

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-15-1-15>

УДК 620.95:628.353

О. Г. Скляр, канд. техн. наук

ORCID: 0000-0002-0456-2479

Р. В. Скляр, канд. техн. наук

ORCID: 0000-0002-1547-5100

А. С. Комар, інженер

ORCID: 0000-0001-7037-8402

В. Д. Акулов, аспірант

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

e-mail: radmila.skliar@tsatu.edu.ua

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

Анотація. У статті розглянуто сучасний стан виробництва й використання біогазу в Україні з акцентом на перспективи оптимізації біогазових установок та ефективну утилізацію відходів птахівництва. Проаналізовано основні технологічні аспекти вдосконалення роботи біогазових комплексів, зокрема впровадження високоефективних систем очищення біогазу, оптимізацію процесів ферментації та застосування цифрових технологій для управління установками. Особливу увагу приділено використанню відходів птахівництва як перспективної сировини для біогазових станцій, що дає змогу зменшити екологічне навантаження та підвищити економічну ефективність біоенергетичних проєктів.

Ключові слова: біогаз, біогазові установки, утилізація відходів, оптимізація процесів, біоенергетика, очищення біогазу, птахівництво.

Постановка проблеми. В умовах зростаючої енергетичної кризи та стрімкого підвищення цін на викопні енергоносії Україна стоїть перед необхідністю переходу до відновлюваних джерел енергії. Біогаз, отриманий шляхом анаеробного зброджування органічних відходів, є одним із найперспективніших альтернативних енергоносіїв, який сприяє як утилізації біомаси, так і зниженню негативного впливу на довкілля [1, 2]. Проте поточна технологічна база біогазових установок в Україні має низку недоліків, що обмежують їх ефективність. Серед основних проблем – недостатня автоматизація технологічного процесу, високі енергетичні витрати на підтримання оптимальних умов ферментації та неефективність теплових систем, зокрема в контексті підігріву сировини [3, 4]. Особлива складність виникає під час переробки відходів птахівництва, зокрема пташиного посліду, які характеризуються високою неоднорідністю та змінним вмістом органічних речовин [5]. Відсутність сучасних технологій, здатних забезпечити стабільну ферментацію та ефективну утилізацію цих відходів, призводить до зниження виходу метану, що обмежує можливості заміщення імпортного природного газу біогазом [6]. Крім того, недосконала нормативно-правова база та відсутність комплексної підтримки з боку держави стримують розвиток галузі, що позначається як на технічних, так і на економічних показниках. Таким чином, вирішення проблем оптимізації біогазових установок, удосконалення технологій рекуперації тепла [7], автоматизації процесів та інтеграції сучасних методів утилізації птахівницьких відходів є надзвичайно важливим завданням для забезпечення енергетичної незалежності України та її інтеграції у глобальний ринок відновлюваної енергії.

Аналіз останніх досліджень. Оптимізація виробництва біогазу за допомогою сучасних технологій детально досліджується як українськими, так і зарубіжними вченими, це питання аналізували Максимов М., Жадан С., Шевчук В., Ратушняк Г., Піцик В., Голуб Н. Б., Козловець О.,



Nielfa A., Schlegel M., Brone I. [8–16] Останні наукові дослідження в цій галузі зосереджені на підвищенні ефективності анаеробного зброджування, покращенні систем очищення біогазу та застосуванні сучасних методів моделювання процесів.

Дослідження [9], опубліковане в Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, присвячене оптимізації виробництва біогазу з використанням штучних нейронних мереж. Автори розробили модель, яка дає можливість прогнозувати кумулятивний вихід біогазу та метану в процесі анаеробного зброджування відходів, враховуючи такі параметри, як гідравлічний час утримання, рН середовища та температура. Застосування цієї моделі сприяє підвищенню ефективності біогазових установок шляхом оптимізації робочих умов.

У статті [10] розглядається утилізація пташиного посліду в рамках безвідходної технології. Автори аналізують доцільність використання пташиного посліду для виробництва біогазу й отримання органічних добрив, підкреслюючи важливість збереження азоту та інших поживних речовин у кінцевому продукті.

