]

Утворення відходів безпосередньо на підприємствах АПК маючи тенденцію до спаду залишається досить значним. Слід зазначити, що утворення промислових стоків на підприємствах переробної промисловості має тенденцію до зростання (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Утворення основних відходів в сфері АПК, тис. т

Вид відходів	2015р.	2018р.	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.	Відхилення, +, -
Осад промислових стоків	3209,9	3630,3	3346,1	3462,1	3840,2	3650,2	440,3
Відходи тваринного походження та змішані харчові відходи	897,0	607,5	441,0	405,4	479,3	478,3	-418,7
Відходи рослинного походження	7742,3	7829,3	8068,6	6101,8	6918,2	6345,2	-1397,1
Тваринні екскременти, сеча та гній	4938,0	3233,8	3612,9	3314,7	3635,4	3412,1	-1525,9

Джерело: сформовано автором на основі [6, 7]

Обмеженість площ сільськогосподарських угідь, коливання цін на

агропродукцію, необхідність зменшення негативного впливу сільського господарства на довкілля та ефективне використання відходів виробництва роблять біогазову енергетику одним із найперспективніших напрямків у розвитку АПК. Використання побічної продукції та відходів агропромислового комплексу для виробництва біогазу дозволяє вирішити відразу кілька проблем: знизити навантаження на довкілля, отримати додатковий джерело енергії та зменшити витрати на утилізацію відходів [6, с. 16].

Слід зазначити, що за опосередкованими даними Міністерства регіонального розвитку в населених пунктах України за 2022 рік утворилось майже 39 млн. м³ побутових відходів, або понад 7 млн. тон, які захоронюються на 5,7 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею майже 8 тис. га. Майже 80% населення України охоплено послугами з вивезення побутових відходів. Аналіз ситуації свідчить про те, що система поводження з побутовими відходами в Україні потребує вдосконалення. Незважаючи на певні позитивні зміни, залишаються невирішеними проблеми, такі як: велика кількість несанкціонованих звалищ, недостатня кількість сучасних полігонів, низький рівень переробки відходів та недостатнє фінансування галузі. Для вирішення цих проблем необхідно розробити та впровадити комплекс заходів, спрямованих на розвиток інфраструктури, стимулювання переробки відходів та підвищення екологічної свідомості населення. На законодавчому рівні до відання виконавчих органів сільських, селищних, міських рад належить вирішення питань поводження з побутовими відходами, встановлення тарифів на послугу з поводження з побутовими відходами, організація роздільного збирання корисних компонентів цих відходів [7].

У зв'язку з відсутністю даних за 2023 по регіонах, нами було проаналізовано утворення та оброблення відходів I-IV класів небезпеки та визначено, що утворення органічною фракції відходів, а саме відходів тваринного походження та змішаних харчових відходів, відходів рослинного походження, тваринні екскременти, сеча та гній, а також побутових та подібних відходів склав понад 7,7 млн тон (табл. 2.3.).

**Утворення та оброблення відходів I-IV класів небезпеки за категоріями
відходів за матеріалом у 2023 році, тис. т**

	Обсяг утворених відходів	Обсяг відновлених відходів	Обсяг спалених відходів	Обсяг видалених відходів на полігони
Усього	176276,6	39266,5	902,8	104924,8
Використані розчинники	2,1	0,0	0,0	5,3
Відходи кислот, лугів тощо	117,0	13,4	–	102,1
Відпрацьовані оливи	14,9	5,6	1,2	0,0
Хімічні відходи	319,2	0,9	1,6	305,9
Осад промислових стоків	758,4	245,0	98,7	83,4
Відходи чорних металів	482,4	256,5	0,0	5,7
Відходи кольорових металів	18,3	2,2	0,0	0,0
Змішані відходи чорних та кольорових металів	12,8	7,3	0,0	0,2
Скляні відходи	55,7	0,3	0,0	0,3
Паперові та картонні відходи	165,9	74,6	1,6	4,3
Гумові відходи	17,6	0,5	0,0	0,9
Пластикові відходи	37,1	11,3	0,2	0,8
Деревні відходи	509,9	41,9	242,7	7,9
Текстильні відходи	7,7	0,3	0,9	0,9
Відходи тваринного походження та змішані харчові відходи	240,4	24,2	3,0	0,9
Відходи рослинного походження	4526,0	1242,0	362,6	17,4
Тваринні екскременти, сеча та гній	2959,4	1816,9	5,0	154,1
Побутові та подібні відходи	4817,4	14,9	157,5	5939,2
Змішані та недиференційовані матеріали	1461,5	451,4	0,7	858,6
Залишки сортування	12,6	1,4	0,0	4,3
Звичайний осад	355,5	61,7	–	66,3
Мінеральні відходи будівництва та знесення об'єктів	530,4	1,5	0,0	1040,1
Відходи згоряння	3661,9	332,4	0,4	1307,2
Інші мінеральні відходи	148183,7	28753,7	23,0	93902,5
Ґрунтові відходи	631,9	0,1	0,0	623,6
Пуста порода від днопоглиблювальних робіт	6056,0	5788,4	–	304,5
Затверділі, стабілізовані або засклянілі відходи	18,1	105,5	–	0,3

Джерело: складено за даними Державної служби статистики України

Слід зауважити, що для вдосконалення управління відходами був прийнятий Закон України «Про управління відходами» (набрання чинності 09.07.2023), що передбачав реформування управління відходами, що сприяє для переходу України до моделей циркулярної економіки та сталого розвитку. Запровадження на законодавчому рівні основних європейських підходів та принципів, у тому числі п'ятиступеневої ієрархії управління відходами та принципу розширеної відповідальності виробника, сприятиме виробникам товарів в упаковці надавати фінансову та технічну підтримку органам місцевого самоврядування в організації роздільного збирання побутових відходів та проведення просвітницько-інформаційної роботи з населенням [8].

В той же час, для розвитку інвестування в проекти з переробки та утилізації побутових відходів прийнята Постанова Кабінету Міністрів України від 7 липня 2023 року № 695 затвердила «Порядок здійснення контролю за виконанням інвестиційних програм у сфері управління побутовими відходами». Цей порядок встановлює правила і процедури контролю за виконанням інвестиційних програм у сфері управління побутовими відходами [9].

Згідно з цією постановою, контроль за виконанням інвестиційних програм суб'єктів господарювання у цій сфері покладено на виконавчі органи сільських, селищних та міських рад. Це означає, що ці органи мають право і обов'язок відслідковувати та перевіряти виконання інвестиційних програм, які стосуються управління побутовими відходами, з метою забезпечення їх ефективного виконання та відповідності вимогам законодавства [9].

Така постанова є важливим кроком у забезпеченні ефективного контролю за використанням інвестиційних коштів у сфері управління побутовими відходами та забезпеченні відповідності діяльності суб'єктів господарювання вимогам законодавства в цій області.

Основними складовими даної постанови є:

1. Мета постанови: постанова має на меті встановлення чітких правил і процедур контролю за виконанням інвестиційних програм, що стосуються управління побутовими відходами. Основна мета – забезпечення ефективного

використання інвестиційних коштів у цій сфері та дотримання вимог законодавства.

2. Суб'єкти контролю: виконавчі органи сільських, селищних та міських рад мають право та обов'язок здійснювати контроль за виконанням інвестиційних програм. Це означає, що вони відповідають за відстеження та перевірку того, як суб'єкти господарювання реалізують інвестиційні програми у сфері управління побутовими відходами.

3. Обов'язки контролю: виконавчі органи мають перевіряти відповідність дій суб'єктів господарювання вимогам законодавства, а також ефективність використання інвестиційних коштів. Це включає перевірку належного виконання запланованих заходів, відповідність витрат затверженому бюджету, а також забезпечення якості та результативності проектів управління побутовими відходами.

4. Відповідальність: якщо під час контролю виявляються порушення або невідповідності, виконавчі органи мають право приймати відповідні заходи відповідно до законодавства, що може включати штрафи, санкції або інші адміністративні заходи.

Отже, ця постанова має на меті забезпечити контроль за виконанням інвестиційних програм у сфері управління побутовими відходами, зокрема, через визначення відповідальних органів, встановлення їх обов'язків та процедур контролю, а також надання правомірних заходів у випадку виявлення порушень.

Таким чином, виконавчі органи сільських, селищних та міських рад виступають як ключові відповідальні органи з контролю за реалізацією інвестиційних програм у сфері управління побутовими відходами відповідно до даної постанови.

Отже, виробництво біогазу з побутових відходів має значний потенціал і має декілька переваг, а саме:

1. Сприяння енергетичній ефективності: використання біогазу з побутових відходів дозволяє зменшити використання нестійких джерел енергії, таких як природний газ або вугілля, що сприяє зменшенню викидів парникових газів і

забезпечує більш екологічно чисте джерело енергії.

2. Зменшення відходів: використання побутових відходів для виробництва біогазу сприяє зменшенню обсягів сміття, які викидаються на сміттєзвалища, тим самим допомагаючи зменшити негативний вплив на довкілля.

3. Створення нових робочих місць: виробництво біогазу вимагає інфраструктури для збору, обробки та використання відходів, що може створити нові робочі місця в сфері обробки відходів та виробництва енергії.

4. Забезпечення енергії у віддалених районах: використання біогазу може бути особливо корисним у віддалених або сільських районах, де доступ до традиційних джерел енергії обмежений. Біогаз може бути вироблений на місці з місцевих відходів, що робить його доступним джерелом енергії.

Загалом, виробництво біогазу з побутових відходів має великий потенціал як для зменшення екологічного впливу відходів, так і для створення стабільних джерел альтернативної енергії. Однак, для досягнення повного потенціалу цього процесу потрібні інвестиції в дослідження та розвиток, а також підтримка від влади та громадськості.

Незважаючи на значні обсяги утворення відходів від підприємств та домогосподарств дослідження Тимошука О.М. свідчать, що найбільш перспективною сировинною для виробництва біогазу гній, солома зернових культур, спиртова барда, меляса та жом (табл. 2.4).

Виходячи з проведеного дослідження, можна констатувати найбільший вміст метану саме у відходах галузі тваринництва та переробних підприємств АПК. Створення підсобних біогазових виробництв на великих молочно-тваринницьких фермах дасть можливість максимізувати прибутки відповідних підприємств [6, с. 16].

Виробництво біогазу з відходів тваринництва є перспективним з кількох причин:

1. Великий обсяг відходів: тваринництво генерує великі обсяги органічних відходів, таких як навіть тваринний послід та рештки рослинної їжі. Ці відходи є ідеальним сировинним матеріалом для виробництва біогазу.

Характеристика деяких видів побічної продукції та відходів сільського господарства, харчової та переробної промисловості

Вид біомаси	Органічна складова	C:N	Частка сухої речовини в загальному обсязі (СР), %	Вміст легких компонентів в сухій речовині (ВЛК), %	Частка легких компонентів в загальному обсязі (ЛК), %	Теоретичний вихід метану, м ³ (СН ₄)/кг (ЛК)	Потенціал метаногенерації, м ³ (СН ₄)/м ³
Відходи та побічні продукти тваринництва							
- ВРХ	вуглеводи, білки, ліпіди	13	8	80	6,4	0,2	12,8
Гній:							
- Свині	вуглеводи, білки, ліпіди	7	20	80	16,0	0,3	48,0
- ВРХ	вуглеводи, білки, ліпіди	13	20	80	16,0	0,2	32,0
- птиця (послід)	вуглеводи, білки, ліпіди	7	5	80	4,0	0,3	12,6
Відходи та побічні продукти рослинництва							
Солома	вуглеводи, ліпіди	90	70-90	80-90	залежить від сировини	0,15-0,35	варіюється
Садові відходи	вуглеводи, ліпіди	125	60-70	90		0,2-0,5	
Трава	вуглеводи, ліпіди	18	20-25	90		0,3-0,55	
Силос	вуглеводи	17	15-40	90		до 0,45	
Відходи та побічні продукти переробної промисловості							
Молокопереробна промисловість:	частка в СР, %						
- сироватка	60-65 лактози 17-22 білка	-	5	90	4,5	0,33	15,0
- концентрована сироватка	75-80 лактози 20-25 білка	-	10	90	9,0	0,54	31,5
Спиртова промисловість:							
- барда	вуглеводи	8,6	18,4	84,9	9,1	0,04	41,5
Цукрова промисловість:							
- меляса	вуглеводи	10,6	92,8	88	8,7	0,63	71,3
- буряковий жом	вуглеводи	30,86	15,8	30,1	6,4	0,17	0,17

Джерело: сформовано автором на основі [6, 10]

2. Можливість використання відходів як добрива: після виробництва біогазу

відходи можуть бути використані як високоякісне органічне добриво.

3. Зменшення негативного впливу на довкілля: використання відходів тваринництва для виробництва біогазу допомагає зменшити викиди метану у атмосферу. Метан є потужним парниковим газом, і його зменшення сприяє зменшенню глобального потепління та інших негативних впливів на довкілля.

5. Енергетична незалежність: виробництво біогазу з відходів тваринництва сприяє створенню місцевих джерел альтернативної енергії, що допомагає зменшити залежність від імпорتنих джерел енергії та стабілізувати енергетичний баланс регіону.

Отже, виробництво біогазу з відходів тваринництва має значний потенціал як екологічно чистий та енергоефективний метод обробки відходів, так і як джерело стійкої та незалежної від енергетичних виробників енергії, що функціонують в державі.

Слід зауважити, що дослідження Токарчук Д.М. свідчать, що 1 тони м'яса можна отримати до 630 м³ біогазу, бурякового жому – 170 м³, барди – біля 45 м³ (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Вихід біогазу з окремих видів продукції АПК

Вид сировини	Вихід біогазу, м ³
М'яса	630
Буряковий жом	170
Барда	45

Джерело: сформовано на основі даних [12, с. 61]

Ефективність виробництва біогазу з відходів тваринництва представлена на основі практичного функціонування біогазового комплексу (ТОВ «Органік Д») як допоміжного виробництва на тваринницьких фермах з потужністю близько 1 тис. тон дає можливість отримати прибуток на рівні понад 1,9 млн грн для свинокомплексів та біля 1,6 млн грн для молочно-тваринницьких ферм (табл. 2.6). Орієнтовна собівартість виробництва 1 тис м³ біогазу становить 13,2 тис. грн та 11 тис. грн за 1 тис. м³ відповідно [12, с. 62]. Слід зауважити, що даний рівень собівартості зважаючи на ціни на природний газ є достатнім та економічно

привабливим.

Таблиця 2.6

Ефективність виробництва біогазу з гною великої рогатої худоби та свиней

Вид сировини	Об'єм переробки, т	Вихід біогазу з 1 т сировини, м ³	Валовий вихід біогазу, тис. м ³	Собівартість одержаного біогазу, 1 тис. м ³ тис. грн	Валовий прибуток, тис. грн	Чистий прибуток, тис. грн
Гній свиней	1000	60	60	13,2	1944	1115,2
Гній ВРХ	1000	50	50	11	1620	1070,0

Джерело: сформовано автором на основі [12, с. 63]

Отже, виходячи з оцінки сировинного потенціалу АПК можна констатувати, що основною сировинною для виробництва біогазу доцільно вважати саме відходи тваринництва та переробних підприємств. Переробка на біогаз лише відходів тваринного походження на рівні 2022 року в обсязі 405,4 тис тон дасть можливість отримати понад 24 млн м³ біогазу. Виробництво біогазу з використанням післяжнивних решток та відходів тваринництва є економічно вигідним для сільськогосподарських підприємств. Це дозволяє не лише отримати додатковий дохід від продажу біогазу, але й забезпечити себе високоякісним органічним добривом для підвищення родючості ґрунтів [6, с.18].

Як зазначає Юрчук Н. П. враховуючи зростання цін на енергоносії, загострення екологічних проблем, розвиток технологій у сфері альтернативних джерел енергії економічна доцільність впровадження альтернативної енергетики не підлягає сумнівам [13].

Світові тенденції до зростання цін на традиційні паливні ресурси, що використовуються для генерації електричної енергії, вимагають від підприємств аграрного сектора здійснення заходів щодо диверсифікації джерел постачання електроенергії та підвищення рівня енергетичної автономії [14, с. 96].

Перш за все, слід зазначити, що суттєвим аспектом виробництва біогазу є використання відновлюваних джерел енергії, що часто одночасно є відходами. Використання органічних відходів чи аграрної сировини створюють середовище для утворення екологічних ефектів при їх транспортуванні, зберіганні та

використанні [15, с. 16].

Продукти життєдіяльності тваринництва становлять значну загрозу для довкілля. Їхня переробка на біогазових установках є ефективним способом вирішення цієї проблеми. Біогаз може використовуватися як джерело енергії, а отримане органічне добриво – дигестат – є значно безпечнішим для ґрунтів, ніж традиційні добрива. Анаеробна переробка відходів тваринництва є найбільш перспективним методом їх утилізації, оскільки дозволяє отримати чисту енергію та високоякісне органічне добриво. В той же час, використання відходів тваринництва для виробництва біогазу сприяє збереженню навколишнього середовища та підвищенню родючості ґрунтів.

Відсутність насіння бур'янів. У гної свиней, великої рогатої худоби і торфі зазвичай присутня велика кількість насіння бур'янів. В 1 тонні свіжого гною знаходиться до 10 тис. насінин різних бур'янів. Це призводить до втрати врожаю від 5-7 центнерів злакових культур з одного гектара [16].

Дослідження проведенні вченими різних країн дали змогу визначити орієнтовні об'єми виходу біогазу при переробці сільськогосподарських відходів (табл. 2.7).

Таблиця 2.7

Вихід біогазу при зброджуванні відходів сільського господарства

Вид тварин	Кількість біогазу на 1м ³ об'єму реактору, м ³ /добу	Кількість біогазу на 1 голову, м ³ /добу	Кількість біогазу на 1 м ³ (1 т) біомаси, м ³	Кількість біогазу на 1 кг внесеної органічної речовини, м ³
ВРХ	0,5-2	0,6-1,5	15-25	0,2-0,45
Свині	0,5-2	0,8-1,8	25-35	0,3-0,5
Птахи	0,5-2	0,1-0,4	400-700	0,5-0,6

Джерело: сформовано авторами на основі [15, 17]

Біогаз може використовуватися для спалювання в котлах та двигунах внутрішнього згоряння без збагачення. Найбільш поширене використання біогазу є вироблення електричної енергії. Біогаз також можна очищати від СО₂ і доводити до властивостей природного газу. Такий збагачений біогаз називається біометаном.

Найчастіше очищення проводиться за допомогою води. Після очищення газ не відрізняється як за складом так і за властивостями від природного газу [15, с. 16].

Біогаз – це газова суміш, яка утворюється під час біологічного розкладу органічних матеріалів в умовах відсутності кисню (анаеробних умовах). Основні характеристики біогазу включають:

1. Склад газової суміші: біогаз складається переважно з метану (CH_4) та вуглекислого газу (CO_2), а також може містити невеликі кількості інших газів, таких як водень (H_2), сірководень (H_2S), аміак (NH_3) та інші.

2. Вміст метану: метан є основним компонентом біогазу і визначає його енергетичну цінність. Чим вищий вміст метану, тим ефективніше може бути використання біогазу як джерела енергії.

3. Вміст вуглекислого газу: вуглекислий газ є іншим важливим компонентом біогазу. Високий вміст CO_2 може знижувати енергетичну цінність біогазу та ускладнювати його зберігання та використання.

4. Температура спалаху: це температура, при якій біогаз може спалахнути у присутності кисню.

5. Газова потужність (PCI): газова потужність визначає енергійну вміст біогазу і вимірюється у джоулях або кіловат-годинах на кубометр газу.

Ці характеристики визначають якість та енергетичну цінність біогазу, а також його можливості використання для виробництва енергії та інших цілей (табл. 2.8).

Таблиця 2.8

Основні характеристики біогазу

Характеристики	Показники
Запас енергії в 1 м^3 біогазу	6-6,5 кВт
Теплотворна здатність	4500-6300 ккал / м^3
Щільність біогазу	1,16-1,27 кг / м^3
Температура загоряння	650-750 С
Тиск біогазу в реакторі	0,05 атм
Тиск біогазу перед споживанням	піднімається до питомого

Джерело: систематизовано авторами на основі [13]

Як зазначає Федуняк І.О., виробництво біогазу дає змогу запобігти викидам метану в атмосферу, який впливає на парниковий ефект у 21 разів сильніше, ніж

CO₂, і знаходиться в атмосфері близько 12 років. Для боротьби зі зміною клімату важливо зменшити викиди метану. Один із ефективних способів – це захоплення метану з відходів тваринництва та його перетворення на біогаз. Крім того, отриманий у результаті переробки органічний добриво є екологічно чистим і може замінити хімічні добрива, зменшуючи забруднення ґрунтових вод [17, с. 46]. Незважаючи на військові дії та окупацію значної частини території України поголів'я ВРХ зменшилося на 7% відсотків в порівнянні з 2021 роком в тому числі на 9,5% – в господарствах населення і становило в домогосподарствах в сільській місцевості України 1,249 млн голів (табл. 2.9).

Таблиця 2.9

Кількість корів на 01 січня 2023 по регіонах, тис. голів

	Господарства усіх категорій			Господарства населення		
	2022	2021	2022 у % до 2021	2022	2021	2022 у % до 2021
Україна	1555,3	1673,0	93,0	1130,7	1249,1	90,5
Вінницька	104,8	115,3	90,9	73,5	84,7	86,8
Волинська	71,8	75,2	95,5	53,4	57,7	92,5
Дніпропетровська	52,2	63,5	82,2	41,2	51,3	80,3
Донецька	23,7	26,0	91,2	14,5	16,4	88,4
Житомирська	92,4	97,8	94,5	69,4	74,3	93,4
Закарпатська	78,1	86,1	90,7	77,1	85,3	90,4
Запорізька	28,6	38,3	74,7	23,4	32,7	71,6
Івано-Франківська	68,4	74,3	92,1	64,0	69,4	92,2
Київська	51,3	53,5	95,9	18,9	21,7	87,1
Кіровоградська	42,7	45,6	93,6	32,4	35,4	91,5
Луганська	16,9	18,8	89,9	12,7	14,0	90,7
Львівська	75,9	84,8	89,5	69,5	77,9	89,2
Миколаївська	43,0	47,4	90,7	36,6	41,3	88,6
Одеська	84,0	85,6	98,1	77,5	78,8	98,4
Полтавська	102,3	107,5	95,2	48,2	53,0	90,9
Рівненська	65,1	65,9	98,8	57,1	58,0	98,4
Сумська	56,7	67,4	84,1	29,5	39,5	74,7
Тернопільська	86,1	85,6	100,6	72,1	72,5	99,4
Харківська	65,1	72,2	90,2	32,0	39,9	80,2
Херсонська	37,0	43,4	85,3	30,5	37,5	81,3
Хмельницька	123,1	123,3	99,8	95,7	97,3	98,4
Черкаська	61,6	65,6	93,9	19,1	22,5	84,9
Чернівецька	46,3	47,8	96,9	43,9	45,6	96,3
Чернігівська	78,2	82,1	95,2	38,5	42,4	90,8

Джерело: сформовано авторами на основі [10, 15]

Слід зауважити, що поголів'я майже не зменшилося в західних регіонах держави, що зумовлено меншим впливом військових дій. Виходячи з даних поголів'я свиней в 2022 році, спостерігається аналогічна ситуація, загальна чисельність зменшилася лише на 4,5%, в тому числі в господарствах населення на 9,4% і становила 2,035 млн голів в особистих селянських господарствах з 5,61 млн голів наявного в державі [15, с. 18] (табл. 2.10).

Слід зауважити, що занепокоєння населення земної кулі швидкими темами скорочення викопних ресурсів та стрімкою зміною клімату дало поштовх відкриттю значного потенціалу зменшення викидів в атмосферу парникових газів, що виділяє худоба, шляхом використання енергетичної складової відходів життєдіяльності великої рогатої худоби, свиней та птиці [15, с. 18].

Таблиця 2.10

Кількість свиней на 01 січня по регіонах, тис. голів

	Господарства усіх категорій			Господарства населення		
	2022	2021	2022 у % до 2021	2022	2021	2022 у % до 2021
Україна	5611,9	5876,2	95,5	2035,2	2246,7	90,6
Вінницька	203,0	240,2	84,5	119,3	138,6	86,1
Волинська	241,1	250,8	96,1	179,8	184,5	97,5
Дніпропетровська	296,6	332,0	89,3	60,4	63,1	95,7
Донецька	406,6	484,3	84,0	27,7	29,3	94,5
Житомирська	117,7	136,8	86,0	66,4	73,9	89,9
Закарпатська	221,2	252,2	87,7	195,4	226,5	86,3
Запорізька	126,6	176,9	71,6	48,8	56,2	86,8
Івано-Франківська	287,5	306,1	93,9	85,4	89,0	96,0
Київська	639,1	555,4	115,1	71,3	76,8	92,8
Кіровоградська	195,9	203,8	96,1	58,2	66,8	87,1
Луганська	41,0	46,0	89,1	17,4	18,8	92,6
Львівська	435,3	362,7	120,0	122,6	130,8	93,7
Миколаївська	67,6	72,6	93,1	33,4	37,6	88,8
Одеська	125,7	133,1	94,4	55,8	61,7	90,4
Полтавська	318,8	321,9	99,0	55,7	74,0	75,3
Рівненська	219,5	226,2	97,0	196,5	202,9	96,8
Сумська	88,5	103,7	85,3	40,7	48,6	83,7
Тернопільська	387,3	354,3	109,3	150,4	161,0	93,4
Харківська	157,1	192,7	81,5	40,0	60,6	66,0
Херсонська	52,6	99,0	53,1	18,0	22,6	79,6
Хмельницька	357,4	324,4	110,2	131,3	143,4	91,6
Черкаська	327,9	346,6	94,6	118,8	126,7	93,8
Чернівецька	107,7	146,4	73,6	80,0	84,0	95,2
Чернігівська	190,2	208,1	91,4	61,9	69,3	89,3

Джерело: сформовано автором на основі [10, 15]

Поголів'я свійської птиці, незважаючи на військові дії, в 2022 році мало тенденцію до незначного зростання, а зважаючи на реалії сьогодення є досить позитивним для продовольчої безпеки держави [15, с. 18]. (табл. 2.11).

Виробництво біогазу на основі потенціалу відходів підприємств АПК в умовах сьогодення та дефіциту енергоресурсів є одним з напрямів як забезпечення енергетичної безпеки держави так і екологічної [15, с. 18].

Таблиця 2.11

Кількість птиці свійської на 01 січня по регіонах, тис. голів

	Господарства усіх категорій			Господарства населення		
	2022	2021	2022 у % до 2021	2022	2021	2022 у % до 2021
Україна	202243,1	200651,9	100,8	88764,2	90914,9	97,6
Вінницька	38064,2	33619,3	113,2	7684,6	7821,3	98,3
Волинська	7947,0	7989,1	99,5	2741,7	2817,8	97,3
Дніпропетровська	20687,1	19589,1	105,6	3746,5	4011,8	93,4
Донецька	4089,2	4374,7	93,5	2055,9	2086,2	98,5
Житомирська	7121,9	7205,2	98,8	6576,4	6655,2	98,8
Закарпатська	3470,0	3651,9	95,0	3333,9	3541,9	94,1
Запорізька	2622,0	3887,1	67,5	1755,3	1948,3	90,1
Івано-Франківська	4045,5	4300,3	94,1	2960,0	2990,0	99,0
Київська	22440,5	23525,3	95,4	8856,3	9182,8	96,4
Кіровоградська	4501,5	4711,6	95,5	к	к	к
Луганська	838,9	849,3	98,8	к	к	к
Львівська	11576,9	10305,8	112,3	5800,7	5720,5	101,4
Миколаївська	1994,7	1957,1	101,9	1625,6	1690,7	96,1
Одеська	1852,9	2210,7	83,8	1779,9	2078,8	85,6
Полтавська	5225,3	4663,0	112,1	3210,3	3108,5	103,3
Рівненська	7285,9	7464,4	97,6	5136,6	5129,5	100,1
Сумська	4634,0	4577,0	101,2	3405,0	3345,3	101,8
Тернопільська	5208,3	5376,3	96,9	3107,4	3167,4	98,1
Харківська	6262,0	6674,9	93,8	4780,0	4779,0	100,0
Херсонська	4033,2	5318,9	75,8	1889,2	1955,7	96,6
Хмельницька	6213,3	6649,1	93,4	2477,3	2660,2	93,1
Черкаська	25423,8	24996,4	101,7	5175,0	5211,7	99,3
Чернівецька	3315,3	3357,5	98,7	2505,2	2519,0	99,5
Чернігівська	3389,7	3397,9	99,8	3081,0	3178,0	96,9

Джерело: сформовано автором на основі [10, 15]

У зв'язку із відсутністю даних за регіонами було проаналізовано загальну чисельність сільськогосподарських тварин станом на 2023 рік та встановлено, що незважаючи на військовий стан чисельність поголів'я ВРХ збільшилася та становила 2,15 млн голів, проте зменшилося на понад 2 млн голів поголів'я птиці що спричинено знищення чи окупацією значної частини великих птахофабрик (табл. 2.12).

Таблиця 2.12

Кількість сільськогосподарських тварин на 01 січня 2024 року, тис. голів

	Господарства усіх категорій	У тому числі		
		підприємства	з них фермерські господарства	господарства населення
Велика рогата худоба	2156,2	919,8	111,4	1236,4
у тому числі				
корови	1262,9	382,2	45,4	880,7
телиці від 1 року до 2 років	221,1	153,9	18,2	67,2
телиці від 2 років і старші	65,8	44,1	7,2	21,7
бугаї-плідники	3,6	0,7	0,1	2,9
Свині	5094,0	3367,1	268,8	1726,9
у тому числі				
свиноматки	363,8	263,5	21,0	100,3
Вівці та кози	906,3	129,8	39,2	776,5
вівці	488,0	116,9	28,4	371,1
з них вівцематки і ярки	334,0	67,1	19,6	266,9
кози	418,3	12,9	10,7	405,4
з них козоматки	322,3	9,7	8,6	312,6
Коні	144,8	6,8	0,4	138,0
у тому числі кобили від 3 років і старші	70,2	2,5	0,2	67,7
Птиця свійська	184710,4	106172,0	4651,6	78538,4
у тому числі				
кури та півні	169775,5	103489,1	...	66286,4
гуси	3009,0	24,5	...	2984,5
качки	8829,9	190,7	...	8639,2
індики	1411,4	822,4	...	589,0
Кролі	3894,2	110,9	6,2	3783,3
Бджолосім'ї, тисяч	2314,0	28,0	4,0	2286,0
Хутрові звірі кліткового утримання, голів	264,6	188,1	–	76,5

Джерело: складено за даними Державної служби статистики України

Як зазначає Калетнік Г.М., загальний потенціал виробництва біоенергії з 10

млн га земельних угідь держави може становити понад 28,99 млн т. н.е. [18, с. 11]. В той же час експериментальні дослідження засвідчують, що вихід біогазу з 1 тону посліду птиці становить 660 м³/тони [19].

Отже, з виходу посліду 120гр/добу найбільш привабливим для виробництва біогазу є використання пташиного посліду для виробництва біогазу, чому сприяє і велика чисельність свійської птиці в ОСГ України. Виходячи з рівня утворення відходів продукції тваринництва та теоретичних обсягів виходу біогазу за рахунок переробки можна отримати майже 4,2 млрд м³ в тому числі за рахунок переробки посліду птахів майже 3,5 млрд м³ [15, с. 18] (табл. 2.13).

Таблиця 2.13

Потенціал виробництва біогазу з продукції тваринництва ОСГ в Україні у 2023р.

Вид тварин	Середній вихід біогазу на 1 голову, м ³ /добу	Поголів'я, тис. голів в 2023 р.	Орієнтовний вихід біогазу, м ³	В перерахунку на біометан м ³
ВРХ	0,8	1130,7	330164400	198098640
Свині	1,1	2035,2	817132800	490279680
Птахи	0,18	88764,2	5831807940	3499084764

Джерело: систематизовано авторами на основі [10, 15]

Попередні дослідження також свідчать, що виходячи з оцінки сировинного потенціалу АПК можна констатувати, що основною сировиною для виробництва біогазу доцільно вважати саме відходи тваринництва та переробних підприємств. Післяжнивні рештки можуть використовуватися в процесі виробництва як додаткова складова та мати позитивний вплив на утворення дигестату [6, с. 18].

Загальний потенціал виробництва біогазу становить в сільському господарстві понад 7,97 млрд м³ основу якого складають відходи птахівництва (табл. 2.14).

Виробництво біогазу саме з відходів великих птахофабрик дасть можливість не лише підвищити рівень енергетичної незалежності даних підприємств, а мінімізувати негативний екологічний вплив відходів на навколишнє середовище, а також можливість використання біогазу як додаткового джерела прибутку. Біогаз доцільно реалізовувати в ГТС України після його очищення до рівня біометану.

Потенціал виробництва біогазу з продукції тваринництва всіма категоріями господарств у 2023 р.

Показник	Середній вихід біогазу на 1 голову, м ³ /добу	Поголів'я, тис. голів в 2023 р.	Орієнтовний вихід біогазу, м ³	В перерахунку на біометан, млрд м ³
ВРХ	0,8	1555,3	454147600	0,27
Свині	1,1	5611,9	2253177850	1,35
Птахи	0,18	202243,1	13287371670	7,97
Всього, млрд м ³			9,59	

Джерело: систематизовано авторами на основі [10]

Для домогосподарств, малі біогазові установки є перспективним рішенням, але їхня вартість може становити від 15 до 80 тисяч гривень. Крім того, для зберігання виробленого біогазу необхідні додаткові витрати на спеціальні балони. Проте, державна підтримка у розмірі 15-20 тисяч гривень на домогосподарство може значно полегшити придбання таких установок, що сприятиме енергетичній незалежності сіл та розвитку вітчизняної промисловості [15, с. 18].

Використання наявного потенціалу дасть можливість виробити понад 4,2 млрд м³ біометану для самозабезпечення особистих селянських господарств гарячим водопостачанням та органічним добривом (дигестат) для удобрення присадибних ділянок. Виробництво біогазу з органічних відходів сільського господарства є перспективним напрямом для розвитку сільських територій. Це дозволить не тільки забезпечити селянських господарств енергією та добривами, але й створити нові робочі місця та стимулювати розвиток місцевої економіки. Для реалізації цього потенціалу необхідно розробити ефективні механізми державної підтримки, зокрема, надавати дотації на закупівлю обладнання та підтримку інвестиційних проектів у галузі біоенергетики [15, с. 18].

Активне впровадження технологій виробництва біогазу з відходів сільського господарства є стратегічно важливим для відновлення України після війни. Це дасть змогу не тільки забезпечити енергетичну автономність сіл та зменшити залежність від імпорту газу, а й сприятиме покращенню екологічної ситуації та створенню нових робочих місць у сфері виробництва та обслуговування біогазових

установок.

Одним з стримуючих факторів для розвитку біогазового виробництва в домогосподарствах є порівняно висока вартість відповідних установок та супутнього обладнання (газові балони для накопичення, насоси високого тиску, тощо). При реалізації програм державного дотування зацікавлених домогосподарств можливо досягти вирішення питань їх енергонезалежності в короткостроковій перспективі [15].

Розвиток та вдосконалення технологій виробництва біогазу з використанням сировинного потенціалу АПК України має стати стратегічним пріоритетом післявоєнної відбудови держави. Запропоновані заходи дадуть можливість:

- досягти зростання обсягів переробки відходів АПК на біогаз;
- удосконалити методи управління відходами підприємств агропромислового сектору;
- підвищити показник валового регіонального продукту та рентабельність підприємств АПК.

Основним стримуючим фактором для розвитку біогазового виробництва на підприємствах АПК є, насамперед, відсутність державного стимулювання та необхідного обсягу інвестицій. Шляхом розробки планів довгострокової підтримки виробництва біогазу та повного використання потенціалу АПК можливо досягти вирішення поставлених завдань в короткостроковій перспективі [6, с. 18].

Отже, загальний сировинний потенціал тваринництва домогосподарств в перерахунку на біогаз можна оцінити в розмірі 4,2 млрд м³ біометану, а загальний потенціал сільського господарства становить 9,59 млрд м³ біометану. Варто зауважити, що з ростом врожайності та налагодженням переробки твердих побутових відходів даний показник може значно зрости, що підтверджує перспективність розвитку даного сектору біоенергетики.

Слід зазначити, що сировинний потенціал переробної промисловості АПК складається в основному з м'яси, бурякового жому та спиртової барди та в перерахунку на біометан складає 0,65 млрд м³ (табл. 2.15).

**Потенціал відходів переробної промисловості АПК для виробництва біогазу,
млрд. м³**

Вид сировини	Утворення відходів, т	Обсяг утворення біогазу з 1 т сировини, м ³	Загальний потенціал виробництва біогазу, млрд м ³	Загальний потенціал в перерахунку на біометан, млрд м ³
М'яса	355886,8	630	0,224	0,146
Буряковий жом	4382717,7	170	0,745	0,484
Барда	682912,4	45	0,031	0,020
Всього			1,000	0,650

Джерело: систематизовано авторами на основі [20-23]

Виробництво біогазу на потужностях підприємств агропромислового комплексу та домогосподарств може мати кілька значних ефектів:

1. Використання відходів: за допомогою виробництва біогазу з сільськогосподарських відходів, таких як тваринний послід, рослинні залишки та інші органічні матеріали, підприємства АПК можуть ефективно використовувати відходи, зменшуючи обсяги сміття та викиди метану в атмосферу.

2. Додаткові джерела доходу: виробництво біогазу може стати додатковим джерелом доходу для підприємств АПК. Вони можуть продавати отриманий біогаз або використовувати його для забезпечення власних енергетичних потреб.

3. Сталість енергопостачання: використання біогазу для виробництва енергії на місці дозволяє забезпечити сталість енергопостачання підприємств АПК, особливо у віддалених регіонах, де доступ до традиційних джерел енергії може бути обмеженим або вартістю високим.

4. Зменшення викидів парникових газів: виробництво біогазу допомагає зменшити викиди парникових газів, зокрема метану, який утворюється при природному розкладі органічних матеріалів. Це сприяє зменшенню негативного впливу на зміну клімату та екологічне забруднення.

5. Підвищення енергетичної незалежності: виробництво біогазу допомагає підприємствам АПК забезпечити собі стійке джерело енергії, що може бути

особливо важливим у випадку відключень електропостачання або збоїв у постачанні.

В той же час основний потенціал виробництва біометану в Україні зосереджений в пожнивних рештках та силосуванні кукурудзи та становить 12,1 млрд м³ [24, Додаток Б]

Отже, виробництво біогазу на потужностях підприємств та домогосподарств може мати значний позитивний вплив як на економіку, так і на екологію, сприяючи зменшенню відходів, забезпеченню сталості енергопостачання та зменшенню викидів парникових газів.

2.2. Оцінка еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України.

Оцінка еколого-економічної ефективності виробництва біогазу, на нашу думку, повинна включати в себе ряд аспектів, що стосуються як екологічних, так і економічних показників, які можна виконати для оцінки такої ефективності а саме:

1. Оцінка екологічних впливів:

- обрахунок викидів CO₂, CH₄ та інших шкідливих речовин у атмосферу пов'язаних із виробництвом та транспортуванням біогазу;
- визначення впливу на якість ґрунту та водойм;
- аналіз можливого впливу на біорізноманіття та екосистеми.

2. Оцінка економічної доцільності:

- розрахунок вартості виробництва біогазу, включаючи витрати на сировину, обладнання, енергію, робочу силу та інші витрати;
- аналіз ринкових умов і можливостей збуту біогазу та його конкурентоспроможності порівняно з іншими джерелами енергії;
- врахування потенційних економічних переваг, таких як зменшення витрат на вивезення та обробку відходів, отримання додаткового доходу від продажу енергії та отримання субсидій або податкових пільг.

3. Врахування соціальних факторів:

- аналіз впливу виробництва біогазу на місцеву спільноту та її життєдіяльність;
- врахування можливостей створення нових робочих місць та підвищення рівня життя місцевого населення;
- оцінка рівня прийняття та підтримки проекту серед місцевих жителів та органів влади.

4. Порівняння з альтернативними варіантами:

- порівняння еколого-економічної ефективності виробництва біогазу з іншими джерелами енергії, такими як вугілля, нафта, вітро- та сонячна енергія;
- аналіз вигод та обмежень кожної альтернативи з точки зору сталого розвитку та збереження ресурсів.

Після проведення такої комплексної оцінки можна зробити висновок про загальну ефективність виробництва біогазу з екологічної та економічної точок зору.

В той же час ми підтримуємо думку В. Вовк, яка зазначає, що завдяки виробництву біогазу сільськогосподарські відходи перетворюються з екологічного навантаження на цінний ресурс, зменшуючи забруднення довкілля та забезпечуючи виробництво біогазу [25, с. 181].

Для визначення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу домогосподарствами доцільним є попереднє дослідження потреб в біогазу різних домогосподарств та необхідного обсягу сировини для його виробництва.

Основними перевагами виробництва біогазу є:

- економія коштів – біогаз може використовуватися для опалення, приготування їжі та освітлення, зменшуючи вашу залежність від традиційних джерел енергії, таких як газ або електроенергія;
- екологічно чиста енергія – біогаз є поновлюваним джерелом енергії, яке не сприяє глобальному потеплінню;
- утилізація органічних відходів – біогазова установка може переробляти органічні відходи з вашого домогосподарства, такі як харчові рештки, гній та зелені

відходи, зменшуючи кількість сміття;

– добриво – біодигестат, який залишається після виробництва біогазу, може використовуватися як цінне добриво для вашого саду або городу.

До недоліків використання біогазових установок в домогосподарствах слід віднести наступні:

– висока первинна вартість – біогазові установки можуть бути досить дорогими в установці, що робить їх недоступними для деяких домогосподарств;

– технічне обслуговування – біогазові установки потребують регулярного технічного обслуговування та очищення, що може бути трудомістким та витратним;

– значні габарити: біогазові установки потребують значного простору для розміщення, що може бути проблемою для деяких домогосподарств;

– потенційні ризики: біогазові установки можуть нести певні ризики, такі як витік газу або пожежа, тому важливо знати про ці ризики та вжити заходів для їх мінімізації.

Нами було взяті за основу розрахунки щодо планування потреби сировини для ефективної роботи біогазової установки в домогосподарстві Г. Калетніка (табл. 2.16), виходячи з того, що 1 м³ біогазу еквівалентний за теплотворною здатністю 0,65 м³ природного газу. Дослідження витрат на опалення показали, що середньостатистична українська родина витрачає 3,8-4,0 кубічних метри газу на опалення одного квадратного метра житла щомісяця, причому часто опалюється лише частина житлової площі [26, с. 13].

Слід також зазначити, що ефективність біогазової установки залежить від кількості органічних відходів, якими можна її забезпечити та відповідно виходом даного ресурсу у відповідності до сировини (гній, рослинні рештки, відходи домогосподарств тощо).

Біогазові установки можуть бути більш доцільними для домогосподарств з великою кількістю органічних відходів, таких як ферми або невеликі переробні підприємства. Доцільним є розробка державних програм, які можуть допомогти домогосподарствам у покритті витрат на установку біогазових установок.

Планування потреби сировини для ефективної роботи біогазової установки в домогосподарстві (об'ємом реактора 5 м³)

Площа будинку площа, м ²	Опалювана площа, м ²	Період	Потреба природного газу, м ³ /місяць	Потреба біогазу, м ³ /місяць	Потреба біогазу, м ³ /добу	Вихід біогазу, м ³ /кг	Потреба сировини, кг/добу
60	40	Опалювальний період	152-160	233,8- 246,2	7,8-8,2	0,37	21,1-22,2
	-	Міжопалювальний період	20	30,8	1,0	0,41	2,5
80	50	Опалювальний період	190-200	292,3- 307,7	9,7-10,3	0,37	26,3-27,7
	-	Міжопалювальний період	20	30,8	1,0	0,41	2,5-2,8
100	60	Опалювальний період	228-240	350,8- 369,2	11,7- 12,3	0,37	31,6-33,3
	-	Міжопалювальний період	20	30,8	1,0	0,41	2,5-2,8

Джерело: [26, с. 14]

Виробництво біогазу в домогосподарствах може мати значний еколого-економічний ефект, а саме:

1. Зменшення викидів парникових газів: виробництво біогазу з органічних відходів домогосподарств допомагає у зменшенні викидів метану, який є потужним парниковим газом. Це сприяє зниженню впливу на зміну клімату та допомагає зберегти навколишнє середовище.

2. Енергетична ефективність: використання біогазу для виробництва електроенергії або тепла дозволяє домогосподарствам зменшити витрати на енергію, що отримується з інших джерел, таких як електромережі або природний газ.

3. Зменшення витрат на вивезення відходів: використання органічних відходів для виробництва біогазу дозволяє зменшити обсяги сміття, що вивозиться з домогосподарств, і, відповідно, скоротити витрати на їх обробку та утилізацію.

4. Стимулювання сталого споживання: виробництво біогазу в домогосподарствах може сприяти сталому споживанню та усвідомленню екологічних питань серед населення, оскільки це включає в себе переробку

органічних відходів та використання їх для виробництва енергії.

5. Створення нових можливостей для додаткових джерел доходу: для домогосподарств, які виробляють біогаз, можуть виникати додаткові можливості для отримання доходу, наприклад, через продаж надлишкового біогазу або виробництво та продаж побічних продуктів, таких як компост.

6. Зменшення залежності від зовнішніх джерел енергії: виробництво власного біогазу дозволяє домогосподарствам зменшити свою залежність від імпортованих джерел енергії та забезпечити собі більшу енергетичну незалежність.

Зважаючи на вище представленні результати досліджень доцільно оцінити розподіл житлової площі населення за відповідною площею проживання для оцінки необхідності виробництва біогазу на базі домогосподарств (рис. 2.2).

Слід зазначити, що станом на 2024 рік рівень газифікації сіл в Україні становить близько 38,2%. Це значно нижче, ніж у містах, де рівень газифікації сягає 78,1%. Це означає, що понад 60% сільського населення України не мають доступу до природного газу.

Існує ряд причин низького рівня газифікації сіл:

Висока вартість будівництва газопроводів: проведення газопроводів до віддалених сіл може бути дуже дорогим, що робить це нерентабельним для багатьох компаній, а також порівняно високі ціни на природний газ для сільського населення.

Низька щільність населення: у сільській місцевості, як правило, проживає менше людей на квадратний кілометр, ніж у містах. Це робить будівництво газопроводів ще більш нерентабельним, використання фінансового ресурсу є більш доцільним саме для розвитку малої біогазової генерації на базі домогосподарств.

Недостатнє державне фінансування: уряд України не виділяє достатньо коштів на газифікацію сіл.

Зважаючи на відповідні дані, можна констатувати досить значні житлові площі в сільській місцевості так в розрахунку на 1 особу в сільській місцевості в основному припадає від 13,66 до понад 25 м² житлової площі.

Зважаючи на кризову ситуацію в паливно-енергетичному комплексі, саме

виробництво біогазу дасть можливість частково забезпечити тепlopостачання домогосподарств в сільській місцевості. Слід зауважити, що в сільській місцевості функціонує понад 4,6 млн домогосподарств з яких понад 95 % мають індивідуальні будинки (табл. 2.17).

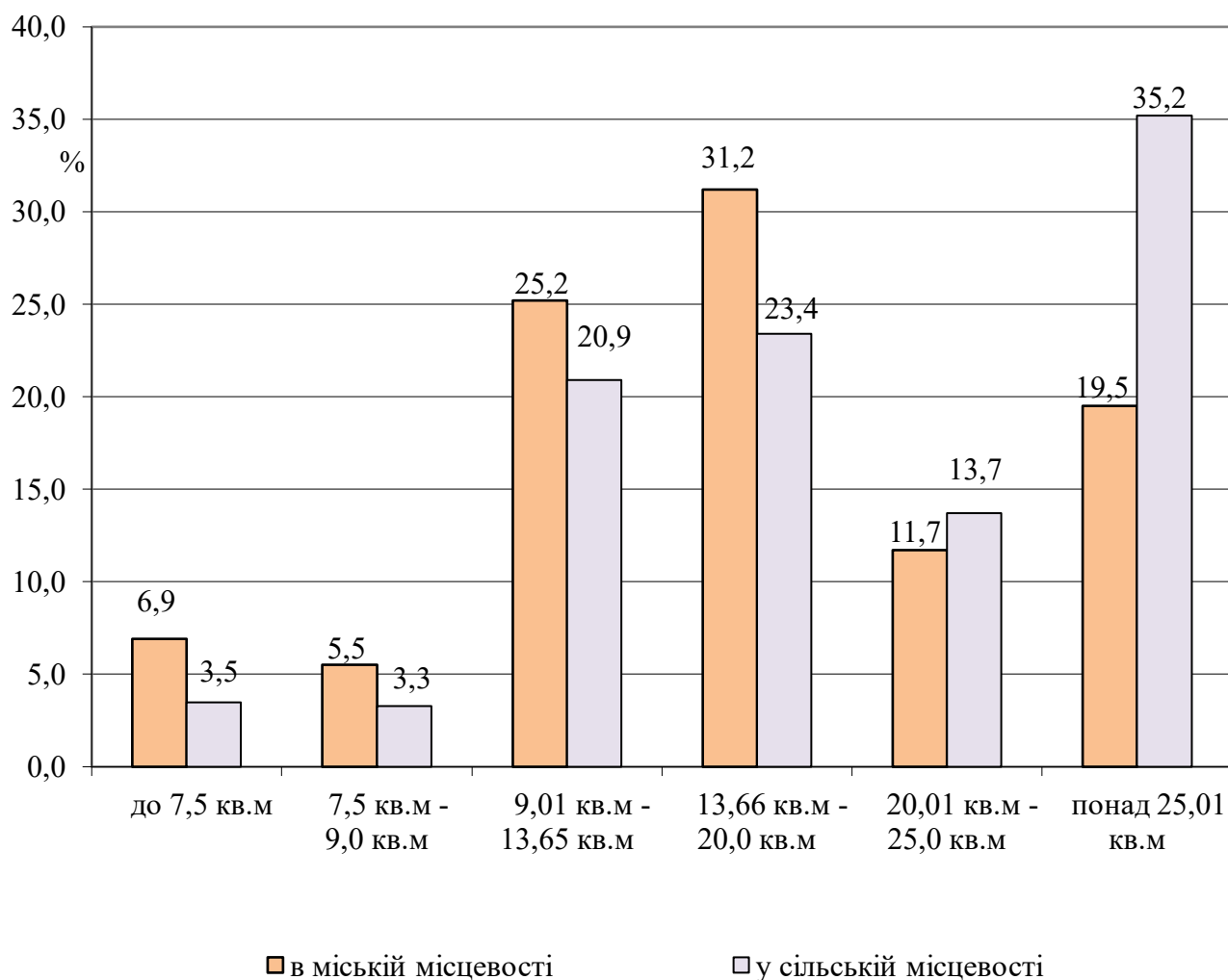


Рисунок 2.2 – Розподіл міських та сільських домогосподарств за розміром житлової площі на одну особу в 2022 році

Джерело: складено за даними Державної служби статистики України

Зважаючи на значний відсоток індивідуальних будинків, є доцільним стимулювання розвитку виробництва біопалив в домогосподарствах населення шляхом встановлення малих біогазових реакторів.

Таблиця 2.17

Характеристика житла домогосподарств України

	Всі домогосподарства		у тому числі, які проживають (%)					
			у міській місцевості			всього		у сільській місцевості
	2021	2022	у великих містах	у малих містах	2021			
						2022		
Кількість домогосподарств (млн)	14,67	14,54	5,76	4,09	9,94	9,86	4,73	4,68
Розподіл домогосподарств (%) за типом житла:								
окрема квартира	46,3	47,3	81,8	48,1	66,1	67,8	4,7	4,1
комунальна квартира	0,4	0,2	0,6	0,1	0,6	0,4	0,1	-
індивідуальний будинок	49,3	49,1	12,6	48,4	28,1	27,5	93,9	94,5
частина індивідуального будинку	1,9	1,7	1,4	2,4	2,2	1,8	1,3	1,4
гуртожиток	2,1	1,7	3,6	1,0	3,0	2,5		
Всього	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Розподіл домогосподарств (%) за типом власності їх житла:								
приватна власність (приватизоване, куплене)	94,7	95,1	91,1	95,5	92,7	92,9	98,8	99,4
державне	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1
відомче	0,2	0,0	0,0	-	0,2	0,0	0,2	-
наймають у фізичних осіб	4,8	4,8	8,8	4,3	6,8	6,9	0,8	0,5
Всього	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Розподіл домогосподарств (%) за кількістю кімнат у житлі:								
одна кімната	10,9	10,4	18,1	8,6	14,8	14,2	2,7	2,7
дві кімнати	32,6	31,8	40,8	28,8	36,5	35,8	24,4	23,2
три кімнати	36,3	38,6	34,1	41,1	33,7	37,0	41,9	41,7
чотири і більше кімнат	20,2	19,2	7,0	21,5	15,0	13,0	31,0	32,4
Всього	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Розподіл домогосподарств (%) за розміром житлової площі на одну особу:								
до 7,5 м ²	7,1	5,8	8,7	4,3	8,4	6,9	4,4	3,3
7,5 м ² - 9,0 м ²	5,0	5,0	7,1	3,1	5,5	5,5	4,1	3,3
9,01 м ² - 13,65 м ²	22,9	23,8	29,0	19,9	25,3	25,2	18,0	20,9
13,66 м ² - 20,0 м ²	27,4	28,8	30,1	33,0	29,0	31,2	24,2	23,4
20,01 м ² - 25,0 м ²	12,1	12,3	10,7	13,0	11,3	11,7	13,7	13,7
понад 25,01 м ²	25,5	24,6	14,4	26,7	20,5	19,5	35,6	35,2
Всього	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Середній розмір загальної площі на одну особу (м ²)	25,1	25,3	22,0	26,0	23,7	23,7	27,9	28,6

Джерело: складено за даними Державної служби статистики України

Варто зазначити, що в загальній сукупності з понад 14,5 млн домогосподарств близько 50% мають індивідуальні будинки та можуть використовувати біогаз для забезпечення теплопостачанням населення (табл. 2.18).

Таблиця 2.18

Характеристика житла домогосподарств за регіонами та за економічними районами у 2022 році

	Кількість домогосподарств (тисяч)	Розподіл домогосподарств (%) за типом житла					Розподіл домогосподарств (%) за типом власності житла			
		окрема квартира	комунальна квартира	індивідуальний будинок	частина індивідуального	гуртожиток	приватна власність (приватизоване)	державне	відомче	наймають у фізичних
Україна	14549,2	47,3	0,2	49,1	1,7	1,7	95,1	0,1	0,0	4,8
у тому числі:										
Вінницька	609,4	27,7	-	66,6	3,2	2,5	90,9	-	-	9,1
Волинська	331,1	33,9	-	62,8	1,0	2,3	98,1	-	-	1,9
Дніпропетровська	1316,9	57,6	-	40,0	1,3	1,1	96,1	-	-	3,9
Донецька	893,2	59,4	-	39,2	0,9	0,5	95,0	0,1	-	4,9
Житомирська	470,9	41,9	-	56,4	-	1,7	96,8	-	-	3,2
Закарпатська	350,7	13,0	-	84,3	2,7	-	98,5	-	-	1,5
Запорізька	678,0	45,1	0,6	51,5	-	2,8	97,1	-	-	2,9
Івано-Франківська	442,6	20,5	-	75,2	3,2	1,1	98,2	-	-	1,8
Київська (без м. Києва)	674,3	45,4	-	50,1	4,5	-	94,1	-	-	5,9
Кіровоградська	394,6	39,4	-	57,5	1,9	1,2	96,4	-	-	3,6
Луганська	340,0	42,6	-	56,9	-	0,5	96,0	0,4	-	3,6
Львівська	807,4	46,0	-	50,4	2,5	1,1	96,9	0,2	0,3	2,6
Миколаївська	423,6	41,8	-	55,9	0,3	2,0	96,8	0,1	-	3,1
Одеська	877,4	48,1	-	48,3	2,5	1,1	89,2	-	-	10,8
Полтавська	567,7	51,2	0,3	48,3	-	0,2	93,3	-	-	6,7
Рівненська	370,6	36,4	-	60,1	2,6	0,9	95,4	-	-	4,6
Сумська	421,8	43,5	1,4	52,7	1,1	1,3	98,5	-	-	1,5
Тернопільська	343,5	32,4	-	60,5	2,4	4,7	98,6	-	-	1,4
Харківська	1076,1	54,0	0,5	37,6	2,7	5,2	96,1	0,2	-	3,7
Херсонська	385,4	36,6	0,2	60,7	2,2	0,3	90,8	-	-	9,2
Хмельницька	458,2	44,2	-	50,7	1,7	3,4	94,9	-	-	5,1
Черкаська	492,2	35,0	0,1	60,4	4,4	0,1	95,9	0,8	-	3,3
Чернівецька	302,3	28,2	-	68,9	0,5	2,4	98,7	-	-	1,3
Чернігівська	413,8	31,3	2,7	65,2	-	0,8	93,0	2,2	-	4,8
м. Київ	1107,5	95,9	0,5	0,4	-	3,2	91,7	0,1	-	8,2

Джерело: складено за даними Державної служби статистики України

Проте, на сьогодні, достовірних даних стосовно виробництва біогазу в домогосподарствах немає, що унеможливило брахунок еколого-економічної ефективності виробництва біогазу в домогосподарствах.