Дослідження Жадана С. [11] присвячене біотехнології переробки відходів птахівництва, зокрема курячого посліду, з метою отримання біогазу. У роботі розглядаються процеси метанового зброджування та фактори, що впливають на ефективність цього процесу, зокрема вміст амонійного азоту та сульфідів, які можуть спричиняти інгібування біохімічних реакцій.

Ці дослідження підкреслюють важливість комплексного підходу до оптимізації біогазових установок, включно з удосконаленням технологій переробки відходів птахівництва, застосуванням сучасних методів моделювання й автоматизацією процесів, а також модернізацією систем очищення біогазу для підвищення його якості й ефективності використання.

Формулювання мети статті. Метою статті є визначення ключових технологічних аспектів оптимізації біогазових установок, а також обґрунтування ефективних методів утилізації відходів птахівництва для підвищення енергоефективності й екологічної безпеки.

Основна частина. У сучасних умовах зростання цін на викопні енергоносії та загострення екологічної ситуації виробництво біогазу набуває особливої актуальності для України [17]. Біогаз, який отримують шляхом анаеробного зброджування органічних відходів, дає змогу не лише утилізувати біомасу, але й забезпечити енергетичну незалежність країни та знизити викиди парникових газів. Особливо перспективним є використання біогазових установок на базі агропромислової сировини, серед якої важливе місце посідають відходи птахівництва [18]. Розвиток ефективних технологій утилізації пташиного посліду сприяє підвищенню виходу біогазу, отриманню якісних органічних добрив і вирішенню екологічних проблем, пов'язаних із накопиченням відходів у сільській місцевості [19, 20].

Наразі в Україні функціонує близько 60 біогазових установок із загальною потужністю понад 90 МВт. Основними джерелами сировини є гній тваринництва, аграрні залишки, відходи харчової промисловості та побутові органічні відходи. За оцінками, потенціал виробництва біогазу міг би замінити до 59 % споживання природного газу, що свідчить про величезні можливості галузі. Однак масштабному впровадженню технологій перешкоджають високі капіталовкладення, недостатня автоматизація процесів і обмежена інфраструктура для збору сировини [21, 22].

Підвищення ефективності анаеробного зброджування – ключовий напрям оптимізації біогазових установок. Сучасні системи автоматизації з використанням програмованих логічних контролерів дають змогу в режимі реального часу контролювати температуру, рН та швидкість завантаження субстрату, що забезпечує стабільну роботу метантенків і максимальний вихід метану [23, 24]. Попередня підготовка сировини, включно з подрібненням, змішуванням і регулюванням вологості, є невід'ємною умовою для досягнення рівномірного розподілу органічних речовин і оптимального контакту з метаноутворювальними мікроорганізмами.

Оптимізація біогазових установок – це комплекс заходів, спрямованих на підвищення ефективності виробництва біогазу, зниження енергозатрат, покращення якості кінцевого продукту та забезпечення економічної доцільності підприємства. Існує кілька основних напрямів оптимізації [25–27].

Технічна оптимізація. Перше, що потрібно для оптимізації роботи, – визначити, наскільки фактичні параметри роботи відрізняються від параметрів, зазначених у паспорті. Установку запускають у тестовому режимі, коли триває збір даних: час загальної роботи, період функціонування з повним і неповним завантаженням, години простою тощо [28]. На основі отриманих даних проводиться аналіз функціонування, фіксуються відхилення від норми, визначаються слабкі місця і розриви в технологічній схемі. Далі визначаються перелік і послідовність заходів, завдяки яким установка для біогазу виводиться на оптимальні значення:

- регулярна профілактика всього обладнання, задіяного в схемі отримання біогазу;
- встановлення датчиків, що відстежують роботу обладнання та фіксують будь-який збій;
- своєчасне виконання поточного ремонту;
- формування запасів комплектуючих, особливо за важливими позиціями.

Метою оптимізації є встановлення такої системи, яка забезпечувала б рівномірне завантаження обладнання та його чітку роботу, зокрема на сусідніх ділянках експлуатації. Для реалізації такої мети рекомендується використовувати обладнання з мінімальним рівнем зносу, тобто з невеликою кількістю рухомих частин.

Енергетична оптимізація. Другий спосіб підвищити ефективність застосування установки для біогазу – провести енергетичний аудит, визначити фактичне споживання енергії та способи його зниження [29].

Під час аналізу першого етапу слід зіставити обсяг споживання енергії з такими показниками: якістю та кількістю підготовленого субстрату, схемою подачі сировини в реактор, якістю попередньої підготовки (компостування) рослинної сировини, а також втратами, що виникають під час компостування.

Далі – аналіз етапу зброджування й розкладання субстрату, визначення, наскільки оптимально працює біогазова установка [30]: періодичність завантаження субстрату, якість розкладання в біореакторі, кількість і якість біогазу, що виділяється, стабільність процесів у ферментері, можливі місця витоків біогазу.

Під час аналізу енергоефективності слід також враховувати ККД біогазу в разі його використання для вироблення теплової та електричної енергії, для отримання газомоторного палива. Варто також узяти до уваги налаштування й особливості використовуваних двигунів внутрішнього згоряння, періодичність їх обслуговування.

Далі потрібно визначити можливості для використання сировини, що залишилася після розкладання: потенційний додатковий об'єм отримання біогазу за повторного завантаження, використання як мінерального добрива.

Один з основних моментів – правильний розподіл енергії, споживаної установкою під час процесу виробництва біогазу. Для отримання повної картини важливо розкласти енергоспоживання кожного етапу роботи біоустановки: перемішування, подача в реактор, обігрів реактора, живлення електростанції тощо [31]. Оптимізація має проводитися на кожному етапі за допомогою підстроювання інтенсивності з урахуванням особливостей сировини, застосовуваної технології зброджування, використання попередньої підготовки сировини.

Нерідким випадком у роботі БГУ є неодноразова рециркуляція сировини. У певних обсягах цей процес дає змогу отримати додатковий вихід біогазу. Однак тут варто зіставити об'єм виходу біогазу з витратами на повторну переробку й унеможливити зайве перекачування.

Оптимізація на етапі проєктування. Існують різні види біогазових установок. При цьому ефективна робота будь-якої біогазової установки досягається не тільки шляхом підлаштування

Перше – важливо вбудувати реактор у технологічний ланцюжок таким чином, щоб забезпечити оптимальну роботу кожного етапу [29]. Друге – кожен агрегат має бути підібраний за такими параметрами, які забезпечать єдину технологічну систему (рис. 1), а не випадковий набір окремих елементів.

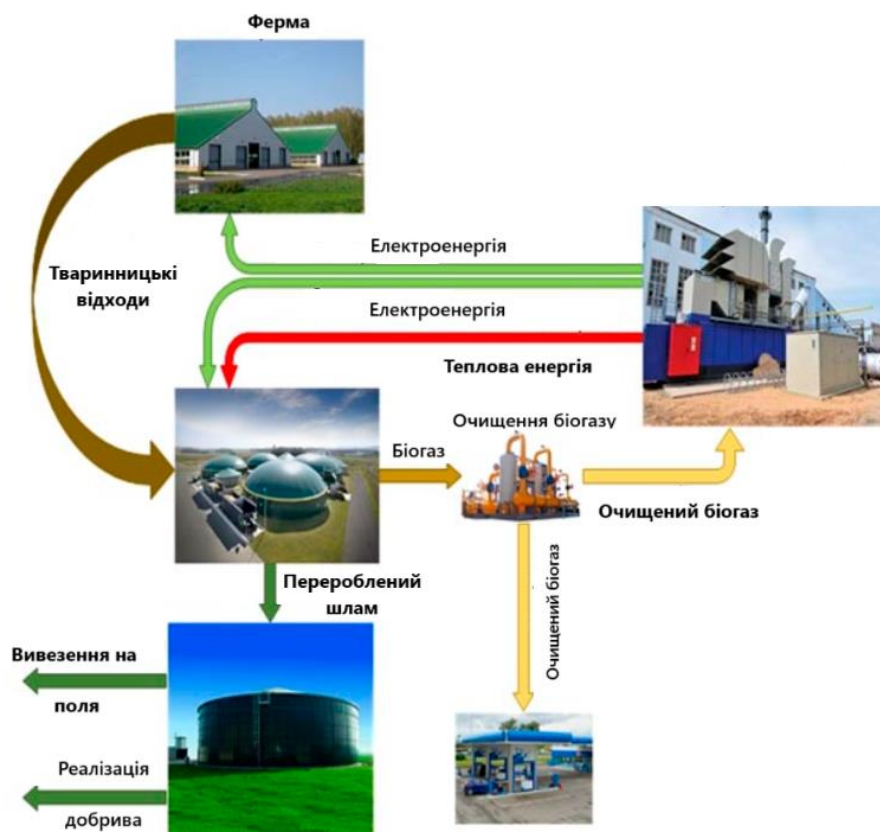


Рис. 1. Технологічна схема виробництва і використання біогазу та продуктів переробки