Отже, виробництво біогазу в домогосподарствах може мати значний позитивний вплив як на екологію, так і на економіку, сприяючи сталому розвитку та забезпечуючи додаткову користь для мешканців в екологічному та соціальному плані.

З метою оцінки екологічної та економічної доцільності виробництва біогазу на підприємствах АПК, ми проаналізували фінансові показники успішно реалізованих в Україні біогазових проєктів. (табл. 2.19). Фахівці з проектування біогазових реакторів відзначають: чим більше станція – тим менше інвестицій на 1 кВт виробленої електроенергії, що пов'язано з особливостями технологій.

Таблиця 2.19

Характеристика успішних промислових біогазових станцій в Україні

№	Підприємство	Потужність, МВт	Інвестиції, млн євро	Сировина
1.	Ладизинська птахофабрика (МХП)	12 МВт	18 млн. євро	Курячий послід, відходи з переробки курок-бройлерів
2.	Теофіпольський біогазовий комплекс	10,5 МВт	14 млн. євро	Кукурудзяний силос
3.	Біогазова станція «Юзефо-Миколаївського цукрового заводу»	3,2 МВт	11 млн. євро	Буряковий жом, силос
4.	Рокитнянський біогазовий завод	2,4 МВт	8 млн. євро	Буряковий жом, кукурудзяний силос, сорго
5.	Біогазова станція в селищі Окни Одеської області	1,2 МВт	3,5 млн. євро	Кукурудзяний силос
6.	Кропивницька біогазова станція	0,635 МВт	1,9 млн. євро	Тверді побутові відходи на місцевому полігоні
7.	Всього	31,35 МВт	58,4 млн. євро	-

Джерело: [27]

Станом на 2023 рік в Україні функціонувала 61 підприємство у сфері виробництва біогазу на балансі яких перебувало 50 біогазових об'єктів що сумарно забезпечило виробництво електроенергії на рівні 183,6 млн кВт*год (абл. 2.20, рис.

2.3).

Таблиця 2.20

Дані по роботі біогазових компаній в Україні, 2023р.

Області	Чисельність підприємств, од	Чисельність біогазових реакторів, од	Виробництво електроенергії у 2023 р. (млн кВт*год.)	Встановлена потужність (МВт)
Волинська	1	1	0	0,33
Рівненська	3	3	1,632	1,284
Миколаївська	3	3	0,274	1,589
Закарпатська	2	2	1,192	1,644
Тернопільська	2	2	3,839	1,726
Івано-Франківська	2	2	5,043	1,826
Полтавська	2	1	3,118	1,848
Харківська	2	1	0	1,908
Житомирська	2	2	0,434	2,564
Запорізька	2	1	2,546	3,201
Донецька	4	2	2,007	3,673
Херсонська	2	2	5,77	3,965
Одеська	2	2	10,982	6,199
Кіровоградська	2	2	13,638	6,639
Черкаська	2	2	15,92	8,1
Київська	8	7	11,349	10,87
Чернігівська	5	4	17,862	11,303
Дніпропетровська	5	4	13,123	12,236
Вінницька	4	4	35,418	18,829
Хмельницька	6	3	39,496	27,485
Всього	61	50	183,643	127,219

Джерело: [24]

Найбільш потужні реактори були встановлені в Хмельницькій, Вінницькій, Дніпропетровській та Черкаській областях. Виходячи з сучасних реалій енергодефіциту доцільним є розвиток даної сфери, що дасть можливість також збільшити обсяги виробництва дигестату. Це матиме позитивний вплив на забезпечення аграрних виробників якісними добривами за доступними цінами, що забезпечить оптимізацію собівартості основної продукції сільського господарства.

В загальному, ми підтримуємо думку В. Бондаренка в тому, що розвиток виробництва біогазу має в основному концентруватися на цукрових заводах, що дозволить: зменшити обсяги імпорту природного газу та частково реалізувати надлишок на енергетичному ринку; дати поштовх розвитку високотехнологічного

обладнання для біогазових установок; створити додаткові робочі місця на підприємствах цукрової промисловості; забезпечити сільськогосподарських товаровиробників органічними добривами (дигестатом); значно здешевити виробництво біометану за рахунок формування біоенергетичних кластерів на базі цукрових заводів. Водночас, виробництво біогазу на підприємствах цукрової промисловості матиме позитивні наслідки для функціонування економіки в умовах воєнного стану, а саме підвищення енергонезалежності агропромислової переробної промисловості при збільшенні частки відновлюваної енергетики в загальній структурі енергопостачання; покращення екологічного стану водойм країни адже злив стічних вод з відстійників буде непотрібним; забезпечити сільгоспвиробників екологічно чистим і дешевим добривом – дигестатом, що дозволить оптимізувати собівартість сільськогосподарської продукції та підвищити її якість [28, с. 208].

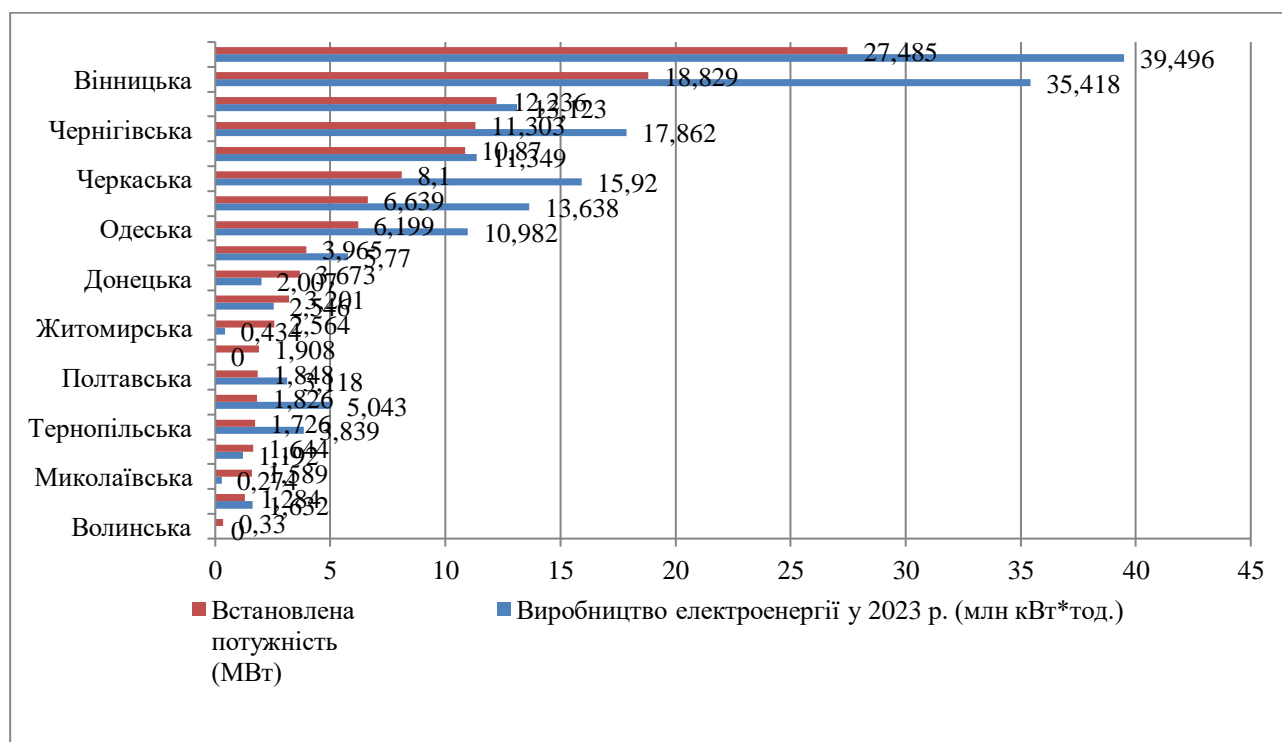


Рисунок 2.3 – Потужності біогазових компаній в Україні, 2023р.

Джерело: [24]

Проте, необхідним є визначення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу, на сьогодні використовуються показники, які враховують:

1. Енергетичну ефективність:

- вихід біогазу ($\text{м}^3/\text{т}$ субстрату) – визначається кількість біогазу, яка може бути отримана з однієї тонни субстрату;
- енергетична цінність біогазу ($\text{МДж}/\text{м}^3$) – визначається кількість енергії, яка може бути отримана з одного кубічного метра біогазу;
- енергоефективність ($\text{МДж}/\text{т}$ субстрату): ця формула визначає загальну кількість енергії, яка може бути отримана з однієї тонни субстрату.

2. Економічну ефективність:

- вартість субстрату ($\text{грн}/\text{т}$) – визначається вартість субстрату, який використовується для виробництва біогазу;
- капітальні витрати (грн) – визначається вартість біогазової установки та іншого обладнання;
- експлуатаційні витрати ($\text{грн}/\text{рік}$) – визначається вартість експлуатації та обслуговування біогазової установки;
- дохід від продажу біогазу ($\text{грн}/\text{рік}$) – визначається дохід, який може бути отриманий від продажу біогазу;
- чистий прибуток ($\text{грн}/\text{рік}$) – визначається чистий прибуток, який може бути отриманий від виробництва біогазу;
- термін окупності (років) – визначається час, який потрібен для того, щоб інвестиції в біогазову установку окупилися.

3. Екологічний вплив:

- зменшення викидів парникових газів ($\text{т CO}_2\text{-екв}/\text{рік}$) – визначається скільки парникових газів спрямовується в атмосферу від спалювання викопного палива, яке замінюється біогазом;
- зменшення забруднення повітря ($\text{тонн}/\text{рік}$): – визначається скільки забруднюючих речовин викидається в атмосферу від спалювання викопного палива, яке замінюється біогазом;
- виробництво органічних добрив ($\text{т}/\text{рік}$) – визначається кількість органічних добрив, які можуть бути отримані з дигестату (переробленого субстрату) біогазової установки;

– покращення якості води ($\text{м}^3/\text{рік}$) – визначається скільки води можна очистити за допомогою біогазової установки, яка використовує гній як субстрат.

Слід зазначити, що окрім забезпечення енергетичної безпеки держави виробництво біогазу дасть можливість опосередковано підвищити рівень екологічного стану ґрунтів за рахунок використання дигестату для підживлення. Що також забезпечить зниження витрат на дороговартісні мінеральні добрива аграрними формуваннями, що в свою чергу знизить рівень собівартості аграрної продукції.

Для прикладу, результати проведених досліджень Р. Логоші., засвідчують, що застосування біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату у нормі 55,0 т/га, у сучасних технологіях вирощування кукурудзи на зерно та овочів відкритого ґрунту є ефективним заходом отримання додаткової продукції [29, с. 179].

Використання біоорганічного добрива "Ефлюент" під час вирощування кукурудзи, моркви та буряків є економічно вигідним. Високий коефіцієнт енергетичної ефективності свідчить про оптимальне співвідношення витраченої та отриманої енергії, що дозволяє мінімізувати витрати на виробництво [30, с. 21].

Внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату сприяло підвищенню врожайності зерна кукурудзи на 3,50–6,08 т/га, збільшенню умовно чистого прибутку на 12993,0–17215,0 грн/га та рівня рентабельності на 36–47%. Найвищі показники економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно спостерігалися за умов внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату нормою 55,0 т/га. При внесенні даного фону добрив сума прибутку становила 31274,0 грн/га, собівартість 1 т зерна була на рівні 2290 т/га, а рівень рентабельності складав 118% [31, с. 46].

Проте, на нашу думку, доцільним є зменшення вартості внесення цих добрив за рахунок використання вітчизняного обладнання шляхом внесення за допомогою рідинного відкачування дигестату з відстійників.

Для прикладу дослідження Г. Панциревої свідчать, що насосно-дизельна станція А.ТОМ PUMP 290 призначена для відкачування рідкого гною чи рідкої

фракції дигестату, рідких стоків зі сховищ з подальшим внесенням на поля як органічні добрива та може подавати від 77 м³ до 454 м³ рідкого дигестату на відстань до 5 км. А в разі використання 4 таких станцій до 20 км, що підтверджено дослідженнями виробника даного обладнання (рис. 2.5) [32, с. 73].

Таблиця 2.21

Технічні характеристики насосу Cornell 4NHTB

Технічні характеристики	Показник	Одиниця виміру
Мінімальний потік	77,18	м ³ /Г
Максимальний потік	454	м ³ /Г
Діаметр на виході	101,6	мм
Діаметр всмоктувальної труби	127	мм
Тверді включення	7,62	см
Максимальна швидкість	2000	об/хв
Напір номінальний	143,3	м
Точка оптимального ККД при напорі	119,8	м
Точка оптимального ККД	422,901	м ³ /Год

Джерело: сформовано на основі [32, 33]

Використання даного чи аналогічного обладнання дасть можливість зменшити витрати на транспортування дигестату та виключити з циклу виробництва процес осушування його. Це позитивно вплине на собівартість даного добрива.

Для зменшення витрат на транспортування даним методом на нашу думку доцільним є використання дизельнасосних станцій на біодизельному паливі. Собівартість якого згідно досліджень І. Купчука становить 33 грн/кг або 28,44 грн/л [34, с. 152].

Застосування передових технологій транспортування рідкого дигестату та його інжекторного внесення дасть можливість знизити витрати на внесення, підвищити засвоєння в ґрунті за рахунок саме інжекторної технології удобрення. Використання гнучкої активної борони з зубами розпушувача, що показав переваги розпушування та змінання ґрунту порівняно зі звичайними боронами дасть можливість вдосконалити обробіток після підживлення [35, с. 1481].

Використання запропонованої технології внесення та обробітку ґрунту в комплексі дасть можливість знизити витрати біогазових заводів на виробництво,

шляхом зменшення витрат на осушування дигестату, підвищити засвоєння добрив за рахунок використання інжекторних систем внесення, а використання біодизеля значно зменшити витрати на паливно-мастильні матеріали, що дасть можливість отримати екологічний та економічний ефекти.

На нашу думку, формування методичного забезпечення стосовно методичних підходів до визначення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на підприємствах АПК України в умовах подолання енергетичної незалежності має враховувати як економічні, так і екологічні наслідки у вартісному вираженні, як для відповідного підприємства, так і для соціально-економічного розвитку держави.

Відповідно до запропонованої в п. 1.3. методики проведемо за наступною формулою обрахунок еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на основних підприємствах що займаються виробництвом біогазу за формулою:

$C. \text{ екол-екон} = (E \text{ в.е.} + E \text{ о.в.} + B \text{ р.д.} + E \text{ с.з.} + B \text{ р.} + O.д.д.) - ((B \text{ м./Т}) + B \text{ в})$ [36, с. 7].

$E \text{ в.е.}$ – близько 10% від виробленої електроенергії, а саме 18,3 млн Квт було використано для власних потреб. Враховуючи ціну на електроенергію для підприємств на рівні 6 грн/Квт год та реалізаційну ціну за зеленим тарифом 5,38 грн/Квт год на кожному кВт було заощаджено 0,62 грн (0,62*18,3 млн Квт=11,35 млн грн)

$E \text{ о.в.}$ – виходячи з того, що лише окремі підприємства (цукрові заводи) використовують біогаз економія за відкритими даними становила близько 300 млн. грн.

Певний обсяг дигестату (близько 75%) використовується в якості бартерних розрахунків з постачальниками сировини (аграрні формування) та для підживлення власних сільськогосподарських площ окремих підприємств (біогазові заводи у власності яких, є с.г. площі. Тобто близько 885 млн грн доцільно включити як економію витрат основного виробництва (виходячи з ринкової ціни 590 грн/т) ($E \text{ о.в.}$).

$B \text{ р.д.}$ – на кожний МВт потужності біогазової установки за рік утворюється

40–50 тис. т такого дигестату. Відповідно, на всіх біогазових установках України — приблизно 2 млн т на рік. На сьогодні, ринково ціна на дане добриво в середньому становить 590 грн/т проте не більше 25% реалізується безпосередньо на ринку ($500000 * 590 = 295$ млн.грн) [37].

Е е.з. – в середньому вартість утримання відстійника становила близько 5 млн грн / рік, враховуючи наявність 50 біогазових реакторів загальна економія становила 250 млн грн

Т – середній термін експлуатації відповідних реакторів складає 27 років.

В р. – вартість реалізації електроенергії з біогазу становила 5,38 грн/кВт, а загальна потужність відповідно з даними таблиці 2.20 становила 183,643 млн кВт ($183,643 * 1000 * 5,38 = 987,999$ млрд грн. з урахуванням власного використання).

В м. – виходячи з даних таблиці 2.19 середня вартість будівництва біогазових потужностей обсягом 1 МВт складає 1,86 млн. євро. Відповідно з даними таблиці 2.20, на сьогодні функціонує біогазових реакторів загальною потужністю 127,219 МВт ($127,219 * 1,86 = 236,63$ млн. євро * 42 грн = 9,938 млрд грн, що можна вважати вартістю модернізації).

В в. – оскільки біогаз практично повністю використовується для виробництва електроенергії та зважаючи на середню собівартість виробництва електроенергії з даної сировини на рівні 3,4 грн/кВт визначено що дані витрати становлять ($183,643 * 1000 * 3,4 = 624,4$ млн грн).

О д.д. – станом на 23 рік дотації не надавалися для даного виду діяльності.

Отже еколого-економічна ефективність виробництва біогазу у вартісному вираженні на підприємствах промисловості в 2023 році становила:

С. екол-екон = $(11,35 + 1185 + 295 + 250 + 988,0 + 0) - ((9938/27) + 624,4) = 2479,35 - 992,47 = 1486,88$ млн грн.

Можна констатувати що вартісне вираження еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на підприємствах АПК в 2023 році становило понад 1,49 млрд грн. Зважаючи на постійне здорожчання енергоносіїв та чисельності підприємств що займаються виробництвом біогазу даний показник

матиме тенденцію до зростання.

Слід зауважити, що дана методика шляхом спрощення може бути використана для оцінки еколого-економічної ефективності виробництва біогазу в домогосподарствах та матиме наступний вигляд

$$C. \text{ екол-екон} = (E \text{ в.е.} + E \text{ з.з.}) - ((B \text{ о./T}) + B \text{ в}).$$

$E \text{ в.е.}$ – економія витрат на енергоносіях, грн.

$E \text{ з.з.}$ – економія на засобах захисту від бурянів, грн

$B \text{ о.}$ – вартість обладнання, грн

$B \text{ в.}$ – витрати на виробництво біогазу, грн;

T – амортизаційний строк використання біогазової установки, років.

Зважаючи, що офіційних даних стосовно практичного використання біогазових реакторів домогосподарствами немає, оцінимо еколого-економічну ефективність використання біогазу середньостатистичним домогосподарством в сільській місцевості опалювальною площею 50 м^2 та загальною 80 м^2 . Виходячи з даних таблиці 2.16 потреба біогазу становитиме з жовтня по березень становитиме $1846,2 \text{ м}^3$ та з квітня по вересень $184,8 \text{ м}^3$ та в загальному становитиме $2031,0 \text{ м}^3$. В той же час природного газу необхідно на рік $1261,8 \text{ м}^3$. Слід врахувати і вартість доставки газу що складає $1,68 \text{ грн/м}^3$

Вартість відповідного обладнання ($B \text{ о.}$) з повним комплектом та об'ємом 5 м^3 становитиме близько 60 тис. грн. [38].

Виходячи з того, що виробництво біогазу використовуватиме власну сировину (відходи домогосподарств органічного походження) та буде сумісною з діяльністю домогосподарств, тому вартість виробництва не перевищуватиме 2 грн/м^3 . Слід зауважити, що дигестат, який утворюватиметься буде більш якісним органічним добривом ніж відходи домогосподарств органічного походження (гній, відходи рослинництва тощо), що матиме певний екологічний та виробничий ефекти для діяльності домогосподарств.

Отже, $E \text{ в.е.}$ становитиме $(1261,8 * 7 + 1261,8 * 1,68) - (2031 * 2) = 8832,6 + 2119,8 - 4062 = 6890,4 \text{ грн.}$

$E \text{ з.з.}$ становитиме близько $1,0 \text{ тис. грн/рік.}$

В в. – передбачається що загальні витрати з врахуванням на оплату електроенергії для механізованого видалення дигестату з реактора не перевищуватимуть 1500грн/рік.

T – біогазової установки становить близько 20 років.

Отже, еколого-економічний ефект для середньостатистичного домогосподарства складатиме $(6890,4+1000)-(60000/20+1500)=6890,4-(3000+1500)=3390,4$ грн.

Зважаючи, що загальна чисельність домогосподарств в сільській місцевості складає 4,8 млн од, відповідно з даними 2.17 з яких 95% мають власні будинки та з врахуванням, що близько 50% домогосподарств вирощують тварин – загальний еколого-економічний ефект в межах країни може становити $(2,28 \text{ млн} * 3390,4 \text{ грн})$ 7,73 млрд грн.

Зважаючи на вартість обладнання та чисельність домогосподарств $(2,28 \text{ млн} * 60000 \text{ грн})$, загальний обсяг інвестицій має скласти 136 млрд грн. Проте, первісна вартість обладнання є невідомою для більшості домогосподарств в сільській місцевості, тому для реалізації відповідного показника доцільним є розробка програм державної підтримки розвитку малої біоенергетики за рахунок компенсації вартості біогазового обладнання виробленого в Україні на рівні 40 % від вартості та погашення державою відсотків за придбане в кредит відповідне обладнання.

Отже, загальний еколого-економічний ефект від виробництва біогазу на підприємствах в 2023 році склав понад 1,49 млрд грн, а з врахуванням потенціалу домогосподарств в 7,73 млрд грн в сукупності міг би становити понад 9,22 млрд грн. На жаль, зародження практики виробництва біогазу домогосподарствами знаходиться в Україні на початкових етапах, проте за реалізації програм підтримки може стати поштовхом як для розвитку промислового виробництва біогазового обладнання, так і часткового забезпечення енергетичної та екологічної безпеки держави.

2.3. Фактори впливу на еколого-економічну ефективність виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України

Впровадження біогазових установок є універсальним рішенням, яке охоплює агрохімію, землеробство, енергетику та сприяє енергонезалежності як окремих домогосподарств, так і цілих регіонів.

Як зазначає Г. Калетнік, впровадження біогазових установок, що працюють на відходах рослинництва та тваринництва, є актуальним і економічно доцільним. [32, с. 12].

Як зазначає Н. Пришляк, окрім досягнення домогосподарствами очевидного еколого-економічного ефекту, при використанні індивідуальних біогазових установок необхідно враховувати соціальний ефект, який полягає у поліпшенні здоров'я та добробуту населення [39, с. 56].

Як зазначає І. Білокінна, практика встановлення індивідуальних біогазових установок є корисною для вітчизняних домогосподарств, оскільки вона сприяє вирішенню двох проблем одночасно: утилізації органічних відходів та забезпеченню альтернативним джерелом енергії [40].

Біогазові установки для домашніх господарств – це перспективна технологія, яка дозволяє вирішити низку актуальних проблем, пов'язаних з енергетикою, екологією та сільським господарством. Впровадження таких установок сприяє створенню більш стійких та екологічно чистих систем енергопостачання, а також сприяє раціональному використанню природних ресурсів.

На еколого-економічну ефективність виробництва біогазу впливають численні фактори, які можна поділити на дві групи, а саме які можна класифікувати на зовнішнього та внутрішнього типу (табл. 2.22).

Для успішної реалізації біогазових проектів необхідно забезпечити оптимальне поєднання технологічних рішень, економічної доцільності та сприятливих зовнішніх умов.

Біогазове виробництво має значний потенціал для розвитку в Україні, оскільки дозволяє вирішувати ряд актуальних проблем, таких як утилізація

органічних відходів, зменшення залежності від імпортованих енергоносіїв та покращення екологічної ситуації. Однак, для реалізації цього потенціалу необхідно створити сприятливі умови для розвитку біогазового сектора шляхом впровадження відповідних політичних рішень та залучення інвестицій.

Таблиця 2.22

Фактори впливу на еколого-економічну ефективність виробництва біогазу

1. Внутрішні фактори	2. Зовнішні фактори
1. Тип субстрату: різні субстрати (наприклад, гній, харчові відходи, енергетичні культури) мають різну енергетичну цінність, вміст метану та потенціал біогазоутворення. Вибір субстрату значно впливає на економічну та екологічну ефективність біогазового виробництва.	1. Державна підтримка: наявність державних програм підтримки, таких як субсидії, податкові пільги, гарантії та інші стимули, може значно стимулювати розвиток біогазового виробництва.
2. Технологія виробництва: застосування сучасних та ефективних технологій біогазового виробництва може значно збільшити вихід біогазу та зменшити витрати.	2. Ціни на енергоносії: високі ціни на енергоносії роблять біогаз більш конкурентоспроможним видом палива, що може стимулювати його виробництво.
3. Розмір біогазової установки: біогазові установки більшого розміру, як правило, мають кращу економічну ефективність, але потребують більших інвестицій.	3. Попит на біогаз: наявність ринку для біогазу, такого як теплові електростанції, транспортний сектор або виробництво біометану, є ключовим фактором для економічної життєздатності біогазового виробництва.
4. Якість управління: ефективне управління біогазовою установкою може значно вплинути на її продуктивність та екологічну безпеку.	4. Екологічні норми: суворі екологічні норми можуть стимулювати використання біогазу як екологічно чистого та стійкого джерела енергії.
	5. Соціальна прийнятність: підтримка з боку місцевих громад є важливим фактором для розвитку біогазового виробництва, оскільки деякі люди можуть мати занепокоєння щодо запахів, шуму та інших потенційних проблем, пов'язаних з біогазовими установками.

Джерело: [41, с. 49]

Виробництво біогазу може мати значний еколого-економічний ефект для України, якщо воно буде розвиватися стійко та ефективно.

Доцільно виокремити фактори впливу на еколого-економічну ефективність виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України: вплив типу

субстрату, вплив технології виробництва, вплив розміру біогазової установки, вплив якості управління, вплив державної підтримки, вплив цін на енергоносії, вплив попиту на біогаз [41, с. 48].

Вибір сировини для виробництва біогазу безпосередньо впливає на кінцевий продукт. Так, гній має високий потенціал біогазоутворення, але може містити домішки, які ускладнюють процес ферментації. Харчові відходи, хоча й доступні, часто потребують додаткової обробки для підвищення ефективності. Вибір енергетичних культур дозволяє оптимізувати виробництво біогазу під конкретні потреби, але вимагає значних інвестицій у вирощування.

Сучасні технології, такі як використання мезофільних або термофільних ферментаторів, а також системи очистки біогазу, дозволяють підвищити ефективність виробництва та якість кінцевого продукту. Вибір технології безпосередньо впливає на капітальні витрати, експлуатаційні витрати та екологічні наслідки.

Більші біогазові установки, як правило, є економічно ефективнішими завдяки ефекту масштабу. Однак, вони вимагають значних початкових інвестицій. Розмір установки також впливає на вибір технології та тип субстрату.

Ефективне управління біогазовою установкою передбачає постійний моніторинг параметрів процесу, своєчасне обслуговування обладнання та підготовлений персонал. Це дозволяє оптимізувати виробництво біогазу, зменшити ризики аварій та підвищити довговічність обладнання.

Державні програми, такі як субсидії, податкові пільги та гарантії, створюють сприятливі умови для інвестування в біогазові проекти. Це дозволяє знизити ризики для інвесторів та стимулювати розвиток галузі.

Високі ціни на традиційні енергоносії роблять біогаз більш конкурентоспроможним. Наявність стабільного попиту на біогаз, наприклад, для виробництва електроенергії або тепла, забезпечує довгострокову перспективу для біогазових проектів.

Розвиток біогазового виробництва є комплексним процесом, який залежить від взаємодії багатьох факторів. Оптимізація кожного з цих факторів дозволяє

підвищити економічну ефективність, екологічну безпеку та соціальну значимість біогазових проектів.