Отже, комплексний підхід до оптимізації біогазових установок, що передбачає вдосконалення технологічного процесу, розширення сировинної бази, модернізацію обладнання й інтеграцію цифрових технологій, дасть змогу значно підвищити ефективність виробництва біогазу [18, 21]. Це сприятиме як енергетичній незалежності, так і екологічній безпеці України, відкриваючи нові можливості для інтеграції на європейський ринок відновлюваної енергії."

Сучасна модернізація біогазових установок орієнтована на використання інноваційних систем рекуперації тепла та когенераційних технологій. Упровадження парокомпресійних теплових насосів дає можливість ефективно використовувати тепло, що виділяється в процесі ферментації, для підігріву субстрату, що, зі свого боку, знижує загальні енергетичні витрати. Модернізація теплообмінників (мембранних, кожухотрубних, пластинчастих, спіральних)

сприяє мінімізації тепловтрат, а використання інтегрованих когенераційних установок забезпечує досягнення коефіцієнта корисної дії до 85 %.

Упровадження сучасних систем дистанційного моніторингу й управління є критично важливим для підвищення ефективності біогазових установок. Сучасні датчики дають можливість контролювати концентрацію ключових компонентів біогазу, а саме H_2S , CO_2 і вологи, а системи SCADA та IoT забезпечують оперативне регулювання технологічних процесів. Використання алгоритмів машинного навчання сприяє прогнозуванню відхилень від оптимальних режимів роботи, що знижує експлуатаційні витрати та підвищує надійність установок.

Для подальшого розвитку біогазових технологій в Україні важливо створити сприятливе інвестиційне середовище [22]. Запровадження державних програм стимулювання, «зеленого тарифу», грантових програм і пільгового кредитування дасть змогу залучити як внутрішні, так і закордонні інвестиції. Створення чіткої нормативно-правової бази, розробка стандартів якості біометану й удосконалення систем сертифікації сприятимуть інтеграції українського ринку в європейський енергетичний простір.

Однією з найбільш перспективних галузей застосування біогазових технологій є переробка відходів птахівництва. Пташиний послід завдяки своїй високій біологічній активності та місткості органічних речовин є відмінною сировиною для виробництва біогазу. Сучасні технології утилізації птахівницьких відходів передбачають такі підходи, як попереднє механічне подрібнення, регулювання вологості та коферментація з іншими видами органічних відходів [11, 24]. Завдяки оптимізації процесів ферментації пташиного посліду можна досягнути високих виходів метану, що робить цей напрям особливо привабливим для великих птахофабрик. Крім того, ефективна переробка пташиного посліду сприяє отриманню високоякісних органічних добрив [32], що може бути використано для покращення якості ґрунтів у сільському господарстві. Використання сучасних біогазових установок із спеціальними адаптованими режимами для птахівницьких відходів дає змогу забезпечити постійне виробництво біогазу з огляду на специфіку цієї сировини, що часто характеризується високою концентрацією органічних речовин і неоднорідністю.

Розширення біогазової індустрії має стратегічне значення для України. Упровадження сучасних технологій оптимізації, що базуються на автоматизації, модернізації обладнання та розвитку нормативно-правової бази, дасть можливість значно підвищити ефективність виробництва біогазу. Використання біометану як альтернативного джерела енергії сприятиме зниженню залежності від імпорتنих енергоносіїв, що має велике значення для енергетичної незалежності країни. Розбудова інфраструктури, стимулювання інвестицій і підтримка з боку держави сприятимуть створенню нових робочих місць, особливо в сільських регіонах, і розвитку місцевої економіки. Інтеграція українських технологій із європейськими стандартами якості відкриє можливості для експорту біометану, що стане додатковим джерелом доходу та підвищить конкурентоспроможність галузі на глобальному ринку відновлюваної енергії.

Висновки. Комплексна оптимізація біогазових установок в Україні, що передбачає вдосконалення технологічних процесів, модернізацію обладнання, автоматизацію і розвиток нормативно-правової бази, є ключовою умовою для підвищення якості біогазу та зниження енергетичних витрат. Особливу увагу слід приділити ефективним технологіям утилізації відходів птахівництва, адже пташиний послід є перспективною сировиною для виробництва біогазу. Розробка оптимальних режимів ферментації для птахівницьких відходів, використання коферментації, модернізація систем рекуперації тепла та впровадження сучасних методів контролю значно підвищать вихід метану й економічну ефективність біогазових установок. Успішна інтеграція цих заходів сприятиме енергетичній незалежності України, зниженню негативного екологічного впливу та відкриттю нових ринкових можливостей на глобальному ринку відновлюваної енергії.

Список використаних джерел.

1. Болтянський Б. В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві : підручник / Б. В. Болтянський та ін. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
2. Біотехнологія відходів тваринницьких підприємств : монографія / Захаренко М. О. та ін. Київ, 2015. 380 с.
3. Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Drahnev S.V., Kucheruk P.P. Prospects for the production of advanced biofuels in Ukraine. *Energy Technol. Resour. Sav.* 2023. Vol. 76 (3). P. 71–82. <https://doi.org/10.33070/etars.3.2023.06>.
4. Болтянський Б., Сиротюк С., Коробка С., Стукалець І. Аналіз методів удосконалення процесу переробки органічних відходів тваринництва у метантенках. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2024. Вип. 14 (1). <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-6>.
5. Войтов В. А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь : ТДАТУ, 2019. Вип. 19. Т. 4. С. 100–109. DOI: 10.31388/2078-0877-19-4-100-109.
6. Григоренко С. М. Способи переробки пташиного посліду для виробництва теплової енергії. *Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки»*. МОН України, НУБіП України, ЖАТФК. Київ, Житомир, 2022. С. 126–129.
7. Болтянський Б. В. Аспекти вдосконалення технології виробництва біогазу. *Праці ТДАТУ : наукове фахове видання*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 1. С. 89–100. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-6.
8. Komar A.S. Methodological approaches to the optimization of machine technologies of animal waste disposal. *Scientific research in the modern world. Proceedings of the 8th International scientific and practical conference*. Perfect Publishing. Toronto, Canada. 2023. P. 194–198.
9. Komarysta B., Dzhygyrey I., Bendih V., Yavorovska O., Andreeva A., Berezenko K., Meshcheriakova I., Vovk O., Dokshyna S., & Maidanskyi I. Optimizing biogas production using artificial neural network. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 2. No. 8 (122). P. 53–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276431>
10. Hajiyev R.M., Saidov R., Mammadov G., Allahverdiyeva G., & Taghiyev U. Utilization of poultry droppings in terms of non-waste technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022. Vol. 3. No. 10 (117). P. 37–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.258493>.
11. Біотехнологія утилізації відходів птахівництва з одержанням біогазу : автореф. дис. ... кандидата технічних наук 03.00.20 «Біотехнологія» / С. О. Жадан. *Національний університет біоресурсів і природокористування України*. Київ.
12. Maksymov M.M., Beglov K.V., Maksymova O.B., Maksymov O.M. The method of finding the most natural structure of a biotank power plant. *Праці Одеського політехнічного університету*. 2020. Iss. 1 (60). P. 82–95. DOI: 10.15276/opu.1.60.2020.09.
13. Golub N., Kozlovets O. Technology of anaerobic-aerobic purification of wastewater from nitrogen compounds after obtaining biogas. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2016. Vol. 10. No. 3. P. 35–40.
14. Brone I., Allen E., Murphy J. Evaluation of the BMP from multiple waste streams for a proposed community scale anaerobic digestion. *Fuel*. Kidlington: Elsevier Sci Ltd. 2011. Vol. 90. No. 7. P. 2404–2412.
15. Schlegel M. Essential technical parameters for effective biogas production *Agronomy Research*. 2008. No. 6 (Special issue). P. 341–348.
16. Nielfa A. Theoretical methane production generated by the codigestion of organic fraction municipal solid waste and biological sludge. *Biotechnology Reports*. 2015. Vol. 5. No. 1. P. 14–21.
17. 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.
18. Комар А. С. Шляхи підвищення якості виробництва біодобрив. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2024. Вип. 14 (2). <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-2-2>.
19. Komar A. Definition of priority tasks for agricultural development. *Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. "Multidisciplinary research"*. Bilbao, Spain 2020. P. 431–433.
20. Скляр О. Г., Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ : наукове фахове видання*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2023. Вип. 23. Т. 1. С. 104–114. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115.
21. Акулов В. Д. Шляхи підвищення енергетичної ефективності біогазової установки. *Праці ТДАТУ : наукове фахове видання*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 2. С. 27–36. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-2-3.