Важливо враховувати всі ці фактори при оцінці еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України. Збалансований підхід та методика запропонована в п 1.3. відповідної оцінки, яка враховує екологічні, економічні аспекти, може допомогти підприємствам та домогосподарствам оцінити еколого-економічну ефективність виробництва біогазу, що дасть можливість розвивати стійке та ефективне біогазове виробництво, яке може принести значну користь для довкілля та економіки країни.

Слід доповнити дослідження проведенні в пункті 2.2. констатувавши, що одним з факторів впливу на розвиток виробництва біогазу може стати відродження тваринництва в фермерських господарствах, оскільки на сьогодні низькі ціни на зернові, зумовлюють фермерів вдаватися до більш глибокої переробки цієї продукції, в тому числі, за рахунок розвитку тваринництва.

Виробництва біогазу з відходів відповідних виробництв дасть можливість здійснювати обігрів відповідних приміщень та виробляти електроенергію для власних потреб та для реалізації за зеленим тарифом.

На сьогодні, представлені вітчизняні розробки для виробництва біогазу в фермерських формуваннях малої енергетичної потужності (табл. 2.23).

Таблиця 2.23

Моделі біогазових установок виробництва ТОВ «Екотенк»

Модель	БГУ-20	БГУ-30	БГУ-50	БГУ-100
Об'єм біореактора, м ³	20	30	50	100
Доброве завантаження свіжого гною, вологістю 75%, кг	308	462	770	1540
Доброве завантаження рідкого гною, вологістю 94%, кг	966	1449	2415	4830
Добовий вихід біогазу / еквівалент природного газу, м ³	18,62/ 12	27,93/18	46,55 / 30	93,1 / 60
Річний вихід біодобрив з вологістю 95% / еквівалент нітроаммофоски, тонн	350 / 1,12	511 /1,68	876 / 2,8	1700 / 5,6
Площа удобрення, га	3,2	4,8	8	16
Розмір виробництва, м	5x20	10x15	10x30	15x40

Джерело: сформовано автором на основі [42]

Проте, більш досконалим, на нашу думку, є аналог розроблений в рамках наукової діяльності Вінницького національного аграрного університету, в основу якого, закладена технологія удосконалення біогазового реактора з повітряним підігрівом шляхом підвищення ефективності, підтримання температури прогрівання субстрату для виділення біогазу. Даний реактор є прогресивнішим за аналогі оскільки має конструкцію яка забезпечує підігрів субстрату із одночасним його перемішуванням [43, с. 1].

Загалом погоджуємося з думкою І. Фурман, що переваги виробництва біопалив фермерами є наступними:

- додатковий дохід за рахунок виробництва та продажу біопалив;
- біопаливо є більш екологічно чистим альтернативою викопному паливу;
- використання біопалив може допомогти фермерам зменшити свою залежність від викопного палива;
- утилізація відходів;
- створення робочих місць [44].

Отже, виробництво біопалива – це багатогранна ініціатива, яка приносить користь як окремим фермерам, так і суспільству в цілому. Воно не лише забезпечує додатковий дохід та підвищує енергетичну незалежність, але й сприяє збереженню довкілля та розвитку сільських територій. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як біомаса, є ключовим кроком до створення більш стійкого та екологічно чистого майбутнього.

В свою чергу, стимулюючими факторами для розвитку біогазового виробництва є законодавство яке передбачає дотримання певних екологічних норм та стандартів для виробництва біогазу.

Слід зазначити, що в Україні діє ряд екологічних норм та стандартів, які стосуються виробництва біогазу. Основними з них є:

1. Законодавство з охорони навколишнього середовища: Україна має цілий ряд законів та нормативно-правових актів, що регулюють виробництво та використання різних джерел енергії, включаючи біогаз. Ці закони передбачають

встановлення стандартів щодо викидів та екологічної безпеки.

2. Стандарти з якості повітря та викидів: існують стандарти, які встановлюють допустимі рівні викидів забруднюючих речовин у повітря, що можуть бути відповідними для виробництва біогазу та його використання в енергетиці.

3. Норми утилізації відходів: законодавство містить норми щодо утилізації органічних відходів, зокрема гною тварин та рослинної біомаси, що використовуються для виробництва біогазу.

4. Екологічні вимоги до технологій: деякі законодавчі акти можуть встановлювати вимоги щодо використання конкретних технологій та обладнання для зменшення негативного впливу виробництва біогазу на навколишнє середовище.

5. Екологічна оцінка проектів: проведення екологічної оцінки може бути вимогою для виробництва біогазу на підприємствах. Це допомагає зрозуміти можливий вплив проекту на природне середовище та розробити заходи для його зменшення.

Ці екологічні норми та стандарти спрямовані на забезпечення ефективного виробництва біогазу з мінімальним негативним впливом на навколишнє середовище.

Слід зазначити, що останнім часом зроблено низку кроків для розвитку виробництва альтернативних видів палива в Україні:

21 жовтня 2021 р. ухвалено Закон України № 1820-IX «Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку виробництва біометану», яким встановлено законодавчі основи розвитку ринку біометану в Україні та його експорту, завдяки використанню реєстру біометану [45].

Постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку функціонування реєстру біометану» від 22 липня 2022 р. № 823 затверджено Порядок, що визначає вимоги щодо функціонування реєстру біометану та доручено Державному агентству з енергоефективності та енергозбереження забезпечити його створення та функціонування [46].

Набрав чинності Закон України від 31 травня 2022 р. № 2284-IX «Про внесення змін до Податкового кодексу України та інших законів України щодо стимулювання виробництва спирту етилового денатурованого», законом передбачено спрощення ліцензійних вимог на період дії воєнного стану. Зокрема, суб'єкти господарювання, які мають ліцензію на виробництво спирту етилового неденатурованого, можуть здійснювати виробництво спирту етилового денатурованого та/або біоетанолу на підставі наявної ліцензії. [47].

Закон України від 20 червня 2022 р. № 2320-IX «Про управління відходами» (набрав чинності 09 липня 2023 р.) сприяє налагодженню виробництва біомаси на основі органічних побутових відходів завдяки впровадженню системи роздільного збирання та рециклінгу [48].

Як зазначає Я. Паламаренко основним є розробка стратегії виробництва біопалива з агробіомаси в напрямі формування ефективних заходів на довгострокову перспективу, які допоможуть сільськогосподарським підприємствам і господарствам населення не тільки отримати додаткові фінансові ресурси від виробництва, реалізації та використання біопалива, а також для забезпечення енергетичної автономії через їх використання енергії [49, с. 175].

В той же час, підтвердженням необхідності розвитку даних виробництва є дослідження І. Білокінної, яка вказує на переваги біометану як повного аналога природного газу в Україні є наступними: біометан абсолютно готовий для закачування в газову мережу вже сьогодні, не потрібні інвестиції у модернізацію газових мереж, система яких в нашій державі гарно розвинена, і газового обладнання; Україна може запропонувати найдешевшу сировину для виробництва біометану; біометанові заводи, окрім біометану, генерують дигестат, який може стати основним органічним добривом необхідним для відродження українських ґрунтів; на сьогодні це найдешевший із можливих відновлюваних газів; ЄС прийняли амбітні плани з виробництва біометану (REPowerEU) 35 млрд м³ /рік в 2030 р.; Україна потенційно може забезпечити до 30% цієї потреби [50, с. 81].

Інтенсифікація виробництва та використання біопалива сільськогосподарськими підприємствами є важливою з точки зору забезпечення

енергетичної безпеки, зменшення залежності від імпорتنих енергоносіїв, створення додаткових джерел доходу для фермерів, зменшення викидів шкідливих речовин та сприяння охороні навколишнього середовища [51, с. 201]

Ширше використання біоенергетики в агросекторі та переробній промисловості сприятиме переходу до більш чистої та сталого енергетичного балансу країни, зменшивши залежність від традиційних, забруднюючих довілля видів палива.

Виходячи з вище наведених факторів можна констатувати що одним з основних є фактор відповідного ресурсу (сировини з якої виробляється біогаз) адже вихід біогазу безпосередньо залежить від субстрату. Зважаючи на дані таблиці 2.24, можна констатувати, що найбільш доцільним для великих біогазових станцій обирати суміш субстратів курячого посліду та силосу кукурудзи чи поживних решток.

Таблиця 2.24

Вихід біогазу з різних видів субстратів

Найменування сировини	Свіжа маса без вмісту води, %	Вихід біогазу, м ³ /т	Вміст СН ₄ , %
Буряковий жом (після зберігання)	10-17	53-90	54-55
Буряковий жом (пресований)	18-22	95-115	54-55
Буряковий жом (свіжий)	6-9	34-50	54-55
Гній ВРХ (змивна система)	5-6	15-18	55-58
Гній ВРХ (підстилковий)	14-17	42-50	55-58
Курячий послід (безпідстилковий)	25	90-100	58-60
Курячий послід (підстилковий)	60	150-160	58-60
Меляса (з цукрових заводів)	76-80	390-400	54-55
Гноївка свиней	4-5	13-17	57-60
Пивна дробина	22-24	103-115	55-59
Післяспиртова барда (зерно кукурудзи)	6-11	46-52	54-56
Післяспиртова барда (мелясна)	11-12	42-45	54-56
Післяспиртова барда (пшенична)	6-11	42-49	54-56
Силос кукурудзи	33	180-200	52-54

Джерело: сформовано автором на основі [52]

Адже даний вид субстрату забезпечить максимальний вихід біогазу. Для малих біогазових проектів на базі фермерських домогосподарств чи домогосподарств, зважаючи на розповсюдженість, більш оптимальним буде

обрання субстрату у вигляді підстилкового гною та поживних решток, що є в відходах основних виробництв даних формувань.

Виробництво біогазу на базі спиртових заводів з використанням лише після спиртової барди не зможе забезпечити значні обсяги виробництва, тому доцільно додавати в реактори інші відходи, у вигляді меляси та післяжнивних решток за можливості силосу кукурудзи.

Слід зауважити, що в умовах часткового знищення електрогенерації в Україні через агресію РФ державою запроваджуються державні програми підтримки заходів направлених на забезпечення енергонезалежності підприємств та домогосподарств (табл. 2.25).

Таблиця 2.25

Напрями державної підтримки громадян та бізнесу для забезпечення енергонезалежності

Вид підтримки	Опис обладнання	Обсяг підтримки/кредитування
Безвідсоткові кредити для громадян	Сонячні панелі та вітрові установки з системами накопичення	Сума до 480 тис. грн/ ставка 0% з терміном до 10 років
Гранти ОСББ за програмою «ГрінДІМ»	Сонячні панелі, теплові насоси	На сонячні панелі до 1 млн грн На теплові насоси до 2 млн грн Фонд енергоефективності компенсує 70% вартості проекту
Пільгові кредити «5-7-9» для МСБ	Енергетичне обладнання в тому числі газову генерацію	Сума до 150 млн грн. Ставка кредитування 7% із терміном до 10 років
Пільгові кредити від Фонду декорбанізації для підприємств та громад	Сонячні станції, теплові насоси, когенераційні установки	Сума до 25 млн грн / ставка кредитування до 9%
Пільгові кредити великому бізнесу	На розбудову альтернативної генерації, відновлення енергетичної інфраструктури	Сума до 25 млн євро / ставка 13,5% в гривні (або UIRD3M + 0,5% на перший рік фінансування, а далі – не більше UIRD12M + 3%)
Звільнення енергообладнання від ввізного мита та ПДВ	Звільнення від оподаткування для громадян та бізнесу до 01.01. 2026 року	Нульова ставка ПДВ та ввізного мита

Джерело: систематизовано на основі даних [53]

Варто відзначити, що на сьогодні відсутні програми підтримки розвитку малих біогазових виробництв на базі домогосподарств. Проте, присутні пропозиції

з пільгового кредитування для створення когенераційних установок та безпосередньо біогазової генерації для середнього та великого бізнесу. На наш погляд, доцільним є вдосконалення даних програм з орієнтацією на надання пільгових кредитів для домогосподарств що планують встановлення малих біогазових реакторів для власних потреб. Слід зауважити, що для промислового виробництва біогазу важливим фактором є відповідна сертифікація відповідно до нормативно-правової бази.

Оптимальним є сертифікація біогазового заводу за стандартом ISCC EU (ISCC EU – міжнародна сертифікація сталого розвитку та викидів парникових газів) – це процес, який підтверджує його відповідність екологічним, соціальним та етичним стандартам. Це гарантує, що завод виробляє біогаз стійким та відповідальним способом. Міжнародна система сертифікації ISCC встановлює чіткі критерії для виробництва та використання біопалива, гарантуючи його екологічну чистоту та відповідність європейському законодавству. Цей стандарт сприяє розвитку сталого сільського господарства та лісового господарства, а також забезпечує споживачів достовірною інформацією про походження та якість біопалива.

Основні етапами відповідної сертифікації є:

1. Оцінка джерел сировини: аналізується походження сировини, використовуваної для виробництва біогазу. Це може включати енергетичні культури, сільськогосподарські відходи та інші органічні матеріали. Важливо, щоб джерела сировини були стійкими та не шкодили довкіллю.

2. Оцінка процесу виробництва: вивчаються технології, використовувані на заводі, оцінюються викиди парникових газів, ведеться контроль відходів та енергоефективність. Завод повинен використовувати передові технології, мінімізувати викиди та економно використовувати енергоресурси.

3. Врахування соціальних аспектів: необхідно перевіряти умови праці на заводі, дотримання норм безпеки, вплив на місцеву громаду. Завод повинен забезпечувати гідні умови праці, безпечне середовище та позитивно впливати на місцеву громаду.

4. Визначення вуглецевого відбитку: розраховується вплив виробництва біогазу на зміну клімату. Важливо, щоб вуглецевий відбиток був якомога меншим.

5. Система трасованості та документації: необхідне впровадження системи, яка дозволяє відстежувати походження сировини та інші аспекти виробництва. Це гарантує прозорість та підтверджує етичність виробництва.

6. Управління якістю та стандартами безпеки: доцільно запроваджувати систему управління якістю та стандарти безпеки. Це гарантує, що біогаз відповідає всім вимогам якості та безпеки.

7. Аудит та перевірка: регулярні аудити та перевірки для підтвердження відповідності заводу сертифікаційним стандартам [54].

При впровадженні ISCC на біогазових заводах, рекомендується звертатися до організацій, яка видають сертифікати, а також вивчати конкретні умови та можливості взаємодії з іншими стандартами розміщення промислових підприємств.

Отже, при розробці проєктів з реалізації біогазових виробництв необхідно врахування комплексу факторів: виробничого характеру – виду субстратів, розміру реакторів, технології виробництва біогазу, організаційного – сертифікація, управління якістю та персоналом та нормативного – аналіз законодавства та програм державного стимулювання в залежності від того на базі домогосподарств чи підприємств планується виробництво біогазу, ринкового – аналіз цін на природний газ, цінову ситуацію на світовому ринку біометану, можливість реалізації промисловим підприємствам орієнтованих на експорт та відмову від сплати вуглецевого податку, екологічного – аналіз впливу від виробництва біогазу порівняно з використанням викопних джерел енергії на навколишнє середовища та екологічний стан територіальних громад.

Висновки до розділу 2

1. Визначено, що загальний потенціал виробництва біометану в Україні зосереджений в пожнивних рештках та силосуванні кукурудзи та на сьогодні, з

врахуванням потенціалу рослинництва, складає 21,8 млрд м³. Обрахований сировинний потенціал тваринництва домогосподарств, в перерахунку на біогаз, можна оцінити в розмірі 4,2 млрд м³ біометану. В тому числі, сировинний потенціал переробної промисловості АПК складається в основному з меляси, бурякового жому та спиртової барди та в перерахунку на біометан складає 0,65 млрд м³.

2. Проведенні розрахунки свідчать, що вартісне вираження еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на підприємствах АПК в 2023 році становило понад 1,49 млрд грн. Зважаючи на постійне здорожчання енергоносіїв та чисельності підприємств, що займаються виробництвом біогазу даний показник матиме тенденцію до зростання.

Визначено, що в Україні функціонує 4,8 млн домогосподарств у сільській місцевості володіють будинками, з яких 95% можуть використовувати біогазові установки. Понад 50% цих домогосподарств (2,28 млн од.) займаються тваринництвом, що робить їх потенційними виробниками біогазу.

Загальний еколого-економічний ефект від впровадження біогазових установок в цих домогосподарствах може сягнути 7,73 млрд грн щорічно. Інвестиції в біогазове обладнання для цих домогосподарств складуть 136 млрд грн. Для стимулювання розвитку біогазових технологій в селі держава може пропонувати 40% компенсації вартості біогазового обладнання, виробленого в Україні. Також, за допомогою державних програм доцільно погашати відсотки за кредитами, взятими на придбання такого обладнання.

Розвиток біогазових технологій в селі стимулюватиме виробництво вітчизняного біогазового обладнання, це також сприятиме енергетичній та екологічній безпеці держави.

Використання біогазових установок в домогосподарствах України, поки що на початковому етапі. Проте за розвитку програм державної підтримки воно може стати важливим фактором розвитку сільської місцевості та енергетики країни.

3. Ефективність виробництва біогазу залежить від комплексу факторів, які можна умовно поділити на дві групи:

1. Зовнішні фактори:

Законодавство: нормативні акти та державні програми стимулювання можуть суттєво впливати на рентабельність біогазових проектів.

Ціни на енергоносії: вартість біогазу порівняно з іншими джерелами енергії значно впливає на його конкурентоспроможність.

Попит на біогаз: наявність ринків збуту біогазу є ключовим фактором для успішності проекту.

Соціальні та екологічні аспекти: громадська думка щодо біогазових проектів, а також екологічні вимоги та обмеження можуть впливати на їх реалізацію.

2. Внутрішні фактори:

Вид субстрату: різні типи субстратів (енергетичні культури, відходи сільського господарства, мулові осади) мають різну продуктивність біогазу та вартість.

Розмір реакторів: масштаб виробництва впливає на інвестиційні витрати та собівартість біогазу.

Технологія виробництва: вибір технології (мезофільна, термофільна, одноступенева, двоступенева) значно впливає на ефективність процесу та якість біогазу.

Організаційні аспекти: сертифікація, система управління якістю, кваліфікація персоналу – все це впливає на економну та екологічно безпечну роботу біогазового комплексу.

Важливо враховувати всі ці фактори при розробці та реалізації біогазових проектів. Комплексний підхід до аналізу та планування дозволить збудувати екологічно чисте та економічно вигідне виробництво біогазу на базі підприємств та домогосподарств.

Матеріали розділу опубліковано у працях автора зі списку джерел: [6, 15, 36, 41]

D0%B2%D0%B8%D0%BC%D0%B8%20%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D0%BC%D0%B8%20%D0%B7%D0%B0%202022%20%D1%80%D1%96%D0%BA%20(1).docx (дата звернення: 23.02.2024)

8. Закон України «Про управління відходами» від 31.03.2023, підстава - 2849-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 23.02.2024).

9. Постанова Кабінету Міністрів України від 7 липня 2023 року № 695 затвердила «Порядок здійснення контролю за виконанням інвестиційних програм у сфері управління побутовими відходами». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/695-2023-%D0%BF#Text> (дата звернення: 23.02.2024).

10. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>. (дата звернення: 23.02.2024)

11. Тимощук О. М., Дударєв І. М. Огляд використання відходів переробних виробництв у сільському господарстві. *Сільськогосподарські машини*. 2020. № 45. С. 103-110.

12. Пришляк Н. В., Токарчук Д. М., Паламаренко Я. В. Рекомендації з вибору оптимальної сировини для виробництва біогазу на основі експериментальних даних щодо енергетичної цінності відходів. *Інвестиції: практика та досвід*. 2020. № 24. С. 58–66. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2020.24.58>

13. Юрчук Н. П. Моделювання оцінки конкурентоспроможності застосування біогазових установок в системі енергозабезпечення сільських територій. *Ефективна економіка*. 2018. № 11. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6671>. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2018.11.68>

14. Калетнік Г. М. Перспективи підвищення енергетичної автономії підприємств АПК в рамках виконання енергетичної стратегії України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 4. 104. С. 90-98. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4\(104\)-10](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4(104)-10).

15. Лутковська С. М., Зеленчук Н. В. Оцінка потенціалу виробництва біогазу особистими селянськими господарствами. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2023. № 25. С. 15-20. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.25.2023.278409>
16. 6 екологічних ефектів реалізації біогазових проєктів. URL: <https://ecolog-ua.com/news/6-ekologichnyh-efektiv-realizaciyi-biogazovyh-proyektiv> (дата звернення: 21.02.2024)
17. Федуняк І. О. Ефективність виробництва біогазу в Україні. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка»*. 2014. Випуск 26. С. 45–49.
18. Калетнік Г. М., Гончарук І. В. Економічні розрахунки потенціалу виробництва відновлювальної біоенергії у формуванні енергетичної незалежності агропромислового комплексу. *Міжнародний Журнал Економіка АПК*. 2020. № 9. С. 6-16. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202009006.3>
19. Який потенціал вітчизняної галузі птахівництва у виробництві біогазу. URL: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/yakuj-potenczial-vitchyznyanoyi-galuzi-ptahivnyctva-u-vyrobnyctvi-biogazu/> (дата звернення: 21.02.2024).
20. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>. (дата звернення: 30.03.2024).
21. Біогаз з гною та рідкої гноївки ВРХ, свиней, коней – AgroBiogas. URL: <https://agrobiogas.com.ua/biogas-from-manure-and-liquid-slurry-of-cattle-pigshorses/> (дата звернення: 30.03.2024).
22. Паламаренко Я.В., Чіков І.А. Дослідження перспектив використання агробіомаси в напрямку забезпечення екологічної та енергетичної незалежності підприємств АПК. *Бізнес Інформ*. 2023. № 5. С. 98-112. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-5-98-112>
23. Гончарук І. В., Гонтарук Я. В., Ємчик Т. В., Голембівський С. О. Оцінка потенціалу агробіомаси АПК України для виробництва біопалив. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2023. № 4 (66). С. 34-

46 DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2023-4-3>

24. Сайт Біоенергетичної асоціації України URL: <https://uabio.org/> (дата звернення: 30.04.2024).

25. Вовк В. Ю. Еколого-економічна ефективність виробництва біогазу з сільськогосподарських відходів. *Економічний простір*. № 181. С. 177-182. DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/181-31>

26. Калетнік Г. М., Здирко Н. Г., Фабіянська В. Ю. Біогаз в домогосподарствах – запорука енергонезалежності сільських територій України. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2018. № 8. С. 7-22.

27. Інвестиції в альтернативну енергетику: як в Україні заробляють на біогазі. URL: <https://getmarket.com.ua/ua/news/investiciyi-v-al-ternativnu-energetiku-yak-v-ukrayini-zaroblyayut-na-biogazi> (дата звернення: 30.04.2024).

28. Hontaruk Ya., Furman I., Bondarenko V., Riabchuk A., Nepochatenko O. Production of biogas and digestate at sugar factories as a way of ensuring the energy and food security of Ukraine. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2024. Volume 27. Issue 2. P. 195-210. DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/185210>

29. Lohosha R., Palamarchuk V., Krychkovskiy V. Economic efficiency of using digestate from biogas plants in Ukraine when growing agricultural crops as a way of achieving the goals of the European Green Deal. *Polityka Energetyczna*. 2023. Vol. 26. Issue 2. P. 161-182. DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/163434>

30. Lohosha R., Palamarchuk V., Krychkovskiy V., Belkin I. An advanced European overview of the bioenergy efficiency of using digestate from biogas plants when growing agricultural crops. *Polityka Energetyczna*. 2024. Volume 27. Issue 1. P. 5–26 DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/170758>

31. Логоша Р.В., Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю. Економічна та біоенергетична ефективність використання дигестату біогазових станцій при вирощуванні сільськогосподарських та овочевих культур в умовах євроінтеграції України. *Бізнес Інформ*. 2022. № 9. С. 40–52. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-9-40-52>

32. Honcharuk Inna, Gontaruk Yaroslav, Hanna Pantsyreva. Economic aspects of using the potential of bioenergy crops for biogas production and advanced technologies for digestate application. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2024. Vol. 10. No. 2. P. 68-77. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-2-68-77>

33. Насосна станція - А.ТОМ PUMP 290. URL: <https://atom-attachments.com/uk/product/nasosno-dizelnaya-stanciya-a-tom-pump-290-1000309> (дата звернення 14.06.2024).

34. Телекало Н.В., Купчук І.М., Гонтарук Я.В. Ефективність вирощування та переробки озимого ріпаку на біодизель. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 149-154 DOI:<https://doi.org/10.32848/agrар.innov.2022.13.23>

35. Bulgakov V., Kaletnik H., Goncharuk I., Ivanovs S., Usenko M. Results of experimental investigations of a flexible active harrow with loosening teeth. *Agronomy Research*. 2019. Volume 17. Issue 5. P. 1839–1845. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.19.185>

36. Зеленчук Н. В. Методичні підходи до визначення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на переробних підприємствах АПК України. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2023. № 27. С. 5-8. DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.27.2023.297212>

37. Як у біогазових установках добриво виробляють. URL: <https://propozitsiya.com/ua/yak-u-biogazovyh-ustanovkah-dobryvo-vyroblyayut> (дата звернення 14.06.2024).

38. Біогазові установки. URL: <https://xn--80aehnnyaikv.com.ua/ua/g6415921-biogazovye-ustanovki> (дата звернення 14.06.2024).

39. Пришляк Н. В. Оцінка ефективності використання індивідуальних біогазових установок для переробки біовідходів селянських господарств. *Економіка АПК*. 2021. № 3. С. 50-60. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202103050>

40. Пришляк Н.В., Білокінна І.Д. Нові знання щодо ефективності використання індивідуальних біогазових установок для переробки відходів

домогосподарств. *Економіка та суспільство*. 2024. Випуск 54. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-54-43>

41. Зеленчук Н. В. Фактори впливу на еколого-економічну ефективність виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2024. Випуск 3 (12). С. 47-51. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.12-8>

42. Сайт ТОВ «Екотенк». URL: <https://ekotenk.com.ua/products/prod4/> (дата звернення 17.06.2024 р.)

43. Гончарук І. В., Токарчук О. А., Токарчук Д. М., Пришляк Н. В. Біогазовий реактор з повітряним підігрівом. Пат. № 146896 Ua, МПК 146895 C02F 11/04 u 2020 06001; заяв. 21.09.2021, опубл. 31.03.2021, Бюл. № 13. 5 с.

44. Фурман І.В., Дмитрик В.О. Державне регулювання розвитку фермерських господарств в умовах воєнного стану. *Економіка та суспільство*. 2024. Випуск 63. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-25>

45. Закон України № 1820-IX «Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку виробництва біометану» від 21 жовтня 2021 р. № 1820-IX URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1820-20#Text> (дата звернення 18.06.2024 р.)

46. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку функціонування реєстру біометану» від 22 липня 2022 р. № 823. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/823-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення 18.06.2024 р.)

47. Закон України «Про внесення змін до Податкового кодексу України та інших законів України щодо стимулювання виробництва спирту етилового денатурованого» від 31.05.2022 р. № 2284-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2284-20#Text> (дата звернення 18.06.2024 р.)

48. Закон України «Про управління відходами» від 20 червня 2022 р. № 2320-IX URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення 18.06.2024 р.).

49. Pryshliak N., Pronko L., Mazur K., Palamarenko Y. The development of the

state strategy for biofuel production from agrobiomass in Ukraine. *Polityka Energetyczna*. 2022. Vol. 25 (2). P. 163–178. DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/150091>

50. Білокінна І.Д. Зелена економіка як вимога часу та основа успішного післявоєнного відновлення країни. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Економічні науки*. 2023. № 2. С. 79-87. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2023-316-2-12>.

51. Okhota Yu., Chikov I., Bilokinna I. Conceptual polycomponent model of the innovative mechanism for increasing the competitiveness of agro-industrial complex enterprises. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2024. № 10 (2). P. 196-210 DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-2-196-210>

52. Вихід біогазу з 1 тонни субстрату. URL: <https://ac-group.in.ua/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA/%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D1%86%D1%8F-%D0%B2%D0%B8%D1%85%D0%BE%D0%B4%D1%83-%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%B7%D1%83-%D0%B7-1-%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B8-%D1%81%D1%83%D0%B1%D1%81%D1%82%D1%80/> (дата звернення: 23.06.2024)

53. Сайт Міністерства енергетики України. URL: <https://mev.gov.ua/> (дата звернення: 23.06.2024)

54. Переваги сертифікованого виробництва біогазу або біометану за стандартом ISCC. URL: https://certification.ua/advantages_of_certified_biogas_production_according_to_the_iscc_standard (дата звернення: 23.06.2024)

РОЗДІЛ 3.