22. Гелетука Г. Г., Кучерук П. П., Матвеев Ю. Б. Перспективи виробництва 224 та використання біогазу в Україні : аналітична записка БАУ № 4. Біоенергетична асоціація України, 2013. 22 с.
23. Skliar A., Skliar R. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant. *MOTROL: Motoryzacja I Energetyka Rolnictwa*. Lublin, 2014. Vol. 16. No. 2, b. P. 183–188.
24. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Біоконверсні технології прискореної переробки відходів тваринництва в екологічно безпечні добрива. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь : ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 2. № 3. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-2-3.
25. Xiao G.Y. and Ganczarzyk J. Structural features of biomass in a hybrid MBBR reactor. *Environ. Technol.* 2006. Vol. 27. P. 289–298. <https://doi.org/10.1080/09593332708618643>.
26. Skliar O. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education*. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. Rome. 2021. P. 171–176.
27. Скляр О. Г. Теоретичні дослідження режимів і параметрів метантенку біогазової установки. *Науковий вісник ТДАТУ* [Електронний ресурс]. Мелітополь : ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-14.
28. Скляр Р. В. Аналіз методів визначення часу перебування та навантаження на метантенк. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. 2014. Вип. 148. С. 405–412.
29. Комар А. С. Удосконалення конструкції біогазової установки з рекуперацією теплоти зброженої біомаси. *Праці ТДАТУ : наукове фахове видання*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 3. С. 62–70. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-3-5.
30. Скляр О. Г., Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ : наукове фахове видання*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2023. Вип. 23, т. 1. С. 104–114. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115.
31. Куріс Ю. В. Біоенергетичні установки. Обладнання та технології переробки органомісних енергоресурсів : підручник [для наук, інжен. – техн. прац. та фахівців з альтерн. джерел енергії, як навч. посібн. для студ. вищих навч. закл.]. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 348 с.
32. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Аналіз технологій підготовки залишків після анаеробного бродиння. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. Харків, 2015. Вип. 156. С. 649–655.

Стаття надійшла до редакції 26.03.2025 р.

O. Skliar, R. Skliar, A. Komar, V. Akulov
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF OPTIMIZATION OF BIOGAS PLANTS

Summary

The article discusses the current state of biogas production and use in Ukraine, with a focus on the prospects for optimizing biogas plants and efficient utilization of poultry waste. The main technological aspects of improving the operation of biogas complexes are analyzed, including the introduction of highly efficient biogas treatment systems, optimization of fermentation processes, and the use of digital technologies for plant management. Particular attention is paid to the use of poultry waste as a promising raw material for biogas plants, which reduces the environmental burden and increases the economic efficiency of bioenergy projects. Comprehensive ways to increase the productivity of biogas plants are proposed, including the use of multi-stage gas purification, improvement of organic waste processing systems, and the use of innovative materials for biofilters. Comprehensive optimization of biogas plants in Ukraine, including process improvement, equipment modernization, automation and development of the regulatory framework, is a key condition for improving biogas quality and reducing energy costs. Particular attention should be paid to efficient technologies for the utilization of poultry waste, as poultry manure is a promising feedstock for biogas production. The development of optimal fermentation regimes for poultry waste, the use of cofermentation, the modernization of heat recovery systems and the introduction of modern control methods will significantly increase the methane yield and economic efficiency of biogas plants. The successful integration of these measures will contribute to Ukraine's energy independence, reduce negative environmental impacts, and open up new market opportunities in the global renewable energy market.

Keywords: biogas, biogas plants, waste utilization, process optimization, bioenergy, biogas purification, poultry farming.