ОСНОВНІ НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ТА В ДОМОГОСПОДАРСТВАХ УКРАЇНИ

3.1. Значення виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах для забезпечення екологічної, продовольчої та енергетичної безпеки держави

Виробництво біогазу в сучасних умовах може стати важливим елементом енергетичної безпеки держави, але, при цьому, необхідно враховувати його потенційний вплив на продовольчу та екологічну безпеку. Для досягнення балансу між цими аспектами необхідно розробляти та впроваджувати комплексні заходи, які враховуватимуть як економічні, так і екологічні та продовольчі фактори.

В. Вовк визначено 5 основних екологічних ефектів від впровадження біогазових комплексів у сільськогосподарських підприємствах:

- 1) використання відходів рослинництва та тваринництва як вторинної сировини для забезпечення енергетична автономія;
- 2) вирішення проблеми зберігання та транспортування сировини;
- 3) скорочення використання викопного палива, ресурсозбереження та впровадження альтернативних джерел енергії;
- 4) використання дигестату як органічного добрива для підвищення родючості ґрунту;
- 5) зменшення викидів парникових газів [1, с. 83].

Окрім того, на думку Р. Логоші, для розвитку вітчизняної біопаливної галузі необхідна виважена політика протекціонізму даної галузі [2, с. 8].

Незважаючи на наявність державної підтримки для великих біогазових проектів, малі фермерські господарства, які бажають встановити біогазові реактори для власних потреб, не мають доступу до пільгового кредитування. Для стимулювання розвитку децентралізованої енергетики необхідно розширити дію

існуючих програм підтримки, адаптувавши їх до потреб малих виробництв. Паралельно з цим, важливо створити чітку та просту процедуру сертифікації для промислових біогазових установок, що забезпечить їхню безпеку та сприятиме розвитку ринку біогазу.

Впровадження малих біогазових установок сприятиме зменшенню викидів парникових газів та поліпшенню екологічної ситуації в сільській місцевості. Розвиток біогазової енергетики допоможе зменшити залежність від імпортних енергоносіїв та підвищити енергетичну безпеку країни. В той же час, використання біогазу в сільському господарстві дозволить підвищити ефективність виробництва та зменшити витрати на енергоносії.

На нашу думку, необхідним є подальший розвиток наукових досліджень в даній сфері з орієнтацією на розвиток малої біоенергетики та реструктуризацію переробних підприємств АПК з орієнтацією на виробництво альтернативних джерел енергії.

Резюмуючи наявні дослідження можна констатувати, що виробництво та використання біогазу домогосподарствами та підприємствами має значний вплив на забезпечення екологічної, продовольчої та енергетичної безпеки держави (табл. 3.1).

На нашу думку, виробництво біогазу – це потужний інструмент для забезпечення як енергетичної, так і продовольчої безпеки України в сучасних умовах. Виробництво біогазу створює синергію між енергетикою та сільським господарством.

Сільськогосподарські відходи на сьогодні стають цінним ресурсом для виробництва енергії, а органічні добрива, отримані в результаті цього процесу, повертаються на поля, підвищуючи їхню родючість.

До переваг виробництва біогазу на підприємствах та домогосподарствах доцільно віднести:

- зменшення залежності від викопних видів палива за рахунок використання біогазу, що зменшує споживання природного газу, нафти та вугілля та сприяє енергетичній незалежності країни;

Основні фактори впливу виробництва біогазу на підприємствах на безпеку держави

Фактор	Ефект
Вплив на екологічну безпеку	
Зменшення викидів парникових газів	Зменшення парникового ефекту та можливість реалізації квот відповідно Кіотського протоколу
Утилізація органічних відходів	Зменшення витрат територіальних громад на утилізацію органічних фракцій побутових відходів Зменшення забруднення навколишнього середовища органічними фракціями відходів переробних підприємств АПК
Отримання органічних добрив	Зменшення забруднення водних ресурсів та ґрунтів органічними добривами та засобами захисту рослин
Вплив на продовольчу безпеку	
Підвищення родючості ґрунтів	Зростання родючості ґрунтів на 20-30 % та збільшення вмісту гумусу
Зменшення використання хімічних добрив	Мінімізація використання дороговартісних мінеральних добрив, зменшення імпортозалежності аграрних формувань від імпортерів добрив та коливань цін на них та порушень логістики
Збільшення виробництва продовольчих культур	Використання біогазу дасть можливість зменшити площі посівів під енергетичні культури вивільнивши площі під продовольчі культури
Вплив на енергетичну безпеку	
Зменшення залежності від імпорту енергоносіїв	Часткове заміщення імпортованого природного газу та електроенергії
Стабілізація цін на енергоносії	Поява нових виробників «зеленої» електроенергії, розвиток конкуренції на даному ринку (зменшення цін в довгостроковій перспективі)
Створення нових робочих місць	Створення додаткових робочих місць на біогазових виробництвах та підприємствах з виробництва відповідного обладнання
Децентралізація енергопостачання	Створення системи біогазових заводів малої та середньої потужності орієнтованих на виробництва електроенергії та біометану

Джерело: систематизовано автором на основі [2-12]

– зменшення викидів парникових газів за рахунок того, що біогаз є відновлюваним джерелом енергії, а його спалювання не супроводжується значними викидами вуглекислого газу (даний фактор позитивним чином сприяє боротьбі зі зміною клімату та збереженні природнього стану екосистем);

– утилізація органічних відходів: виробництво біогазу дозволяє ефективно утилізувати органічні відходи сільського господарства, тваринництва та харчової промисловості, що сприяє покращенню екологічного стану довкілля;

– отримання органічних добрив: у процесі виробництва біогазу

утворюється біодобриво (дигестат), яке можна використовувати для підвищення родючості ґрунтів і зменшення використання мінеральних добрив;

– децентралізація енергопостачання: виробництво біогазу на місцевому рівні сприяє децентралізації енергопостачання і підвищенню енергетичної безпеки регіонів.

Основний вплив на продовольчу безпеку виробництва біогазу можна охарактеризувати наступними наслідками:

– підвищення родючості ґрунтів: органічні добрива, отримані в процесі виробництва біогазу, покращують структуру ґрунту, збільшують вміст гумусу та як результат підвищують родючість. Даний фактор сприяє збільшенню врожайності сільськогосподарських культур і забезпеченню продовольчої безпеки;

– зменшення використання хімічних добрив: застосування органічних добрив замість мінеральних сприяє зменшенню забруднення довкілля нітратами та фосфатами, що негативно впливають на якість продуктів харчування і здоров'я людей;

– збільшення виробництва біопалива: біогаз можна використовувати для виробництва біопалива, яке може замінити частину традиційних видів палива в транспортному секторі, що звільнить додаткові обсяги площ, що обробляються для вирощування енергетичних культур (ріпак та інші олійні) для харчових потреб.

Вплив на енергетичну безпеку полягає у:

– зменшенні залежності від імпорту енергоносіїв: виробництво біогазу сприяє зменшенню залежності від імпорту енергоносіїв, що підвищує енергетичну безпеку країни;

– стабілізації цін на енергоносії за рахунок розвитку виробництва біогазу сприяє стабілізації цін на енергоносії на внутрішньому ринку;

– створенні нових робочих місць: розвиток біоенергетики сприяє створенню нових робочих місць у сільському господарстві, енергетиці та суміжних галузях.

Отже, виробництво біогазу на підприємствах та в домогосподарствах має значний потенціал для забезпечення продовольчої, екологічної та енергетичної

безпеки держави. Воно сприяє зменшенню залежності від викопних видів палива, підвищенню родючості ґрунтів, зменшенню викидів парникових газів та створенню нових робочих місць. Однак, для успішного розвитку біоенергетики необхідна підтримка держави особливо в малу біогазову енергетику (реактори для домогосподарств), інвестиції в інфраструктуру та наукові дослідження.

Технології виробництва біогазу удосконалюються і досить прогресивними на даний час є розвиток «сухих» технологій виробництва даного енергетичного ресурсу. При сухому методі немає мішалок і маса не рухається, а зрошується перколатом. Перколат просочується крізь масу, накопичується і перекачується назад. У стінах та днищі вмонтовані труби системи підігріву. Дотримується термофільний режим температури. Технологія відрізняється низьким споживанням електроенергії та низькою вартістю технічного обслуговування. Окрім власне гаражних воріт та системи перколату, практично немає іншого обладнання: мішалок, насосів, завантажувачів. Система відмінно підходить для твердих побутових відходів (ТПВ), де міститься велика кількість включень (метал, пластик, папір). При використанні будь-якої іншої технології ці включення призводять до частих поломок обладнання. Для виключення поломок під час використання інших біогазових технологій потрібен дорогий модуль ультра-сортування та пресування відходів. А у разі використання сухого методу достатньо лише грубого сортування. Навпаки, забрудненість сировини за сухого методу дозволяє перколату протікати через відходи і є необхідною умовою роботи, що є особливо актуальним при виробництві біогазу на полігонах твердих побутових відходів та відходів різного морфологічного складу [13].

В загальному погоджуємося з думкою О. Кучера, який констатує, що використання побутових відходів для виробництва біогазу значно зменшує викиди забруднюючих речовин, а вироблений біогаз забезпечує виробництво електроенергії та тепла на ТЕЦ. В той же час, за рахунок виробництва біогазу та біометану в територіальних громадах створюються нові робочі місця в сільській місцевості. Екологічний ефект від виробництва біогазу полягає в тому, що даний продукт кліматично нейтральний, оскільки біомаса, яка використовується

протягом усього вегетаційного періоду, поглинає вуглекислий газ з атмосфери, який потім знову вивільняється при спалюванні біогазу або біометану [14, с. 853].

Важливою причиною збільшення використання відновлюваних джерел енергії є неконтрольоване зростання побутових і промислових відходів, що негативно впливає на природне середовище. Крім того, це створює витрати на утилізацію. Отримання біогазу з органічних відходів, що залишаються після виробничих циклів сільськогосподарських підприємств вважають одним із найпомітніших векторів розвитку виробництво відновлюваної енергії [15, с. 18].

На сучасному етапі, необхідно покращувати якість української екологічної політики в біоенергетичній сфері, а саме збільшення частки зеленої енергетики в економіці шляхом діалогу та досягнення оптимального рівня державно-приватного-партнерство. Незважаючи на певний прогрес у реформуванні та всі спроби оптимізувати законодавство, що регулює альтернативну енергетику, даний сектор правової бази залишається неповним. Адже якщо порівнювати юридичне рамки ЄС та України, задекларованих правових документів у нашій країні практичні кроки здійснюються досить опосередковано [16, с. 238].

Результати проведених досліджень Г. Калетніка доводять, що в сучасних економічних умовах перспективи стимулювання біоенергетики є доцільними. Різноманітність відходів включає багато харчових і рослинних залишків, а також гній худоби. Враховуючи Європейський досвід, підприємство з переробки відходів на біогазових заводах може досягти енергетичної автономії, забезпечуючи себе з теплом, паливом, електроенергією та органічними добривами; це може значно збільшити як врожайність, так і фінансові показники підприємств. Також виокремлено ряд інших переваг на макрорівні, тобто соціально-економічний розвиток сільських територій (збільшення зайнятості, покращення інфраструктури), збереження та покращення довкілля та енергії безпеки країни [17, с. 521].

Як зазначає Г. Калетнік, виробництво біогазу та біоетанолу на реструктуризованих спиртових заводах зможе дати позитивні, а саме: підвищення енергетичної незалежності областей; зниження витрат даних підприємств на

енергоносії; покращити екологічний стан водних ресурсів; зниження обсяг викидів парникових газів та ін. [18, с. 20].

Виробництво біогазу з органічних відходів має значний потенціал в Україні. Однак, для реалізації цього потенціалу необхідно вжити ряд заходів, спрямованих на стимулювання розвитку цієї галузі. Зокрема, необхідно розробити та впровадити ефективні механізми державної підтримки, знизити вартість обладнання та підвищити обізнаність населення про переваги біогазу.

Виходячи з систематизованих досліджень нами пропонується вдосконалити підходи до оцінки значення виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах з орієнтацією на забезпечення екологічної, продовольчої та енергетичної безпеки держави за рахунок визначення економічного ефекту кожного з факторів впливу в тому числі вартісного вираження екологічних (рис. 3.1). Виходячи з можливості потенційного виробництва понад 9,6 млрд м³ біогазу (в перерахунку на біометан 5,76 млрд м³) потенційно можна буде зменшити викиди CO₂, які можна буде реалізувати іншим країнам в рамках Кіотського протоколу 10,96 млн т CO₂ за ціною 120 дол. США / 1 т на загальну суму 1,315 млрд дол. США.

Відповідно з даними таблиці 2.3, обсяг основних відходів, які можуть бути сировиною для біогазу складається з відходів тваринного походження та змішані харчові відходи 240,4 тис. т, відходів рослинного походження 4526,0 тис. т., тваринних екскрементів, сечі та гною – 2959,4 тис. т, побутових та подібних відходів 4817,4 тис. т.

Виходячи з задекларованої середньої вартості захоронення 1 т органічних відходів на рівні 255 грн/т, можна досягти економії за рахунок виробництва біогазу на їх захороненні в розмірі 3,198 млрд грн. Дослідження проведені в Розділі 2 свідчать, що ринкова ціна на дигестат в середньому становить 590 грн/т, а потенційний обсяг відходів лише тваринного походження, за даними таблиці 2.3, може складати 7,7 млн т. та за виходу дигестату в нормі 80% потенційна вартість становитиме 3,63 млрд грн.

Фактор впливу	Економічний ефект
Зменшення викидів парникових газів	1,315 млрд дол. США
Утилізація органічних відходів	3,198 млрд грн
Отримання органічних добрив	3,63 млрд.грн
Підвищення родючості ґрунтів	від 1,45 до 1,93 млрд грн
Зменшення використання хімічних добрив	1,34 млрд грн
Зменшення залежності від імпорту енергоносіїв	4,4 млрд дол США
Стабілізація цін на енергоносії	10-12 млрд грн.
Створення нових робочих місць	
Децентралізація енергопостачання	
Всього	від 19,62 до 22,1 млрд грн та 5,75 млрд дол. США

Рисунок 3.1. – Еколого-економічна ефективність виробництва біогазу на підприємствах та домогосподарствах

Джерело: власні дослідження автора на основі [20, 21, 22]

Як свідчать дослідження Р. Логоші, внесення біоорганічного добрива «Ефлюент» на основі дигестату сприяло збільшенню умовно чистого прибутку на 12993,0–17215,0 грн/га при нормі внесення 55,0 т/га [19, с. 46].

Отже, за рахунок визначеного в 2 розділі потенціалу виробництва дигестату в обсязі 6,16 млн. т. з врахуванням норми 55т/га можна забезпечити удобрення понад 112,0 тис. га та забезпечити зростання родючості та, в свою чергу, прибутку на рівні від 1,45 до 1,93 млрд грн. Економія на даній площі на мінеральних добривах, виходячи з норми внесення 4,0 ц на 1 га та вартості на рівні 30000грн/т становитиме 3,63 млрд грн. За рахунок зменшення обсягів імпорту природного газу

вдасться акумулювати валюти в межах держави в еквіваленті вартості 5,7 млрд м³ природного газу виходячи з середньої ціни в 2024 році на рівні 778 дол. США за 1 тис м³ становитиме 4,4 млрд дол. США. За рахунок стабілізації цін на енергоносії, створення нових робочих місць, децентралізації енергопостачання вдасться досягти приросту ВВП, в тому числі, за рахунок виробництва вітчизняного обладнання на рівні 10-12 млрд грн.

Отже, загальний економічний ефект становитиме на рівні від 14,1 до 16,3 млрд грн та 5,75 млрд дол. США. Зважаючи на можливість отримання коштів від продажу квот за Кіотським протоколом, можливо залучити щорічно понад 1,3 млрд дол. США в інвестування в проекти розвитку біогазових виробництв, в тому числі, за рахунок державних програм підтримки малої біогазової генерації.

Слід зауважити, що інвестування у виробництво біогазу є багатограним рішенням, яке поєднує в собі економічні, екологічні та енергетичні переваги:

1. Економічна доцільність полягає в отриманні доходів, адже біогаз може використовуватися, як паливо для когенераційних установок, що виробляють електроенергію та тепло, а також завдяки «зеленим» тарифам та іншим стимулам, продаж електроенергії може бути прибутковим бізнесом; продажі органічних добрив (дигестат (біологічний залишок після виробництва біогазу) є високоякісним органічним добривом, яке можна реалізувати сільськогосподарським підприємствам; зменшення витрат на утилізацію відходів за рахунок використання органічних відходів як сировини для виробництва біогазу дозволяє зменшити витрати на їх утилізацію;

2. Фінансові аспекти: будівництво біогазової установки вимагає значних інвестицій в обладнання, будівництво та підключення до інженерних мереж; інвестиції в біогазові установки пов'язані з певними ризиками, такими як коливання цін на сировину та енергоносії, зміна державної політики, технологічні ризики тощо;

3. Виробничі аспекти, що впливають на економічну доцільність ведення в експлуатацію: розмір установки (великі установки, як правило, є більш економічно ефективними завдяки ефекту масштабу), проте малі біогазові установки в

домогосподарствах також є економічно виправданим рішенням для забезпечення енергетичної автономії домогосподарств; сировина (залежності від сировини коливається вихід біогазу та вибір оптимальної технології); локалізація (розташування установки відносно споживачів біогазу та органічних добрив впливає на транспортні витрати); державна підтримка (наявність та розмір «зелених» тарифів, податкових пільг та інших заходів підтримки може значно підвищує економічну доцільність проектів);

4. Екологічні аспекти: потенціал зменшення викидів парникових газів; можливість утилізації органічних відходів (біогазові установки вирішують проблему утилізації органічних відходів, зменшуючи навантаження на довкілля); покращення якості ґрунтів за рахунок внесення дигестату, який утворюється в процесі виробництва біогазу, що є високоякісним органічним добривом, що сприяє підвищенню родючості ґрунтів; зменшення залежності від викопних видів палива (використання біогазу як палива сприяє зменшенню залежності від імпорту викопних видів палива та підвищенню енергетичної безпеки країни);

5. Енергетичні аспекти: біогаз є відновлюваним джерелом енергії, яке може замінити частину викопного палива; використання сучасних біогазових установок дає змогу досягти високу енергетичну ефективність і дозволяють перетворювати більшу частину енергії, що міститься в біомасі, в тепло та електроенергію; децентралізація енергопостачання (виробництво біогазу на місцевому рівні сприяє децентралізації енергопостачання та підвищенню енергетичної безпеки регіонів та зменшенню витрат на розвиток енергетичної інфраструктури.

Отже, інвестування у виробництво біогазу є перспективним напрямом розвитку енергетики та сільського господарства. Воно сприяє вирішенню низки актуальних проблем, таких як зміна клімату, забруднення довкілля, енергетична безпека та розвиток сільських територій. Однак, для успішної реалізації таких проектів необхідно враховувати ряд економічних, екологічних та технологічних факторів (табл 3.2).

Важливо розуміти, що економічна доцільність інвестування в біогазові установки є індивідуальним для кожного конкретного проекту і залежить від

багатьох факторів.

Інвестування у виробництво біогазу є перспективним напрямом, який поєднує в собі економічні, екологічні та енергетичні переваги. Однак, перед прийняттям рішення про інвестування необхідно ретельно проаналізувати всі ризики та можливості, а також врахувати специфіку конкретного проекту.

Отже, виробництво біогазу є важливим елементом сталого розвитку, що сприяє енергетичній та продовольчій безпеці держави, забезпечення екологічної безпеки та економічному зростанню держави. Особливо актуальне це в умовах воєнного стану та відмови від енергоносії країни-агресора та постійного подорожчання енергоносіїв на світовому ринку.

Таблиця 3.2

Порівняння переваг та недоліків інвестування у виробництво біогазу

Переваги інвестування у виробництво біогазу	Недоліки інвестування у виробництво біогазу
Економічні переваги:	Економічні недоліки:
- стабільний дохід від продажу електроенергії, тепла та органічних добрив	- високі початкові інвестиції в обладнання та будівництво
- можливість отримання державної підтримки (зелений тариф, податкові пільги)	- довгий термін окупності інвестицій
- зменшення витрат на утилізацію відходів	- залежність від цін на сировину та енергоносії
- створення нових робочих місць	- ризики, пов'язані з коливаннями ринку
Екологічні переваги:	Екологічні недоліки:
- зменшення викидів парникових газів	- можливі негативні наслідки для навколишнього середовища при неправильній експлуатації
- утилізація органічних відходів	- використання земельних ресурсів для вирощування енергетичних культур
- покращення якості ґрунтів	- виробництво великої кількості дигестату, який потребує утилізації
Енергетичні переваги:	Енергетичні недоліки:
- відновлюване джерело енергії	- низька енергетична щільність біомаси порівняно з викопним паливом
- децентралізація енергопостачання	- сезонність виробництва біогазу
- підвищення рівня енергетичної безпеки	- залежність від кліматичних умов

Джерело: власні дослідження автора на основі

Можна констатувати, що розвиток виробництва біогазу в Україні залежить від комплексного впливу багатьох факторів, як зовнішнього, так і внутрішнього характеру. Для успішної реалізації проектів у цій сфері необхідна злагоджена

робота держави в сфері залучення інвестицій та розвитку державних програм підтримки бізнесу та воля громадянського суспільства, що дасть можливість отримати синергетичний ефект від використання біогазу та похідної продукції.

Отже, значення виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах для забезпечення екологічної, продовольчої та енергетичної безпеки держави доцільно визначати за допомогою вартісного вираження комплексу наступних факторів, а саме: зменшення викидів парникових газів; можливість утилізації органічних відходів, вартісним вираження отриманих органічних добрив, економічним ефектом від підвищення родючості ґрунтів, обсягом зменшення використання хімічних добрив, зменшенням рівня залежності від імпорту енергоносіїв, можливістю стабілізації цін на енергоносії, доходами бюджету від створення нових робочих місць, можливістю децентралізації енергопостачання та наявністю інвестиційних державних програм та заходів державної підтримки.

3.2. Економетрична модель підвищення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу.

Створення економетричної моделі для оцінки еколого-економічної ефективності виробництва біогазу – це складний, але надзвичайно важливий крок у розвитку цієї галузі. Така модель дозволить не тільки кількісно оцінити вплив різних факторів на ефективність виробництва, але й передбачити майбутні тенденції та розробити оптимальні стратегії розвитку.

Розв'язок задачі моделювання успішного бізнесу з виробництва біопалива на думку Р. Логоші, повинен охоплювати інтереси та потенціал сільськогосподарських підприємств-виробників та інтереси можливих реципієнтів бізнесу з огляду на потенціал формування і реалізації партнерської взаємодії. Подібна модель динамічна по суті та повинна відображати зміни настроїв множини підприємств орієнтованих на співпрацю в сфері виробництва біопалив за

різноманітними технологіями [23, с. 49].

У моделі розробленій О. Кучером, передбачено визначення пріоритетів біоекономічного розвитку, як-от: еко-інновації, екологічний розвиток, екологічне сільське господарство, відновлювана енергетика, екологічно чисті технології виробництва, біотехнології [24, с. 136].

Виробництво біогазу може мати значний еколого-економічний вплив як на підприємствах, так і в домогосподарствах України. Основними факторами, які впливають на його ефективність є: джерела сировини, технології, масштаб виробництва; рівень управління відходами та ринкові умови господарювання в сучасних реаліях [25, с. 20].

Отже, модель підвищення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу має включати комплексний підхід, який поєднує екологічні, економічні та соціальні аспекти [26, с. 29].

Проте слід зауважити, що модель повинна включати стратегії зменшення негативного впливу на екосистеми та забезпечення сталого розвитку насамперед через зменшення викидів CO₂

Відповідно з оцінками спеціалістів SAF Україна (Sustainable Agribusiness Forum) загальна встановлена потужність біогазових комплексів в 2023 році не змінилась і становить 135 МВт. Середній коефіцієнт використання встановленої електричної потужності установок на біогазі становить 49%. Орієнтований обсяг виробництва біогазу в перерахунку на біометан в 2023 році становив більше 95-100 млн м³ [27].

Для формування економетричної моделі підвищення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу доцільно проаналізувати вплив основних факторних ознак, які впливають на виробництво біогазу, а саме утворення основних відходів органічного походження (табл. 3.3).

В попередніх розділах визначено основоположне значення сировинного забезпечення для виробництва біогазу проте слід зауважити, що дані технології є досить дорогавартісними та новими порівняно для сільського господарства та переробної промисловості АПК.

Таблиця 3.3

Фактори, що впливають на обсяги виробництва біогазу

	2015р.	2018р.	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.	2023р.
Відходи тваринного походження та змішані харчові відходи, тис. т	897,0	607,5	441,0	405,4	479,3	478,3	240,4
Відходи рослинного походження, тис. т	7742,3	7829,3	8068,6	6101,8	6918,2	6345,2	4526,0
Тваринні екскременти, сеча та гній, тис. т	4938,0	3233,8	3612,9	3314,7	3635,4	3412,1	2959,4

Джерело: сформовано автором на основі [28]

Оскільки достовірні статистичні дані з виробництва біометану в Україні відсутні, доцільно сформувавши відповідну модель, спрогнозувавши зміни в факторних ознаках виробництва, а зміни ціни на природний газ (в тому числі біометан) опираючись на використання функції «ПРОГНОЗ» програмного забезпечення «Microsoft Excel» (табл. 3.4.).

Таблиця 3.4

Економетрична прогнозна модель факторів впливу на обсяги виробництва біогазу на 2024-2030 рр.

Роки	Відходи тваринного походження та змішані харчові відходи, тис. т	Відходи рослинного походження, тис. т	Тваринні екскременти, сеча та гній, тис. т	Вартість природного газу, грн/м ³
2018	607,5	7829,3	3233,8	16789,0
2019	441,0	8068,6	3612,9	19223,0
2020	405,4	6101,8	3314,7	20277,0
2021	479,3	6918,2	3635,4	20542,0
2022	478,3	6345,2	3412,1	29500,0
2023	240,4	4526,0	2959,4	36630,0
2024	277,01	4544,49	3196,01	33365,99
2025	255,31	3791,95	3017,72	38585,00
2026	196,43	3322,31	2930,31	42639,28
2027	116,46	2345,96	2744,63	46939,73
2028	94,37	1710,00	2683,07	50804,11
2029	99,59	1258,93	2639,54	53181,31
2030	99,10	1463,94	2471,35	56432,90

Джерело: власні дослідження

Проведене прогнозування свідчить про зниження утворення відходів, що можна буде пояснити як зменшенням населення, так і більш розсудливим ставленням населення в короткостроковій перспективі до мінімізації утворення відходів.

За даними інституту відновлюваної енергетики НАН України зростання виробництва біогазу в перерахунку на біометан, станом до 2030 року за прогнозами має досягти рівня в 1 млрд м³ [29].

Вище проведенні дослідження свідчать, що при спаленні 1 тис м³ природного газу (чи біометану) утворюється 1,9 кг CO₂, тому можна констатувати, що відповідно до прогнозованих обсягів виробництва біометану реалізація вуглецевих квот дасть можливість залучити від 20,16 млн дол. США в 2024 році до 144 млн дол. США в 2030 році, які потенційно можна спрямувати на державні гранти зі створення малих біогазових реакторів для домогосподарств.

Збільшення виробництва біометану в Україні – це стратегічно важливе завдання, яке сприятиме енергетичній безпеці, розвитку сільського господарства та покращенню екологічної ситуації.

Збільшення виробництва біометану в Україні є важливим кроком для забезпечення енергетичної безпеки країни та переходу до «зеленої» економіки. Однак, для успішної реалізації цього потенціалу необхідно подолати низку бар'єрів та створити сприятливі умови для розвитку цього напрямку.

Враховуючи необхідність включення в економетричну модель факторів, таких як вартість природного газу (біометану) та розмір можливих до реалізації квот викидів CO₂ за рахунок виробництва біогазу, за допомогою функції «ПРОГНОЗ» було прогнозовано зміну даних факторів впливу, яких потенційно можна констатувати як значний (табл. 3.5.).

Функція ПРОГНОЗ в Excel є потужним інструментом, який дозволяє прогнозувати майбутні значення на основі існуючих даних. Вона використовується для побудови лінійної регресії, тобто знаходить лінію, яка найкраще описує залежність між відомими значеннями двох змінних та застосовується здебільшого в прогнозуванні кількісних значень різних показників.

**Прогноз факторів, що впливають на еколого-економічну ефективність
виробництва біогазу на 2024-2030 рр.**

Показник	2024 р.	2025 р.	2026 р.	2027 р.	2028 р.	2029 р.	2030 р.
Виробництво біогазу в перерахунку на біометан, млн м ³	140	200	250	250	460	780	1000
Відходи тваринного походження та змішані харчові відходи, тис. т	277,01	255,31	196,43	116,46	94,37	99,59	99,1
Відходи рослинного походження, тис. т	4544,4	3791,9	3322,3	2345,9	1710	1258,9	463,94
Тваринні екскременти, сеча та гній, тис. т	3196,0	3017,7	2930,3	2744,6	2683,0	2639,5	2471,3
Потенційна квота реалізації CO ₂ за кіотським протоколом, тис. т	168	240	300	300	552	936	1200
Вартість природного газу, грн/м ³	33365	38585	42639	46939	50804	53181	56432
Прогнозний обсяг державної підтримки розвитку виробництва біогазу, млн дол. США	20,16	28,8	36	36	66,24	112,32	144

Джерело: сформовано автором на основі [28-29]

Для полегшення проведення формування моделі нами було проведено транспонування даних таблиці 3.5. в матрицю факторів (табл. 3.5).

Транспонування матриць факторних та результативних ознак є важливим інструментом у статистичному аналізі та дослідженні. Воно дозволяє змінювати перспективу аналізу, готувати дані для подальшої обробки та розв'язувати різноманітні завдання.

Транспонування матриць – це фундаментальна операція в лінійній алгебрі, яка має широке застосування в різних галузях, зокрема в статистиці, економіці, машинному навчанні та інших сферах, де використовується матричний аналіз

даних.

Таблиця 3.6

Транспонована матриця еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на 2024-2030 рр.

Рік	Виробництво біогазу в перерахунку на біометан, млн м ³ (y)	Відходи тваринного походження та змішані харчові відходи, тис. т (x1)	Відходи рослинного походження, тис. т (x2)	Тваринні екскременти, сеча та гній, тис. т (x3)	Потенційна квота реалізації CO ₂ за кіотським протоколом викидів CO ₂ , тис. т (x4)	Вартість природного газу, тис. грн/м ³ (x5)
2024	140	277,01	4544,4	3196	168	33,365
2025	200	255,31	3791,9	3017,7	240	38,585
2026	250	196,43	3322,3	2930,3	300	42,639
2027	250	116,46	2345,9	2744,6	300	46,939
2028	460	94,37	1710	2683	552	50,804
2029	780	99,59	1258,9	2639,5	936	53,181
2030	1000	99,1	463,94	2471,3	1200	56,432

Джерело: власні дослідження

Для оптимізації розрахунків за результативну ознаку еколого-економічної ефективності виробництва біогазу доцільно вважати обсяг вартості біогазу, в перерахунку на біометан, в прогнозних періодах. Постійною величиною доцільно визначити вартість реалізації викидів CO₂ за нормами Кіотського протоколу на рівні (120 дол. США/т), прогнозного середньозваженого курсу гривні 50,2грн/дол США на 2024-2030 рр. Оптимізуємо розрахунки таблиці 3.6 та представимо в наступній таблиці 3.7. Відходи тваринного та рослинного походження та змішані харчові відходи (x1, x2, x3) можуть мати прямий вплив, а саме збільшення кількості цих відходів зазвичай призводить до зниження вартості виробництва біометану, оскільки вони є дешевою сировиною. В той же час, великі об'єми таких відходів можуть потребувати додаткових інвестицій в очисні споруди та логістику, що може частково компенсувати зниження вартості сировини. Потенційна квота реалізації CO₂ за Кіотським протоколом (x4) має прямий позитивний вплив, адже продаж квот на викиди CO₂ створює додаткове джерело доходу для виробників біометану,

що може знизити загальну вартість виробництва.

Таблиця 3.7

Оптимізовано матриця еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на 2024-2030 рр.

Показник	Вартість біометану, млн грн (y)	Відходи тваринного походження та змішані харчові відходи, тис. т (x1)	Відходи рослинного походження, тис. т (x2)	Тваринні екскременти, сеча та гній, тис. т (x3)	Потенційна квота реалізації CO ₂ , тис. т (x4)
2024	4671,1	277,01	4544,4	3196	168
2025	7717	255,31	3791,9	3017,7	240
2026	10659,75	196,43	3322,3	2930,3	300
2027	11734,75	116,46	2345,9	2744,6	300
2028	23369,84	94,37	1710	2683	552
2029	41481,18	99,59	1258,9	2639,5	936
2030	56432	99,1	463,94	2471,3	1200

Джерело: власні дослідження

Дані рисунка 3.2 свідчать, що збільшення обсягу відходів не завжди призводить до підвищення якості біометану. Якість біометану залежить від складу сировини, технології виробництва та інших факторів, тим більше, зважаючи на порівняно низький вихід біогазу з даного виду сировини. Вплив обсягів утворення на виробництво біогазу даних відходів є середнім.

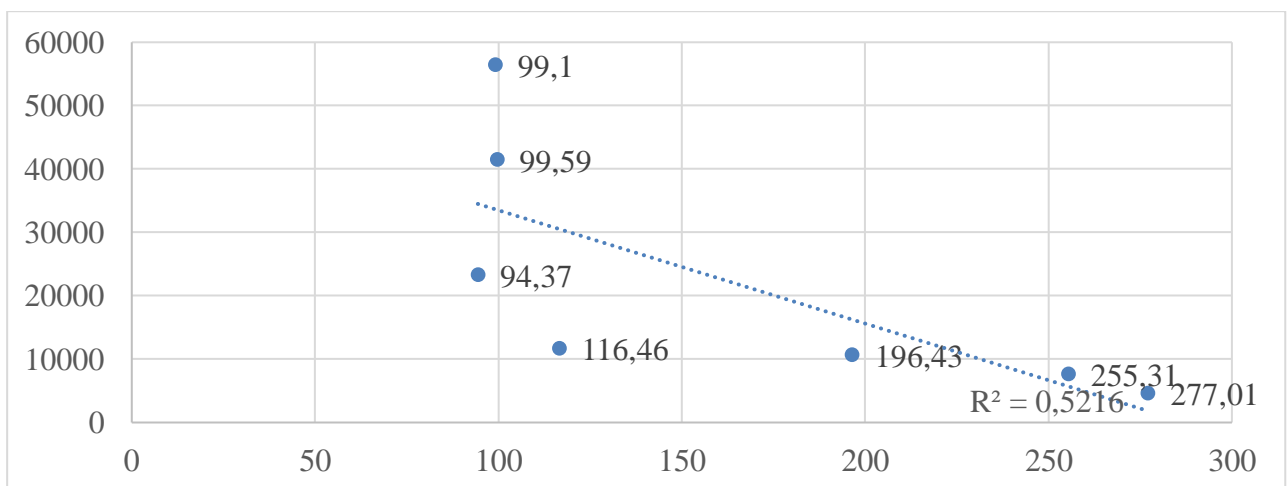


Рисунок 3.2. – Визначення взаємозв'язку між обсягом виробництва біометану у вартісному вираженні та обсягом утворення відходів тваринного походження та змішаних харчових відходів

Джерело: власні дослідження

В той же час, дані рисунка 3.3 свідчать про високу залежність між виробництвом біогазу та обсягом відходів рослинного походження, що дає можливість констатувати виокремлення даного чинника до одного з основних.

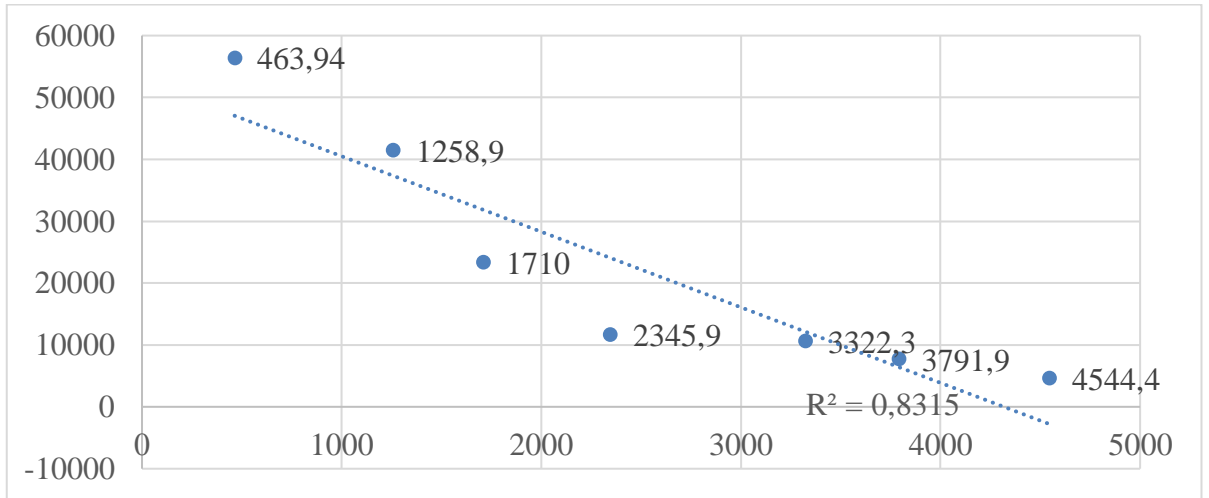


Рисунок 3.3. – Визначення взаємозв'язку між обсягом виробництва біометану у вартісному вираженні та обсягом утворення відходів рослинного походження

Джерело: власні дослідження

Зважаючи на порівняно вищий обсяг утворення відходів в галузі рослинництва, взаємозалежність між виробництвом біогазу та обсягом утворення відходів тваринних екскрементів є порівняно нижчим, проте взаємозалежність є високою (рис. 3.4).

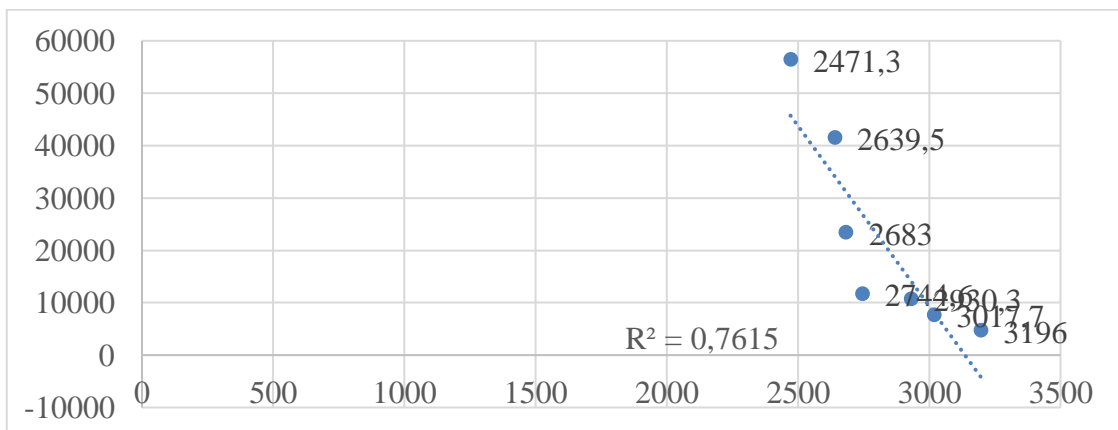


Рисунок 3.4. – Визначення взаємозв'язку між обсягом виробництва біометану у вартісному вираженні та обсягом утворення тваринних екскрементів

Джерело: власні дослідження

Визначальним фактором, що впливатиме на потенційний ріст виробництва біогазу є реалізація програми державної підтримки за рахунок реалізації експортних квот за «Киотським» протоколом та спрямуванням відповідних надходжень в розвиток виробництва біогазу (рис. 3.5).

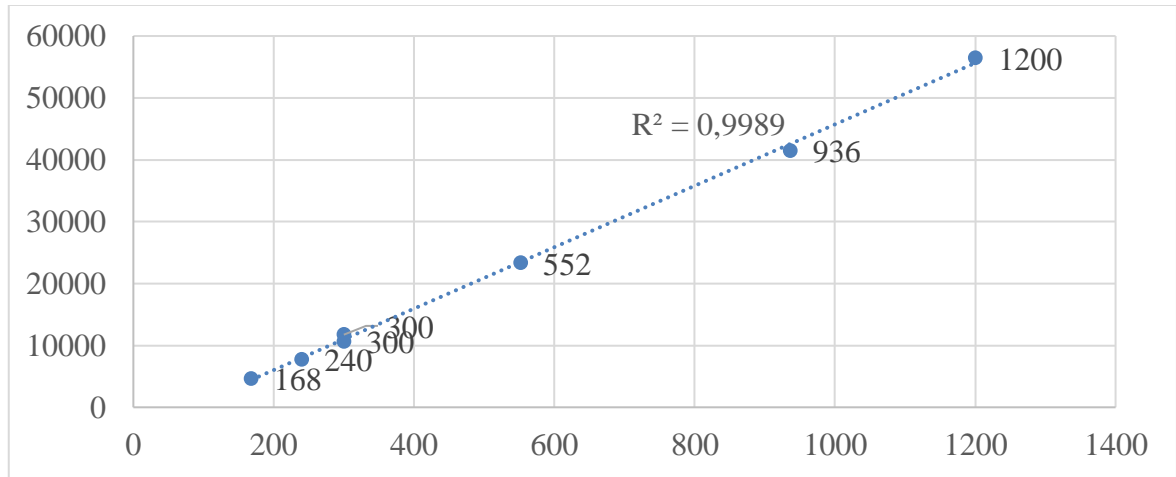


Рисунок 3.5. – Визначення взаємозв’язку між обсягом виробництва біометану у вартісному вираженні та обсягом потенційної реалізації вуглецевих квот за «Киотським» протоколом

Джерело: власні дослідження

Дані коефіцієнта кореляції підтверджують проведені дослідження в розділі 3.1., які констатували необхідність розвитку програм стимулювання розвитку біогазової галузі. Загальна функція економетричної моделі підвищення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу матиме наступний вигляд:

$$Y=0,5216x_1+0,8315x_2+0,7165x_3+0,9989x_4*a,$$

де а – середньозважений курс долара на 2024-2030 рр. 50,2 грн/дол. США

Отже, наявність великої кількості органічних відходів сільського господарства та потенціал реалізації квот на викиди CO₂ створюють сприятливі умови для розвитку цього сектору. Розроблена економетрична модель дозволяє прогнозувати обсяги виробництва біометану в залежності від зміни ключових факторів економічного та екологічного характеру.

Для реалізації відповідної моделі підвищення еколого-економічної ефективності біогазової галузі в Україні необхідно:

- забезпечити стабільне фінансування та розробити довгострокові програми розвитку біогазової галузі з концентрацією на домогосподарства;
- запровадити податкові пільги, спростити процедури підключення до газотранспортної системи виробників біометану;
- збільшення фінансування дослідження в галузі біотехнологій для підвищення ефективності виробництва біогазу;
- популяризувати біогазову енергетику серед населення та бізнесу шляхом проведення відповідних заходів;
- сприяти залученню іноземні інвестицій та обмінюватися досвідом з іншими країнами.

3.3. Впровадження зарубіжного досвіду підвищення ефективності виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України

Проведеними дослідженнями встановлено, що використання біоенергетичних ресурсів дає змогу зменшити антропогенний вплив на довкілля, зменшити енергетичну залежність України, використати місцеві ресурси, зменшити рівень безробіття, збільшити податкові надходження, покращити якість надання послуг із тепло- та гарячого водопостачання, поліпшити торгівельно-платіжний баланс країни [30, с. 1452].

В загальному біогазова галузь має тенденції до розвитку в Україні, проте необхідні більш глибокі дослідження саме сфері розвитку технологій для виробництва біогазу в домогосподарствах.

Як зазначає Г. Калетнік, впровадження біогазових установок, що працюють на відходах рослинництва та тваринництва в домогосподарствах України, є актуальним і економічно доцільним [31, с. 18].

В той же час І. Фурман зазначає, що впровадження дієвої системи поводження з ТПВ у територіальних громадах з якісним сортуванням,

вдосконаленою логістикою і вторинним використанням відходів за енергетичним і неенергетичним напрямками може підвищити рівень енергетичної та екологічної безпеки [32]. Комплексне сортування побутових відходів може дати додаткове джерело сировини для виробництва біогазу в домогосподарствах так і для біогазових заводів на базі переробних підприємств АПК.

Як зазначає Д. Токарчук, Європейський Союз, прагнучи досягти кліматичної нейтральності та зменшити залежність від авторитарних режимів, активно розвиває сектор відновлюваної енергетики. Зокрема, біоенергетика відіграє важливу роль у забезпеченні енергетичної безпеки ЄС та скороченні викидів парникових газів, надаючи вже зараз 18,4 млрд кубометрів відновлюваного газу. До 2050 року він може забезпечити до 167 млрд кубометрів, покриваючи 35-62 % попиту на газ у 2050 році [33, с. 55].

Комплексний підхід, що поєднує сільське господарство та виробництво біогазу, є ефективним інструментом для досягнення цілей сталого розвитку. Він дозволяє не тільки забезпечити продовольчу безпеку, але й зменшити негативний вплив на клімат та біорізноманіття [34, с. 10].

Досвід європейських країн у виробництві біогазу з відходів АПК є різноманітним та залежить від національних політик підтримки. Аналіз цих політик допоможе визначити найефективніші інструменти для розвитку біогазової галузі в Україні.

Розвиток біогазової енергетики в Україні має великі перспективи. Проведення комплексного аналізу європейського досвіду дозволить визначити оптимальні шляхи для розвитку цієї галузі в нашій країні.

Провідні країни світу активно розвивають сектор виробництва біогазу в сільському господарстві. Для стимулювання цього процесу використовують різноманітні підходи:

- пряма фінансова підтримка (держави надають субсидії, податкові пільги та гранти для фермерів, які встановлюють біогазові установки);
- механізми Кіотського протоколу (проекти спільного здійснення дозволяють фермерам отримувати фінансування за зменшення викидів парникових

газів);

- спеціалізовані програми (деякі країни створюють спеціальні фонди та програми, що надають фінансову допомогу, консультації та технічну підтримку);
- розвиток державно-приватного партнерства (співпраця з приватними компаніями дозволяє фермерам продавати вироблений біогаз за фіксованою ціною, що особливо актуально для приватного бізнесу з метою уникнення сплати вуглецевого податку);
- навчання та консультації (державні органи, міжнародні організації та громадські об'єднання надають фермерам необхідні знання та навички).

Європейський Союз активно підтримує виробництво біогазу за допомогою наступних інструментів:

- фінансова підтримка: ЄС та держави-члени надають субсидії та гранти на розвиток біогазових проектів;
- законодавчі стимули: встановлення обов'язкових квот на використання відновлюваної енергії «вуглецевий податок тощо»;
- підтримка досліджень: фінансування наукових досліджень для розробки нових технологій;
- системи торгівлі викидами: створення ринку квот на викиди парникових газів;
- стандарти стійкості: впровадження вимог щодо екологічної стійкості виробництва біогазу.

Відповідні заходи сприяють запровадженні в країнах ЄС дають змогу:

- збільшити виробництво біогазу в ЄС;
- зменшити викиди парникових газів;
- диверсифікувати джерел енергії;
- сприяти розвитку сільського господарства.

Досвід ЄС демонструє, що комплексний підхід, який поєднує фінансову підтримку, законодавчі стимули та розвиток технологій, є ефективним для розвитку біогазової галузі. Аналіз європейського досвіду може бути корисним для України при розробці власної політики в даній сфері.

Китай та Європейський Союз демонструють значний прогрес у розвитку виробництва біогазу в сільському господарстві. Обидва регіони активно підтримують дану галузь, однак їхні підходи мають певні відмінності.

Китайська держава впроваджує комплексні програми для стимулювання виробництва біогазу на рівні сільських господарств. Ці програми включають:

- пряму фінансову підтримку: субсидії, гранти, податкові пільги для фермерів;
- технічну допомогу: навчання, консультації, передача технологій;
- інфраструктурні проекти: розвиток мереж збору біомаси та транспортування біогазу;
- співпраця з міжнародними партнерами: залучення іноземних інвестицій та технологій.

ЄС має більш інтегрований підхід до розвитку біогазової енергетики. Ключові інструменти підтримки включають:

- законодавчі норми: обов'язкові квоти на використання відновлюваних джерел енергії, включаючи біогаз;
- фінансова підтримка: європейські фонди та національні програми фінансування;
- дослідження та інновації: підтримка наукових досліджень для розробки нових технологій;
- системи торгівлі викидами: створення ринку квот на викиди парникових газів.

Порівняння практик ЄС та Китаю в сфері стимулювання виробництва біогазу систематизовано в таблиці 3.8.

Обидва регіони світу успішно розвивають виробництво біогазу, однак їхні підходи мають відмінності. Китай робить ставку на масштабні державні програми та фінансову підтримку, тоді як ЄС фокусується на інтегрованому підході, що поєднує законодавчі стимули, фінансування та інновації. Аналіз досвіду Китаю та ЄС може бути корисним для інших країн, які планують розвивати біогазову енергетику.

**Порівняння практики Китаю та ЄС у сфері стимулювання
виробництва біогазу**

Аспект	Китай	Європейський Союз
Політична стратегія	Національні програми, спрямовані на енергетичну незалежність та покращення екологічної ситуації	Інтегрований підхід в рамках загальної енергетичної політики ЄС
Фінансування	Державні інвестиції, субсидії, кредити	Комбінація державної та приватної фінансової підтримки, фонди ЄС
Технології	Акцент на масштабних проектах, використання місцевих технологій	Фокус на інноваціях, співпраця з науковими інститутами
Регулювання	Державне регулювання, плани розвитку	Комбінація законодавчих актів, ринкових механізмів та добровільних стандартів

Джерело: власні дослідження на основі [35-37]

Один із прикладів підтримки розвитку виробництва біогазу в Китаї – це програма «Нова сільська енергетика» ("New Rural Energy Programme"). Ця програма була запущена у 2002 році Китайським міністерством сільського господарства з метою сприяння розвитку використання відновлюваних джерел енергії в сільському господарстві. Однією з ключових ініціатив цієї програми є підтримка встановлення біогазових установок в домогосподарствах [35].

Відповідна підтримка включає в себе такі елементи:

1. Фінансова підтримка: програма надає фінансові стимули для селянських господарств для встановлення біогазових установок. Це може включати субсидії на купівлю обладнання, допомогу в оплаті будівництва та інші форми фінансової підтримки.

2. Технічна підтримка: програма надає технічну допомогу для селянських господарств щодо проектування, будівництва та управління біогазовими установками. Це може включати консультації з вибору технологій, навчання персоналу та інші аспекти.

3. Інформаційна кампанія: програма проводить інформаційні кампанії для селянських господарств щодо переваг використання біогазу, його технологій та програм підтримки [35].

Китай та Європейський Союз демонструють різні, але ефективні підходи до

підтримки виробництва біогазу в сільському господарстві. Китай фокусується на масштабних державних програмах та прямій фінансовій підтримці, тоді як ЄС використовує комплексний підхід, що включає законодавчі стимули, фінансову підтримку та розвиток технологій.

Дослідження вчених ВНАУ свідчать, що міжнародними лідерами біогазового сектору на сьогодні є європейські компанії (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Найбільші біометанові заводи в Європі

Компанія	Країна	Виробнича потужність	Сировина	Додаткова інформація
Nature Energy Korskro	Данія	37 млн м ³ біогазу/рік	Біомаса (708 тис. тонн)	12+ біогазових установок
Valdemingomez Technology Park	Іспанія (Мадрид)	207 013 МВт•год електроенергії	Міське сміття	Понад 90% органічної речовини з відходів
Future Biogas	Великобританія	Понад 400 ГВт•год біометану	Сировина з місцевих ферм (500 тис. тонн/рік)	Забезпечує енергією 40 000 будинків
Landwärme	Угорщина (штаб-квартира)	-	Органічні відходи, енергетичні культури	20+ заводів у 10 країнах Європи
Biokraft	Норвегія	25 тонн рідкого біогазу/день (до 1 ТВт•год)	-	Плани щодо використання рідкого біогазу в транспорті
ENVO Biogas Tønder	Данія	Понад 68 млн м ³ біогазу/рік	Рідкий гній, енергетичні культури, органічні побутові відходи (плани)	Найбільша біогазова установка в Скандинавії
Jordberga	Швеція	110 ГВт•год біогазу	Зелені відходи (110 000 тонн)	Скорочення викидів CO ₂ на 30 000 тонн/рік

Джерело: сформовано на основі [36]

Наведені дані про біогазові заводи демонструють значний потенціал біоенергетики в Європі. Компанії успішно використовують різноманітні види органічних відходів для виробництва біогазу та електроенергії, сприяючи

енергетичній незалежності, зменшенню викидів парникових газів та ефективному управлінню відходами. Розглянуті проекти є яскравими прикладами того, як біогазова енергетика може стати важливим компонентом переходу до сталої енергетики.

В той же час дослідженнями Г. Калетніка встановлено, що найбільш ефективними є заходи в контексті стимулювання виробництва та споживання біопалив у світі є: інструменти тарифного та нетарифного захисту внутрішнього ринку з імпорту; норми обов'язкового мінімального вмісту біопалива в паливній суміші з традиційними джерелами енергії та дотаціями виробників біопалива (підтримка кінцевого виробництва); державна підтримка фундаментальних досліджень, прикладних розробок та пілотних проектів (підтримка для факторів виробництва); субсидування постачальників сировини, яка використовується у виробництві біопалива; субсидування інфраструктури розподілу біопалива; податкові пільги, що підвищують споживчу привабливість біопалива порівняно з традиційними видами транспортного палива (підтримка дистрибуції і споживання) [37, с. 139].

З метою розвитку переробки відходів в Україні прийнято Закон України Про управління відходами встановлено, що з 1 січня 2030 року експлуатація місць розміщення відходів (полігонів, звалищ), що не оснащені системами вилучення та знешкодження біогазу та фільтрату, системами моніторингу викидів в атмосферне повітря та моніторингу забруднення ґрунтів і підземних вод, забороняється [38].

Враховуючи досвід Китаю та ЄС, Україна може розробити власну ефективну стратегію розвитку біогазової галузі що включатиме наступні складові:

- Національну стратегію, що передбачатиме створення детального плану з чітко визначеними цілями, механізмами та термінами реалізації;
- розробка системи фінансової підтримки через забезпечення фінансових стимулів для інвестування в біогазові проекти;
- унормування регуляторного середовища через створення сприятливих умов для розвитку галузі через законодавчі акти;
- розвиток співпраці з міжнародними партнерами через залучення

іноземних інвестицій та технологій;

- розвиток інфраструктури через створення необхідних умов для збору біомаси та транспортування біогазу;
- проведення інформаційних кампаній за допомогою поширення інформації про переваги біогазу та можливості його використання.

Розвиток біогазової енергетики в Україні має величезний потенціал. Завдяки впровадженню комплексної стратегії, що поєднує досвід Китаю та ЄС, наша держава зможе досягти значних успіхів у даній галузі.

Отже, стимулами для інвестування та розвитку біогазового сектору економіки мають стати:

- впровадження європейського та китайського досвіду у виробництво біогазу в Україні принесе значні переваги у наступних сферах:
- диверсифікація енергетичних джерел за рахунок виробництва та використання біогазу зменшить залежність від імпорту, підвищить енергетичну незалежність країни та стабілізує ціни на енергоносії;
- переробка органічних відходів у біогаз створить додаткові джерела доходу для фермерів, стимулюючи розвиток сільськогосподарського сектору;
- покращення екологічної ситуації через зменшення викидів парникових газів сприятиме боротьбі зі зміною клімату та поліпшенню якості довкілля;
- впровадження новітніх технологій в галузі біоенергетики стимулюватиме розвиток науково-технічного потенціалу країни та створення нових робочих місць;
- виробництво біогазу може сприяти більш ефективному використанню сільськогосподарських земель та підвищенню врожайності;
- зменшення залежності від імпорту енергоресурсів завдяки виробництву біогазу з власної сировини дозволить знизити витрати на імпорт енергоносіїв.

Таким чином, розвиток виробництва біогазу в Україні є стратегічно важливим завданням, яке сприятиме:

- підвищенню рівня енергетичної безпеки держави;

- створенню нових робочих місць, збільшення ВВП;
- соціальному розвитку через покращення якості життя в сільських районах;
- екологічній стійкості завдяки зменшенню негативного впливу на довкілля.

Імплементация досвіду Європейського Союзу та Китаю у сфері виробництва біогазу може мати значний позитивний вплив на енергетичну та продовольчу безпеку України, сприяючи енергетичній самостійності, сталому розвитку сільських територій та зменшенню негативного впливу на довкілля [39].

Енергетична система ЄС вже тривалий час переживає трансформацію, однак саме російське вторгнення в Україну стало каталізатором цих процесів. Відмова від російського газу та нафти як основних джерел енергії, передбачає необхідність швидкого пошуку інших ресурсів, а також збільшення використання зеленої енергії. Вплив війни на продовольчу, енергетичну безпеку, промислові ланцюжки поставок і захист навколишнього середовища слід розглядати, приділяючи належну увагу безпосереднім загрозам і з метою прискорення зароджуваної трансформації стійкості, щоб уникнути загострення майбутніх збоїв. Встановлено, що різні за своєю природою явища – пандемія та війна, мали подібний вплив на енергетичний сектор: виявили вразливість глобальних ланцюгів постачання енергії, зв'язки попиту та пропозиції [40, с. 19].

Проте слід зауважити, що основні труднощі полягають у тому, що місцеві суб'єкти самоврядування є органами державної влади, а тому досить важко уявляти їх безпосередню участь в інвестиційному процесі. Вони найчастіше виступають як а координатор або регулятор інвестиційних потоків, а також адміністратори залучених інвестицій, щоб гарантувати максимальну корисність їх використання. Міжмуніципальна інвестиційне співробітництво (далі – МІС) не набуло усталених форм або моделі. Традиції впровадження MMIS у більшості країн настільки унікальні що неможливо навіть уніфікувати, класифікувати чи поєднати різні організаційні, правові, інституційні, фінансові та інші елементи його реалізації певним чином щоб знайти найбільш оптимальні чи ефективні форми [41, с. 103].

Прикладами проєктів міжмуніципального співробітництва в сфері біогазу можуть бути:

- створення спільних біогазових станцій через об'єднання кількох громад для будівництва великих біогазових станцій, які дозволять ефективніше використовувати відходи та виробляти більшу кількість біогазу;
- створення мереж збору біомаси через створення спільних мереж для збору біомаси з різних господарств та підприємств (шляхом модернізації існуючої ГТС України);
- розробка спільних схем збуту біогазу та біодобрих завдяки створенню спільних маркетингових стратегій для продажу біогазу та біодобрих (дигестату).

Міжмуніципальне співробітництво є перспективним напрямком розвитку виробництва біогазу в Україні. Завдяки об'єднанню зусиль різних громад можна досягти значних результатів у розвитку відновлюваної енергетики та вирішення екологічних проблем.

Основою будь-якого інноваційного розвитку є потужна навчально-наукова співпраця між вітчизняними науковими установами та закладами ЄС. Для прикладу, на сьогодні, розвивається відповідне співробітництво між Вінницьким національним аграрним університетом та Університетом прикладних наук Вайнштефан-Тріздорф (Німеччина). Слід зауважити, що Університет прикладних наук Вайнштефан-Тріздорф (Hochschule für angewandte Wissenschaften Weihenstephan-Triesdorf, HSWT) відомий своїм інноваційним підходом до навчання та досліджень у галузі сільського господарства та харчових технологій. Особливе місце в навчальному процесі займає практичне навчання студентів, яке тісно інтегрується з теоретичними знаннями.

Практична підготовка студентів, які спеціалізуються на виробництві біогазу, відбувається за кількома напрямками:

- лабораторні роботи: студенти проводять різноманітні дослідження в сучасних лабораторіях, вивчаючи процеси анаеробного бродіння, аналізуючи склад біогазу та біодобрих;
- навчальні ферми та біогазові установки: університет має власні

навчальні ферми та біогазові установки, де студенти можуть спостерігати за роботою реального виробництва, брати участь у технічному обслуговуванні та проводити експерименти;

- проектна діяльність: студенти беруть участь у розробці та реалізації наукових проектів, пов'язаних з виробництвом біогазу. Це дозволяє їм застосувати теоретичні знання на практиці та розвивати навички вирішення реальних проблем;

- стажування на підприємствах: студенти мають можливість проходити стажування на провідних підприємствах галузі, де вони отримують досвід роботи з сучасним обладнанням та технологіями [42].

Основні напрямки практичної підготовки в даній сфері є:

- технології виробництва біогазу: вивчення різних технологій виробництва біогазу, їхніх переваг і недоліків;

- аналіз біогазу та біодобрив: визначення складу біогазу, аналіз його теплотворної здатності, вивчення властивостей біодобрив;

- проектування біогазових установок: розробка проектів біогазових установок різної потужності з урахуванням місцевих умов;

- експлуатація біогазових установок: вивчення принципів роботи біогазових установок, їх технічне обслуговування та ремонт;

- економіка біоенергетики: аналіз економічної ефективності проектів з виробництва біогазу, розрахунок собівартості біогазу [42].

Обмін досвідом між Вінницьким національним аграрним університетом та Університет прикладних наук Вайнштефан-Тріздорф дав можливість використати кращі практики даного закладу в навчально-наукову діяльність ВНАУ, в тому числі, практику створення навчальних студентських фермерських господарств.

В рамках навчально-наукової діяльності студентських фермерських господарств, направлених на виробництво продукції тваринництва, на базі ВНАУ та НДГ «Агрономічне» виробничі потужності яких складають ВРХ – 50 гол., кіз – 100 гол., овець – 100 гол., свиней 80 гол. та птиці – 500 гол. Доцільно створити науково-виробничі умови для розвитку наукових досліджень в сфері виробництва біогазу. Виходячи з розрахункових даних таблиці 2.3. та даних Сайту місцевого

розвитку територіальних громад [43], теоретичний обсяг утворення біогазу в розрахунку на 1 гол/добу становитиме від 0,06 м³ до 1,1 м³, що дасть можливість продукувати до 83,95 тис. м³ біогазу (табл. 3.10).

Як зазначалося в 2 розділі, на сьогодні науковцями ВНАУ створено та запатентовано біогазовий реактор [44] використання якого, на базі даного господарства, дасть змогу проводити дослідження можливості змішування різних видів відходів в тому числі рослинного походження.

Таблиця 3.10

Показники виробництва біогазу на базі навчального студентського фермерського господарства ВНАУ на основі імплементованого досвіду Університету прикладних наук Вайнштефан-Тріздорф

Вид тварин	Чисельність, од	Середній вихід біогазу на 1 голову, м ³ /добу	Потенційний обсяг утворення біогазу, м ³ /рік	В перерахунку на біометан, м ³ /рік
ВРХ	50	0,8	14600	8760
Кози	100	0,06	2190	1314
Вівці	100	0,06	2190	1314
Свині	80	1,1	32120	19272
Птиця	500	0,18	32850	19710
Всього	830	2,2	83950	50370

Джерело: власні дослідження

Використання виробничої бази даного господарства дасть змогу:

- проводити практичне навчання студентів різних спеціальностей в сфері проектування інноваційних виробництв (виробництва біогазу);
- проводити дослідження в сфері розробки оптимальних субстратів для виробництва біогазу;
- популяризації виробництва біогазу серед майбутніх спеціалістів аграрної галузі;
- обмін досвідом в даній сфері з міжнародними науковими установами;
- створення сировинної бази для виробництва біогазу з послідуочим використання даного енергетичного ресурсу для обігріву адміністративних приміщень НДГ «Агрономічне» ВНАУ та тепличного господарства;
- дослідження впливу внесення дигестату на урожайність

сільськогосподарських культур.

Отже, систематизація досвіду провідних країн ЄС та Китаю в сфері виробництва біогазу, дало можливість частково запровадити їх досвід до сучасних реалій та розробити план заходів щодо створення програми державного стимулювання розвитку виробництва біогазу в домогосподарствах, представлено в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11

План заходів щодо створення програми державного стимулювання розвитку виробництва біогазу в особистих селянських господарствах з урахуванням досвіду Китаю та країн ЄС

Категорія	Заходи	Очікувані результати	Роки впровадження
Фінансова підтримка	Прямі субсидії для домогосподарств, податкові пільги та кредитні програми для підприємств	Збільшення інвестицій в галузь, зниження вартості обладнання та послуг	2024-2030
Інформаційна підтримка	Розробка методичних посібників, організація навчальних заходів, створення інформаційного порталу для домогосподарств	Поширення знань про технології виробництва біогазу, підвищення обізнаності населення	2024-2030
Науково-дослідна діяльність	Фінансування наукових проєктів, співпраця з науковими установами та створення на базі університетів, навчальних студентських господарств, лабораторій біоенергетики	Вдосконалення технологій виробництва біогазу, підвищення його ефективності	2024-2030
Сприятливе законодавче середовище	Спрощення процедури отримання дозволів, встановлення стандартів якості, регулювання ринку	Зменшення адміністративного навантаження, забезпечення якості продукції, створення конкурентного ринку	2024-2025
Міжнародна співпраця	Залучення інвестицій, обмін досвідом	Прискорення розвитку галузі, впровадження нових технологій	2024-2030
Загальні результати програми	Збільшення виробництва біогазу, зменшення викидів парникових газів, створення нових робочих місць, розвиток сільських територій, збільшення експорту біопалива	Енергетична безпека країни, збереження довкілля, розвиток сільського господарства	2030

Джерело: власні дослідження

Відповідно до даного плану необхідним є:

– спрямування доходів від реалізації квот викидів CO₂ за Кіотським протоколом на дотування купівлі обладнання домогосподарствам, що планують

виробляти біогаз для власних потреб (компенсація вартості обладнання вітчизняного виробництва в розмірі 40%);

- створення інформаційних порталів з популяризації виробництва біогазу (сайти науково-дослідних установ, місцевих адміністрацій) та залучення інвесторів (внесення потенційних інвестиційних пропозицій підприємств в інвестиційні паспорти областей);

- фінансування створення мережі навчальних студентських господарств за прикладом ВНАУ для популяризації виробництва біогазу, підтримки наукових досліджень в даній сфері;

- вдосконалення нормативної бази для мінімізації податкового навантаження на біогазові проєкти в промисловості (податкові канікули для біогазових заводів до моменту введення в експлуатацію);

- встановлення квот на експорт біометану промисловими підприємствами з метою забезпечення енергонезалежності держави;

- розвиток обміну досвідом в сфері виробництва біогазу з країнами ЄС та Китаєм, проведення спільних досліджень в рамках науково-дослідних проєктів міжнародного рівня.

Розробка та реалізація програми державного стимулювання розвитку виробництва біогазу в домогосподарствах та підприємствах є необхідним кроком для забезпечення енергетичної та екологічної безпеки країни, збереження довкілля та розвитку сільського господарства в тому числі через імплементацію практики міжмуніципального інвестиційного співробітництва. Проведенням спільних досліджень між науковими установами країн ЄС та України. Джерелом фінансування програми мають стати надходження від реалізації «вуглецевих» квот передбачених Кіотським протоколом.

Висновки до розділу 3

1. Визначено, що оцінка значущості виробництва біогазу для України має враховувати комплексний вплив на економіку, екологію та енергетичну безпеку країни. Зокрема, варто враховувати такі фактори:

– екологічні аспекти: зменшення викидів парникових газів, утилізація органічних відходів, покращення родючості ґрунтів завдяки органічним добривам, зменшення використання хімічних добрив;

– економічні аспекти: зменшення залежності від імпорту енергоносіїв, стабілізація цін на енергію, створення нових робочих місць, збільшення доходів бюджету;

– соціальні аспекти: децентралізація енергопостачання, розвиток сільських територій.

2. Потенціал розвитку виробництва біогазу в Україні є значним завдяки великій кількості органічних відходів та можливості отримання додаткового доходу від продажу квот на викиди CO₂. Економетричні моделі дозволяють прогнозувати обсяги виробництва біогазу та оцінювати вплив різних факторів на цей процес.

За результати моделювання для успішної реалізації потенціалу біогазової галузі необхідним є:

– стабільне фінансування, податкові пільги, спрощення процедур, розробка довгострокових програм;

– інвестиції в дослідження та розробки нових технологій, співпраця з науковими установами;

– популяризація біогазу серед населення та бізнесу;

– залучення іноземних інвестицій та доходів від продажу квот за кіотським протоколом на фінансування малої біоенергетики, а також обмін досвідом.

3. Для забезпечення енергетичної безпеки та екологічного добробуту країни необхідна державна програма стимулювання виробництва біогазу на рівні домогосподарств та підприємств. Така програма сприятиме збереженню довкілля, розвитку сільського господарства та зміцнить енергетичну незалежність України.

Реалізація програми передбачає активну співпрацю між муніципалітетами та міжнародними науковими установами, а також використання коштів від продажу квот на викиди парникових газів для компенсації вартості обладнання для домогосподарств (40 % вартості).

Матеріали розділу опубліковано у працях автора зі списку джерел: [16, 25, 26, 30, 39, 40, 41].

Список використаних джерел до розділу 3:

1. Vovk V., Krasnoselska A. Ecologization of Agricultural Production Based on the Use of Waste-Free Technologies to Ensure Energy Autonomy of AIC. Global trends and prospects of socio-economic development of Ukraine: scientific monograph. Riga, Latvia: Publishing House “Baltija Publishing”, 2022. P. 59–87.

2. Логоша Р. В. Напрями удосконалення механізму державного регулювання ринку біопалив в Україні. Економіка, облік, фінанси, менеджмент і право: актуальні питання і перспективи розвитку : зб. тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Полтава, 31 липня 2021 р. Полтава. 2021. С. 6–9.

3. Пришляк Н. В., Токарчук Д. М., Паламаренко Я. В. Забезпечення енергетичної та екологічної безпеки держави за рахунок біопалива з біоенергетичних культур і відходів. Вінниця : ТОВ «Консоль», 2019. 248 с.

4. Калетнік Г.М., Лутковська С.М. Екологічна модернізація та органічне виробництво в системі екологічної безпеки: монографія. Вінниця: ВНАУ. 2022. 356 с.

5. Калетнік Г.М., Шпикуляк О.Г., Хвесик Ю.М., Білокінна І.Д. Розвиток кооперації у реалізації потенціалу відновлюваних джерел енергії для впровадження «Зеленого» курсу і сталого розвитку сільських територій. *Економіка природо-користування і сталий розвиток*. 2022. № 12 (31). С. 26-38. DOI: [https://doi.org/10.37100/2616-7689.2022.12\(31\).3](https://doi.org/10.37100/2616-7689.2022.12(31).3)

6. Tokarchuk D., Pryshliak N., Yaremchuk N., Berezyuk S. Sorting, Logistics and Secondary Use of Solid Household Waste in Ukraine on the Way to European

Integration. *Ecological Engineering and Environmental Technology*. 2023. № 24 (1). P. 207–220. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/154995>

7. Pryshliak N., Dankevych V., Tokarchuk D., Shpykuliak O. The sowing and harvesting campaign in Ukraine in the context of hostilities: challenges to global energy and food security. *Polityka Energetyczna*. 2023. Vol. 26. Issue 1. P. 145–167. DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/161794>

8. Токарчук Д. М., Томляк Т. С. Огляд поводження з відходами у країнах ЄС і досвід їх енергетичного використання. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2023. № 2 (64). С. 44-58. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2023-2-3>

9. Фурман І. В., Токарчук Д. М., Шевчук Г. В. Освоєння виробництва нових видів продукції на підприємствах аграрної сфери як напрям забезпечення продовольчої безпеки держави. *Економіка та суспільство*. 2023. № 53. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2650/2566> DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-38>

10. Honcharuk I., Tokarchuk D., Gontaruk Y., Kolomiets T. Production and Use of Biogas and Biomethane from Waste for Climate Neutrality and Development of Green Economy. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25. Issue 2. P. 20-32. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/175876>

11. Березюк С.В., Березюк Ю.Б., Медвідь Т.Ю. Ефективність використання індивідуальних біогазових установок для переробки відходів домогосподарств. *Економіка та суспільство*. 2024. № 59. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3423>. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-46>.

12. Kupchuk I., Yemchuk T., Gontaruk Ya., Tarasova O., Shevchuk H., Okhota Yu. Production of biofuels as a direction to ensure energy independence of Ukraine under martial law: monograph. Primedia eLaunch, Boston, USA. 2023. 102 p. DOI: <https://doi.org/10.46299/979-8-89269-755-2>.

13. Сайт компанії Zorg. URL: <https://zorg-biogas.com/uk/tehnologii/suhoymetod> (дата звернення 28.08.2024 р.).

14. Kucher O., Yermakov S., Andreitseva I., Plotnichenko S., Kozak O. Methodological aspects of marketing management in the context of the bio-economic direction implementation of the bioeconomy of Ukraine (on the example of renewable energy sources). *Engineering for Rural Development*. Jelgava, Latvia. 2024. P. 850-857. DOI: <https://doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF167>
15. Kucher O., Hutsol T., Glowacki S., Andreitseva I., Dibrova A., Muzychenko A., Szelaґ-Sikora A., Szparaga A., Kocira S. Energy Potential of Biogas Production in Ukraine. *Energies*. 2022. Volume 15. Issue 5. March-1 2022. Article number 1710. P. 1-22. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15051710>
16. Zelenchuk N. State regulation of biofuel production in Ukraine. *In: Scientific and practical principles of development of territorial communities in the conditions of decentralization of power*. Monograph. Primedia eLaunch, Boston, USA, 2022. P. 213-238. DOI: <https://doi.org/10.46299/979-8-88680-820-9.10>.
17. Kaletnik G., Honcharyk I, Okhota Y. The Waste-free production development for the energy autonomy formation of ukrainian agricultural enterprises. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2020. Vol. 11 (3). P. 513–522. DOI: [https://doi.org/10.14505//jemt.v11.3\(43\).02](https://doi.org/10.14505//jemt.v11.3(43).02)
18. Калетнік Г.М., Гонтарук Я.В. Диференціація розвитку галузей переробної промисловості аграрного сектору Вінницької області. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2020. № 3 (53). С. 7–23. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2020-3-1>
19. Логоша Р.В., Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю. Економічна та біоенергетична ефективність використання дигестату біогазових станцій при вирощуванні сільськогосподарських та овочевих культур в умовах євроінтеграції України. *Бізнес Інформ*. 2022. № 9. С. 40–52. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-9-40-52>
20. Ціна вуглецю в Україні та практики використання надходжень від податку на CO2. URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2021/12/cina-vuhlesciu-v-ukrainiv-2.pdf> (дата звернення 01.09.2024 р.).
21. Податкова декларація екологічного податку 2024. URL:

<https://buhplatforma.com.ua/article/7664-deklaratsya-z-ekologchnogo-podatku> (дата звернення 01.09.2024 р.).

22. Світовий досвід торгівлі квотами на викид парникових газів в рамках Кіотського протоколу. URL: <https://ecolog-ua.com/news/svitovyy-dosvid-torgivli-kvotamy-na-vykyd-parnykovykh-gaziv-v-ramkah-kiotskogo-protokolu> (дата звернення 01.09.2024 р.).

23. Логоша Р. В., Семчук І. А. Ідентифікація моделей маркетингу взаємодії сільськогосподарських підприємств з виробництва біопалива. *Економіка АПК*. 2020. № 12 (314). С. 45–54. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.202012045>.

24. Кучер О.В., Єрмаков С.В. Методологія маркетингових досліджень біоекономічних процесів. *Подільський вісник : сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. Випуск 1 (38). С. 132-139. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.19>

25. Зеленчук Н. В. Дослідження факторів впливу на еколого-економічну ефективність виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України. Фінансові аспекти розвитку держави, регіонів та суб'єктів господарювання: теорія, методологія, практика: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Рівне, 30 березня 2024 р.). Рівне: ЦФЕНД, 2024. С. 20-21.

26. Зеленчук Н. В. Модель підвищення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу. Наука, освіта і технології в XXI столітті: наукові ідеї та механізми реалізації: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Ізмаїл, 2 квітня 2024 р.). Ізмаїл: ЦФЕНД, 2024. С. 28-30.

27. Виробництво електроенергії з ВДЕ у 2023 році. URL: <https://saf.org.ua/news/1866/> (дата звернення 04.09.2024 р.).

28. Сайт Міністерства розвитку громад територій та інфраструктури України URL: <https://mtu.gov.ua/files/%D0%94%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B0%20%D1%89%D0%BE%D0%B4%D0%BE%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%83%20%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B8%20%D0%B>

F%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%B7%20%D0%BF%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D0%B8%20%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D0%BC%D0%B8%20%D0%B7%D0%B0%202022%20%D1%80%D1%96%D0%BA%20(1).docx (дата звернення: 23.09.2024).

29. Перспективи виробництва біометану в Україні. URL: <https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/%D0%93%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D1%82%D1%83%D1%85%D0%B0-%D0%9F%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B8-%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%B0-%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%83-%D0%B2-%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%96.pdf> (дата звернення 04.09.2024 р.).

30. Зеленчук Н. В. Оцінка біоенергетичного потенціалу відходів, що продукуються підприємствами та домогосподарствами України. The 6th International scientific and practical conference «Topical issues of modern science, society and education» (December 26-28, 2021) SPC «Sci-conf.com.ua», Kharkiv, Ukraine. 2021. Pp. 1449–1453. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2021/12/TOPICAL-ISSUES-OF-MODERN-SCIENCE-SOCIETY-AND-EDUCATION-26-28.12.21.pdf>

31. Калетнік Г. М., Здирко Н. Г., Фабіянська В. Ю. Біогаз в домогосподарствах – запорука енергонезалежності сільських територій. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2018. № 8 (36). С. 7-22.

32. Фурман І. В., Уровський О. С. Перспективи розвитку виробництва біогазу на полігонах твердих побутових відходів. *Економіка та суспільство*. 2023. № 57.

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-57-50>

33. Токарчук Д. М., Томляк Т. С. Огляд поводження з відходами у країнах ЄС і досвід їх енергетичного використання. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2023. № 2 (64). С. 44-58. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2023-2-3>.

34. Гончарук І. В. Європейські практики регулювання та поводження з дигестатом у контексті агроекологічного переходу країн ЄС у межах європейського зеленого курсу. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2023. № 3 (53). С. 144-155. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2023-3-10>

35. China to launch rural pilot scheme for renewable energy. URL: <https://www.reuters.com/business/environment/china-launch-rural-pilot-scheme-renewable-energy-2023-03-23/> (дата звернення 05.09.2024).

36. Охота Ю.В. Виробництво біометану у світі та Україні: сучасний стан, технологія та перспективи розвитку. *Економіка та суспільство*. 2023. № 56. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-156>. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3096>

37. Kaletnik G., Pryshliak N., Khvesyuk M., Khvesyuk J. Legal regulations of biofuel production in Ukraine. *Polityka energetyczna*. 2022. Vol. 25. Issue 1. P. 125–142 DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/146411>

38. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 р. No 2320-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 17.08.2024)

39. Зеленчук Н. В. Аналіз зарубіжного досвіду підвищення ефективності виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах. *Економіка та суспільство*. 2024. № 60. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-59>

40. Лутковська С. М., Коломієць Т. В., Зеленчук Н. В. Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в контексті євро інтеграційних процесів на шляху до сталого економічного розвитку. *Інвестиції: практика та досвід*. 2023. № 1. С. 11-21. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2023.1.11>

41. Berezyuk S., Pronko L., Zelenchuk N. Prospects of implementation of abroad

experience of cooperation of territorial communities in Ukraine. *In: Strategic imperatives for the development of local selfgovernment in the conditions of European integration processes in Ukraine*. Monograph. Primedia eLaunch, Boston, USA, 2023. P. 83-113 p. DOI: <https://doi.org/10.46299/979-8-88992-679-5.4>

42. Сайт Університету прикладних наук Вайнштефан-Тріздорф. URL: <https://ima.hswt.de/de/weiterbildung/lehrvideos/praxisvideos> (дата звернення 05.09.2024).

43. Біогазові технології в Україні встановлення та робота біогазових установок. URL: http://cba.org.ua/one/images/stories/CBA_news/Innovations_in_CBA/Budivnyctvo_i_eksplo_Biogas_2011.pdf (дата звернення 12.09.2024 р.).

44. Гончарук І. В., Токарчук О. А., Токарчук Д. М., Пришляк Н. В. Біогазовий реактор з повітряним підігрівом. Пат. № 146896 Уа, МПК 146895 C02F 11/04 u 2020 06001; заяв. 21.09.2021, опубл. 31.03.2021, Бюл. № 13. 5 с.

ВИСНОВКИ

1. Визначено, що основними напрямками розвитку біоенергетики в Україні є використання сільськогосподарських ресурсів для виробництва біопалив, розвиток та удосконалення законодавчого середовища щодо використання відновлювальних джерел енергії, вдосконалення технологій виробництва та конвертації біомаси, обмін досвідом, технологіями та інвестиціями з іншими країнами може сприяти ефективнішому впровадженню сучасних рішень у біоенергетичному секторі та залучення інвестицій в біоенергетичні проекти, що може бути ключовим для їх успішного впровадження.

2. Обґрунтовано, що при визначенні теоретичного потенціалу виробництва біогазу на підприємствах та домогосподарствах слід враховувати вартість та технологічність відповідного біогазового обладнання та методи переробки, рівень можливості масштабування технологій на підприємствах АПК, можливість використання біогазового обладнання для переробки відходів домогосподарств, доступні потужності та продуктивність відповідного обладнання та можливість використання біогазу в забезпеченні гарячого тепло- водопостачання підприємств та домогосподарств за рахунок виробленого біогазу, можливість надання консультативної допомоги потенційним користувачам біогазового обладнання при його використанні.

3. Застосування розробленого методичного інструментарію для оцінки еколого-економічної ефективності виробництва біогазу забезпечить наступний еколого-економічний ефект:

- можливість вартісного підрахунку підвищення рівня енергетичної безпеки держави, а в довгостроковій перспективі оцінити доцільність переходу до експорту біометану за рахунок можливості проведення комплексного запровадження відповідних виробництв в підприємствах та домогосподарствах;

- оцінити витрати споживачів (домогосподарств, підприємств тощо) на енергоносії та обрахувати доцільність виробництва та використання біогазу, та ефект від використання дигестату.

4. Визначено, що загальний потенціал виробництва біометану в Україні зосереджений в пожнивних рештках та силосуванні кукурудзи та на сьогодні з врахуванням потенціалу рослинництва складає 21,8 млрд м³. Обрахований сировинний потенціал тваринництва домогосподарств в перерахунку на біогаз, можна оцінити в розмірі 4,2 млрд м³ біометану. В тому числі, сировинний потенціал переробної промисловості АПК складається в основному з меляси, бурякового жому та спиртової барди та в перерахунку на біометан складає 0,65 млрд м³.

5. Проведенні розрахунки свідчать, що вартісне вираження еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на підприємствах АПК в 2023 році становило понад 1,49 млрд грн. Зважаючи на постійне здорожчання енергоносіїв та чисельності підприємств, що займаються виробництвом біогазу даний показник матиме тенденцію до зростання.

Визначено, що в Україні функціонує 4,8 млн домогосподарств у сільській місцевості володіють будинками, з яких 95% можуть використовувати біогазові установки. Понад 50% цих домогосподарств (2,28 млн од.) займаються тваринництвом, що робить їх потенційними виробниками біогазу.

Загальний еколого-економічний ефект від впровадження біогазових установок в цих домогосподарствах може сягнути 7,73 млрд грн щорічно. Інвестиції в біогазове обладнання для цих домогосподарств складуть 136 млрд грн. Для стимулювання розвитку біогазових технологій в селі, держава може пропонувати 40% компенсації вартості біогазового обладнання, виробленого в Україні. Також за допомогою державних програм доцільно погашати відсотки за кредитами, взятими на придбання такого обладнання.

Загальний еколого-економічний ефект від виробництва біогазу в Україні може сягнути понад 9,22 млрд грн на рік. Розвиток біогазових технологій в селі стимулюватиме виробництво вітчизняного біогазового обладнання, це також сприятиме енергетичній та екологічній безпеці держави.

Використання біогазових установок в домогосподарствах України, поки що на початковому етапі. Проте, за розвитку програм державної підтримки воно може

стати важливим фактором розвитку сільської місцевості та енергетики країни.

6. Обґрунтовано, що ефективність виробництва біогазу залежить від комплексу взаємопов'язаних чинників, які можна умовно поділити на зовнішні та внутрішні. До зовнішніх факторів відносяться: державна політика; ціни на традиційні енергоносії та попит на біогаз; громадська думка, екологічні вимоги та місцеві умови можуть як сприяти, так і перешкоджати реалізації біогазових проєктів. До внутрішніх факторів віднесено: вибір сировини для виробництва біогазу (енергетичні культури, відходи сільського господарства тощо); розмір реакторів, температура ферментації, технології; кваліфікація персоналу, система управління якістю та сертифікація.

Констатовано необхідність врахування даних факторів під час розробки та реалізації біогазових проєктів. Визначено оптимальний метод сертифікація біогазового заводу – ISCC EU (ISCC EU – міжнародна сертифікація сталого розвитку та викидів парникових газів).

Констатовано необхідність врахування даних факторів під час розробки та реалізації біогазових проєктів. Комплексний підхід до аналізу та планування дозволить збудувати екологічно чисте та економічно вигідне виробництво біогазу на базі підприємств та домогосподарств.

7. Визначено, що оцінка значущості виробництва біогазу для України має враховувати комплексний вплив на економіку, екологію та енергетичну безпеку країни. Зокрема, варто враховувати такі фактори:

- екологічні аспекти: зменшення викидів парникових газів, утилізація органічних відходів, покращення родючості ґрунтів завдяки органічним добривам, зменшення використання хімічних добрив;

- економічні аспекти: зменшення залежності від імпорту енергоносіїв, стабілізація цін на енергію, створення нових робочих місць, збільшення доходів бюджету;

- соціальні аспекти: децентралізація енергопостачання, розвиток сільських територій.

8. Потенціал розвитку виробництва біогазу в Україні є значним завдяки

великій кількості органічних відходів та можливості отримання додаткового доходу від продажу квот на викиди CO₂. Економетричні моделі дозволяють прогнозувати обсяги виробництва біогазу та оцінювати вплив різних факторів на цей процес.

Для успішної реалізації потенціалу біогазової галузі необхідним є: стабільне фінансування, податкові пільги, спрощення процедур, розробка довгострокових програм підтримки; спрямування доходів від продажу вуглецевих квот на дотування створення малих біогазових установок на базі домогосподарств; інвестиції в дослідження та розробки нових технологій, співпраця з науковими установами; популяризація біогазу серед населення та бізнесу.

9. Необхідним є імплементація створення навчальних студентських господарств за прикладом для продукування передових технологій виробництва біогазу. Для забезпечення енергетичної безпеки та екологічного добробуту країни необхідна державна програма стимулювання виробництва біогазу на рівні домогосподарств та підприємств. Така програма сприятиме збереженню довкілля, розвитку сільського господарства та зміцнить енергетичну незалежність України. Реалізація програми передбачає активну співпрацю між муніципалітетами та міжнародними науковими установами, а також використання коштів від продажу квот на викиди парникових газів.

ДОДАТКИ

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за спеціальністю 051 Економіка

Зеленчук Наталії Вячеславівни

№ п/п	Назва	Назва видання та його вихідні відомості, що дозволяють ідентифікувати та відрізнити це видання від інших	Кількість друкованих сторінок/ др. арк.)	Співавтори
Монографії іноземною мовою у зарубіжних виданнях				
1	State regulation of biofuel production in Ukraine.	Scientific and practical principles of development of territorial communities in the conditions of decentralization of power: monograph. Primedia eLaunch, Boston, USA, 2022. DOI: https://doi.org/10.46299/979-8-88860-820-9.6	<u>P. 213-235</u> 0,82	-
2	Prospects of implementation of abroad experience of cooperation of territorial communities in Ukraine.	Strategic imperatives for the development of local self-government in the conditions of European integration processes in Ukraine. Monograph. Primedia eLaunch, Boston, USA, 2023. DOI: https://doi.org/10.46299/979-8-88992-679-5.4	<u>P. 83-113</u> 0,3	Berezyuk S., Pronko L.,
Статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз				
3	Розвиток біоенергетики в Україні – енергетична та економічна безпека в умовах сталого розвитку.	<i>Ефективна економіка.</i> 2021. № 12. DOI: https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.12.2 URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=9701	<u>C. 1-7.</u> 0,9(0,45)	Лутковська С.М., Зеленчук Н.В.
4	Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в	Інвестиції: практика і досвід. 2023. № 1. DOI: https://doi.org/10.32702/2306-6814.2023.1.11	<u>C. 11-20</u> 0,6(0,2)	Лутковська С.М., Коломієць Т.В.,

	контексті євроінтеграційних процесів на шляху до сталого економічного розвитку.	URL: https://www.nayka.com.ua/index.php/investplan/article/view/943/952		
5	Оцінка потенціалу виробництва біогазу особистими селянськими господарствами.	<i>Економічний вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»</i> . 2023. № 25. DOI: https://doi.org/10.32782/2307-5651.25.2023.2 URL: http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/278409/273131	<u>С. 15-20.</u> 0,6(0,3)	Лутковська С.М.
6	Методичні підходи до визначення еколого- економічної ефективності виробництва біогазу на переробних підприємствах АПК України.	<i>Економічний вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»</i> . 2023. № 27. DOI: https://doi.org/10.20535/2307-5651.27.2023.297212 URL: https://ev.fmm.kpi.ua/article/view/297212	<u>С. 5-8.</u> 0,41	-
7	Аналіз зарубіжного досвіду підвищення ефективності виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах.	<i>Економіка та суспільство</i> . 2024. № 60. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-59 URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3600	0,5	
8	Фактори впливу на еколого-економічну ефективність виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України.	<i>Цифрова економіка та економічна безпека</i> . 2024. Випуск 3 (12). DOI: https://doi.org/10.32782/dees.12-8	<u>С. 47-51.</u> 0,55	
Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації				
				-

Інші видання (тези доповідей)				
9	Оцінка біоенергетичного потенціалу відходів, що продукуються підприємствами та домогосподарствами України.	Topical issues of modern science, society and education: proceedings of the 6th International scientific and practical conference. 26-28 December 2021. Kharkiv, Ukraine. 2021. Pp. URL: https://sci-conf.com.ua/vi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiyatopical-issues-of-modern-science-society-and-education-26-28-dekabrya-2021-godaharkov-ukraina-arhiv/	<u>C. 1449-1454</u> 0,22	-
10	Дослідження факторів впливу на еколого-економічну ефективність виробництва біогазу на підприємствах та в домогосподарствах України.	Фінансові аспекти розвитку держави, регіонів та суб'єктів господарювання: теорія, методологія, практика: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Рівне, 30 березня 2024 р.). Рівне: ЦФЕНД, 2024.	<u>C. 20-21</u> 0,2	-
11	Модель підвищення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу.	Наука, освіта і технології в XXI столітті: наукові ідеї та механізми реалізації: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Ізмаїл, 2 квітня 2024 р.). Ізмаїл: ЦФЕНД, 2024.	<u>C. 28-30</u> 0,2	-

Всього за темою дисертаційної роботи «Еколого-економічна ефективність виробництва біогазу на підприємствах та домогосподарствах України» опубліковано: 12 наукових праць загальним обсягом 22,36 умовн. др. арк. (власний доробок автора 4,65 умовн. др. арк.), 2,93 умовн. др. арк. у наукових фахових видання України, включених до міжнародних наукометричних баз; 1,12 умовн. друк. арк. у монографіях іноземною мовою; 0,6 умовн. др. арк. у інших виданнях.



Аспірант
Тимчасовий секретаря

Зеленчук Н.В.
Корпанюк Т.М.

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ НА НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ
КОНФЕРЕНЦІЯХ

за спеціальністю 051 Економіка

Зеленчук Наталії Вячеславівни

№ п/п	Тема доповіді	Назва конференції, місце, дата проведення
<i>Апробація результатів дисертації на науково-практичних конференціях</i>		
1	Оцінка біоенергетичного потенціалу відходів, що продукуються підприємствами та домогосподарствами України	Topical issues of modern science, society and education: proceedings of the 6th International scientific and practical conference. 26-28 December 2021
2	Дослідження факторів впливу на еколого-економічну ефективність виробництва біогазу на підприємствах та домогосподарствах України	Міжнародна науково-практичної конференції «Фінансові аспекти розвитку держави, регіонів та суб'єктів господарювання: теорія, методологія, практика». 30 березня 2024. С. 20-22.
3	Модель підвищення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу	Міжнародної науково-практичної конференції «Наука, освіти і технології в XXI столітті: наукові ідеї та механізми реалізації». 2 квітня 2024. С. 28-30.
4	Фактори впливу на еколого-економічну ефективність виробництва біогазу на підприємствах та домогосподарствах України	Всеукраїнська науково-практична конференція «Екологоорієнтовані технології вирощування сільськогосподарської продукції в умовах ґрунтозбереження та кліматичної нейтральності» 23-24 травня 2024 року



в.с. помічника Секретаря

Зеленчук Н.В.

Корпанюк Т.М.

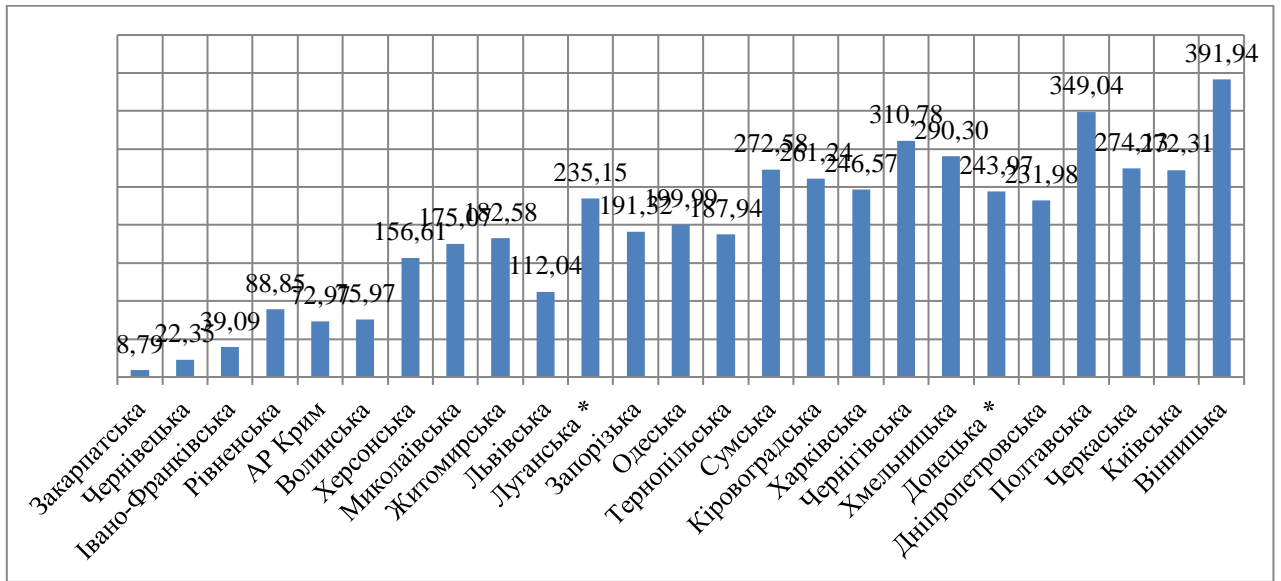


Рисунок Б 1. – Потенційний обсяг виробництва біометану з післяжнивних решток за регіонами, млн м³

Джерело: Сайт Біоенергетичної асоціації України URL: <https://uabio.org/>

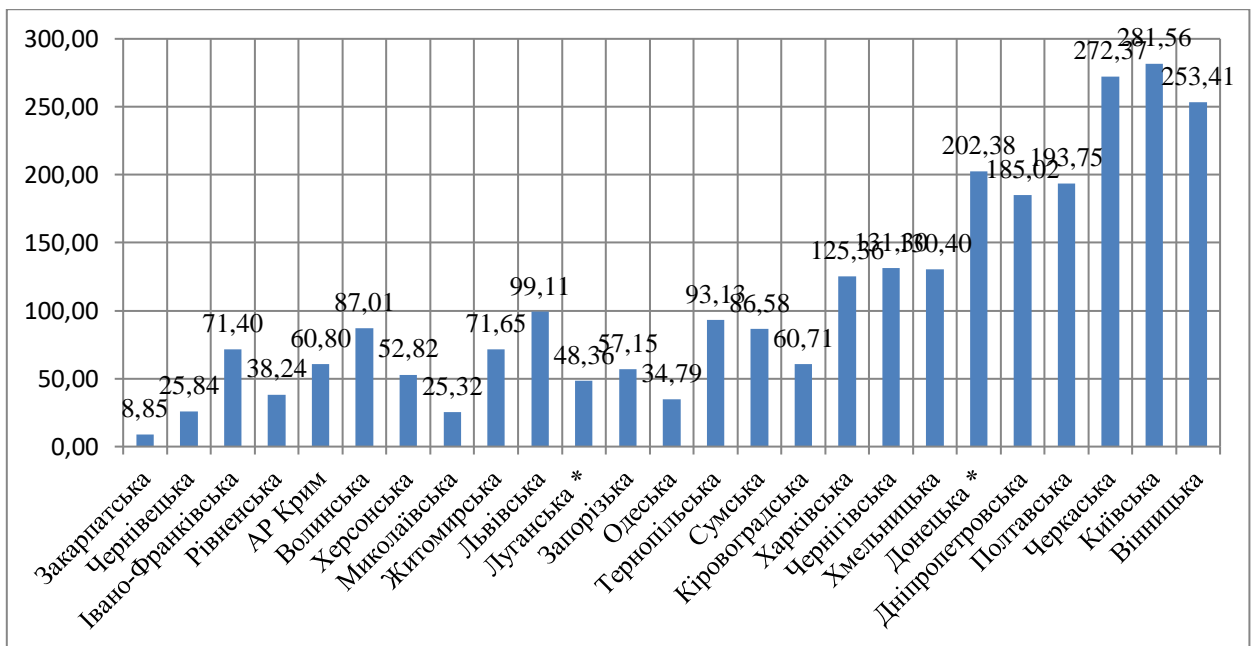


Рисунок Б 2. – Потенційний обсяг виробництва біометану з силосу кукурудзи за регіонами, млн м³

Джерело: Сайт Біоенергетичної асоціації України URL: <https://uabio.org/>

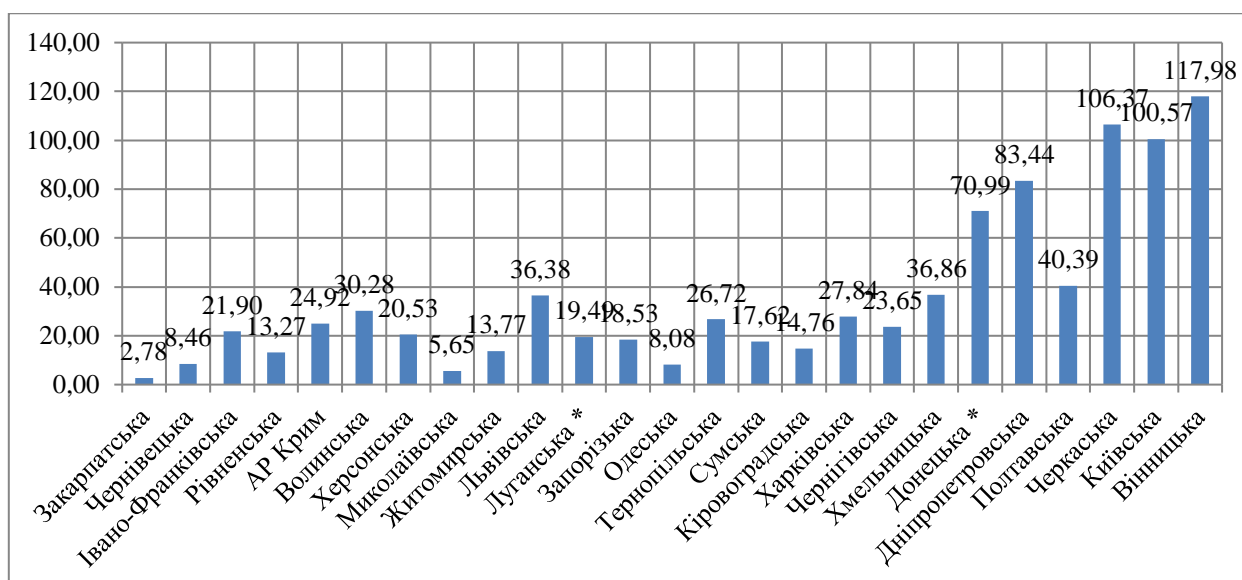


Рисунок Б 3. – Потенційний обсяг виробництва біометану з гною та посліду за регіонами, млн м³

Джерело: Сайт Біоенергетичної асоціації України URL: <https://uabio.org/>

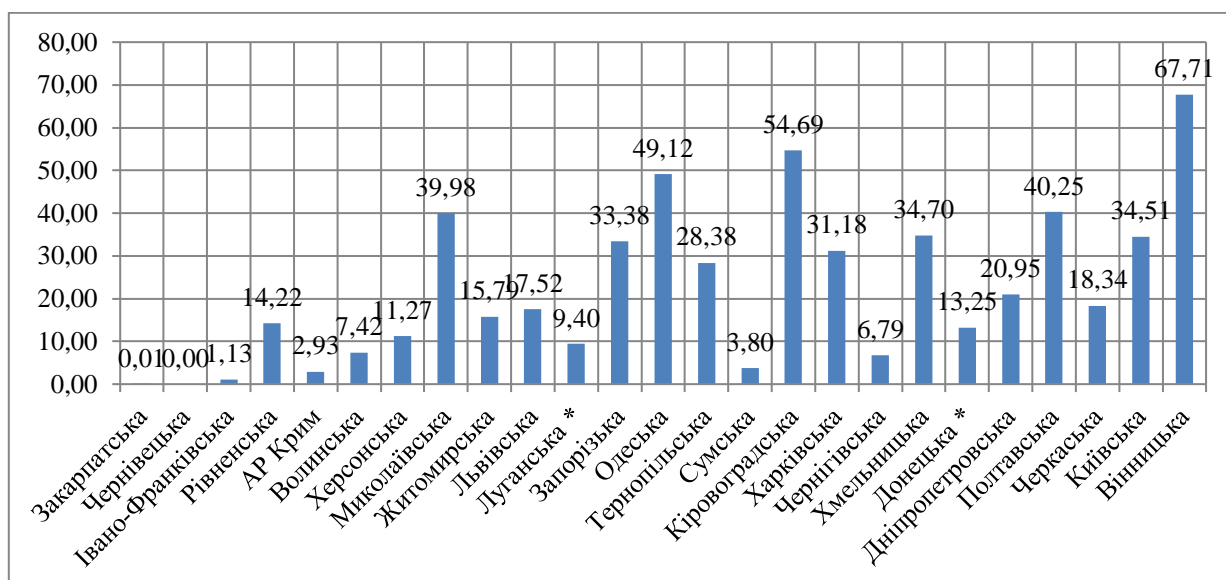


Рисунок Б 4. – Потенційний обсяг виробництва біометану з стічних вод харчової промисловості за регіонами, млн м³

Сайт Біоенергетичної асоціації України URL: <https://uabio.org/>

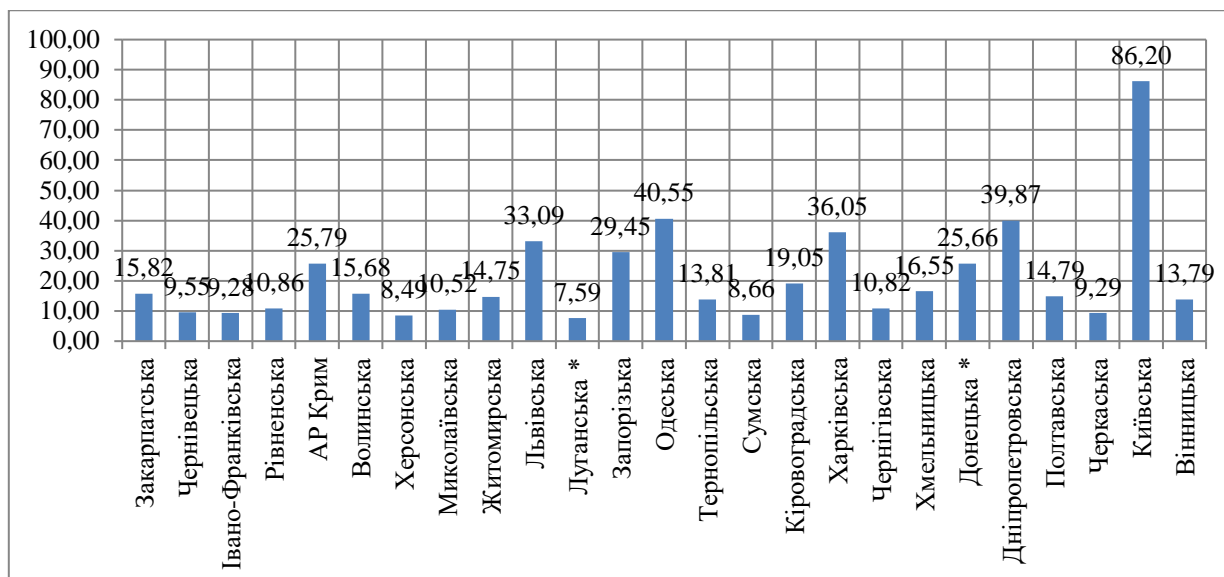


Рисунок Б 5. – Потенційний обсяг виробництва біометану з органічної фракції ТПВ за регіонами, млн м³

Джерело: Сайт Біоенергетичної асоціації України URL: <https://uabio.org/>

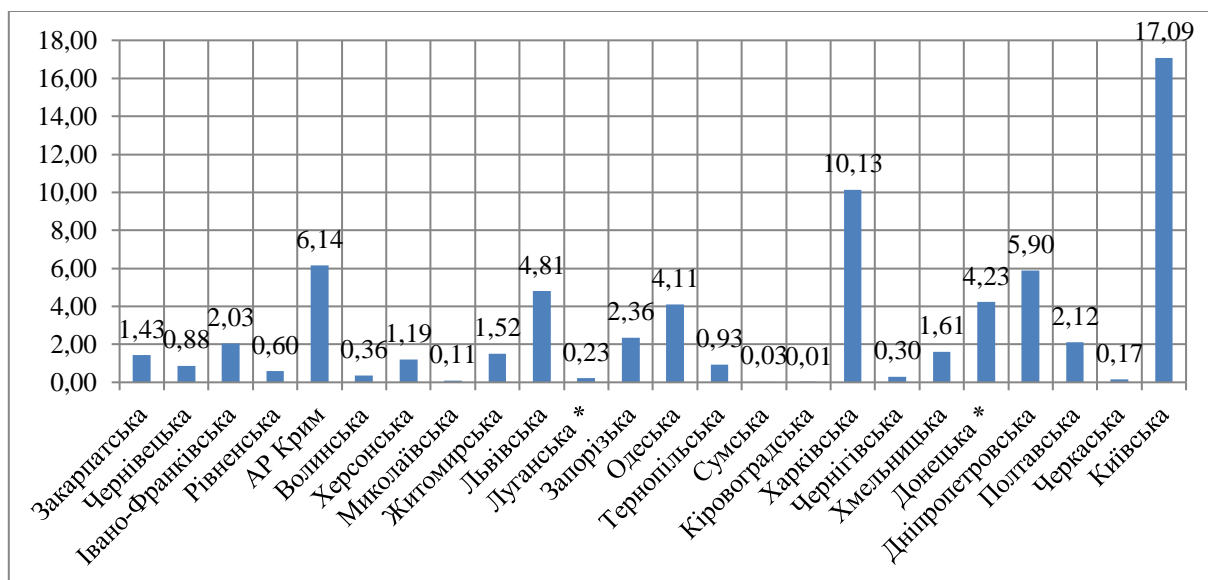


Рисунок Б 6. – Потенційний обсяг виробництва біометану за регіонами з стічних вод, млн м³

Джерело: Сайт Біоенергетичної асоціації України URL: <https://uabio.org/>



УКРАЇНА
ВІННИЦЬКА ОБЛАСНА ВІЙСЬКОВА АДМІНІСТРАЦІЯ
ДЕПАРТАМЕНТ АГРОПРОМИСЛОВОГО РОЗВИТКУ
21036, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 7, тел. (0432) 66-14-06
<http://www.vin.gov.ua> E-mail: dep_apr@vin.gov.ua

14.10.2024 № 01.1-24/844

ДОВІДКА
про впровадження результатів дисертаційного дослідження
«Еколого-економічна ефективність виробництва біогазу на
підприємствах та домогосподарствах України»
Зеленчук Наталії Вячеславівни

Результати дисертаційного дослідження «Еколого - економічна ефективність виробництва біогазу на підприємствах та домогосподарствах України» Зеленчук Наталії Вячеславівни використовуються в діяльності Департаменту агропромислового розвитку Вінницької обласної військової адміністрації. Зокрема, напрацювання стосовно створення механізмів державного стимулювання розвитку малих біогазових виробництв на базі домогосподарств.

Заслужують на увагу запропоновані пропозиції стосовно дотування створення об'єктів малої біогазової генерації через застосування механізмів дії Кіотського протоколу шляхом компенсації вартості обладнання вітчизняного виробництва, які будуть враховані при формуванні доповнень до Стратегії збалансованого регіонального розвитку Вінницької області на період до 2027 року та розроблення Програми соціально-економічного розвитку Вінницької області на 2025 рік.

Директор Департаменту



Олег СІДОРОВ



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, тел. (0432) 46-00-03,
email: office@vzau.org, rector@vzau.org, код ЄДРПОУ 00497236

15 жовтня 2024 р. № 01.1-60-1290
на № _____ від _____

ДОВІДКА

**про впровадження результатів наукових досліджень дисертаційного
роботи Зеленчук Наталії Вячеславівни на тему
«Еколого-економічна ефективність виробництва біогазу на
підприємствах та в домогосподарствах України»**

Повідомляємо, що наукові розробки Зеленчук Наталії Вячеславівни за вказаною темою дисертації мають практичну цінність, що зумовило їх впровадження в навчально-методичний процес та наукову роботу кафедри адміністративного менеджменту та альтернативних джерел енергії.

Положення дисертаційної роботи використовуються під час викладання окремих частин навчальних дисциплін «Енергоефективність та альтернативні джерела енергії», «Методологія та організація наукових досліджень з основами інтелектуальної власності», «Екологічна економіка».

Довідка видана Зеленчук Наталії Вячеславівні для представлення в спеціалізовану вчену раду за місцем захисту її дисертації на здобуття наукової ступеня доктора філософії.

Розглянуто та затверджено на засіданні науково-методичної комісії Вінницького національного аграрного університету від 29 серпня 2024 р. №2.

Ректор



Віктор МАЗУР

№ 02297



ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«ОРГАНІК-Д»

ТОВ «ОРГАНІК-Д» код ЄДРПОУ 41719602; ІПН 417196002213;
23310, Вінницька область, Вінницький район, м. Гнівань,
вул. Польова, 4А; р/р UA143005280000026009455066528 в АТ «ОТП БАНК»
e-mail: organic.d.ltd@gmail.com; тел.(096) 584 34 89

Вих № 22
Від 14.10.2024 року

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження

Компанія ТОВ «Органік-Д» засвідчує, що проведені впродовж 2021-2023 рр. дослідження за темою дисертаційного дослідження «Еколого-економічна ефективність виробництва біогазу на підприємствах та домогосподарствах України» та сформовані науково-технічні розробки Зеленчук Наталії Вячеславівни використовувались для систем інжекторного внесення рідкої фракції дигестату з метою оптимізації витрат при удобренні сільськогосподарських культур на площі понад 200 га.

Заслугують на увагу запропоновані пропозиції використання розробленої технології внесення рідких органічних добрив дигестату, на основі анаеробного зброджування свинячого гною в біогазовій станції перед основним обробітком ґрунту, що в комплексі дасть можливість знизити витрати на виробництво біогазу шляхом зменшення витрат на його осушування та підвищити засвоєння поживних елементів з добрив сільськогосподарськими культурами за рахунок використання інжекторних систем внесення.

Директор ТОВ «Органік-Д»



В.Ю. Кричковський



УКРАЇНА
ІЛЛІНЕЦЬКА МІСЬКА РАДА
вул. Соборна, 19, м. Іллінці, Вінницька обл. 22700
тел/факс (04345) 2-18-21
Web: <http://www.illintsi.org.ua> E-mail: ill_m_rada@ukr.net

Зв. 09.2014 № 243

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження

Результати дисертаційного дослідження «Еколого-економічна ефективність виробництва біогазу на підприємствах та домогосподарствах України» Зеленчук Наталії Вячеславівни використовуються в діяльності Іллінецької міської ради. Зокрема, напрацювання стосовно створення механізмів міжмуніципального інвестиційного співробітництва в сфері утилізації твердих побутових відходів.

Заслугують на увагу запропоновані пропозиції стосовно розвитку міжмуніципальних проектів в сфері утилізації твердих побутових відходів, які будуть враховані при формуванні доповнень до Стратегія сталого розвитку Іллінецької міської територіальної громади до 2027 року.

Міський голова



Володимир ЯЦУК