

**Єсіпов О. В.,  
Поляшенко С. О.,  
Сорокін С. П.**  
Державний  
біотехнологічний  
університет, м. Харків,  
Україна  
**E-mail:** Iesipov\_al@ukr.net

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК В УКРАЇНІ

DOI: <https://doi.org/10.31359/2311-441X-2025-26-111-118>

УДК 621.1

*Єсіпов О.В., Поляшенко С.О., Сорокін С.П. Перспективи використання біогазових установок в Україні.*

***Анотація.** Завдяки величезному територіальному потенціалу і великій кількості сільськогосподарських угідь, відносно низькій щільності населення і відносно сприятливому клімату країна має хороші початкові умови для виробництва торгівлі і використання біоенергії.*

*За останні роки значно зросла увага до питань раціонального поводження з сільськогосподарськими відходами в Україні як з боку влади, так і з боку наукової спільноти. Вирішення проблеми можливо шляхом здійснення ефективних заходів для швидкої, безпечної переробки відходів та отримання позитивного економічного та екологічного ефекту від утилізації та повторного використання сировини. Проблема ефективної переробки та утилізації відходів є однією з найгостріших у світі, експлуатація біогазових установок не є простим завданням. Враховуючи світовий досвід використання біогазових технологій стикаються с проблемою рентабельності біогазових установок. В основному біогазові станції використовують не стільки, як джерело енергії, скільки для нейтралізації відходів тваринництва і одержання з них високоякісного органічного добрива.*

***Ключові слова:** біогаз, біогазові установки, біометан, біоенергетика, транспортне паливо, органічні добрива, відновлювальні джерела енергії.*

*Iesipov O.V., Polyashenko S.O., Sorokin S.P. Prospects of use of biogas plants in Ukraine.*

***Abstract.** Due to the huge territorial potential and a large amount of agricultural land, relatively low population density and relatively with a favorable climate, the country has good initial conditions for the production, trade and use of bioenergy.*

*In recent years, attention to the issues of rational management of agricultural waste in Ukraine has increased significantly, both from the authorities and from the scientific community. The solution to the problem is possible by implementing effective measures for rapid, safe waste processing and obtaining positive economic and environmental effects from the utilization and reuse of raw materials. The problem of effective waste processing and utilization is one of the most acute in the world, the operation of biogas plants is not a simple task. Considering the world experience in using biogas technologies, we are faced with the problem of profitability of biogas plants. Basically, biogas plants are used not so much as a source of energy, but for neutralizing livestock waste and obtaining high-quality organic fertilizer from them.*

*Key words: biogas, biogas plants, biomethane, bioenergy, transport fuel, organic fertilizers, renewable energy sources.*

### Постановка проблеми

Застосування біогазу сприяє розвитку децентралізованого тепло-енергопостачання. Біогаз, доведений до якості природного газу, може використовуватися як для виробництва електроенергії та тепла в приватному і промисловому секторі, так і в якості пального для автомобілів на природному газі. Таким чином, виробництво і використання біогазу може стати суттєвим внеском до зменшення енергоімпорту, а також до підвищення безпеки постачання [3].

У Європі, США і Японії, як, власне, і скрізь, стикаються з проблемою рентабельності біогазових установок, однак у цих країнах на економічні чинники звертають мало уваги. В основному біогазові станції використовують не стільки як джерела енергії, скільки для нейтралізації відходів тваринництва і одержання з них високоякісного, збагаченого протеїном і, якщо процес бродіння відбувався в термофільних умовах, пастеризованого органічного добрива [2].

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Виробництво електроенергії з біогазу відбувається за рахунок переробки тваринних або рослинних відходів, а також побутових відходів.

Це допомагає одночасно вирішити дві проблеми: зменшує негативний вплив відходів на навколишнє середовище; зменшені обсяги утворених відходів, що утилізуються у спеціальних місцях. Можливі напрями розвитку біогазових технологій в Україні представлені на рис. 1.

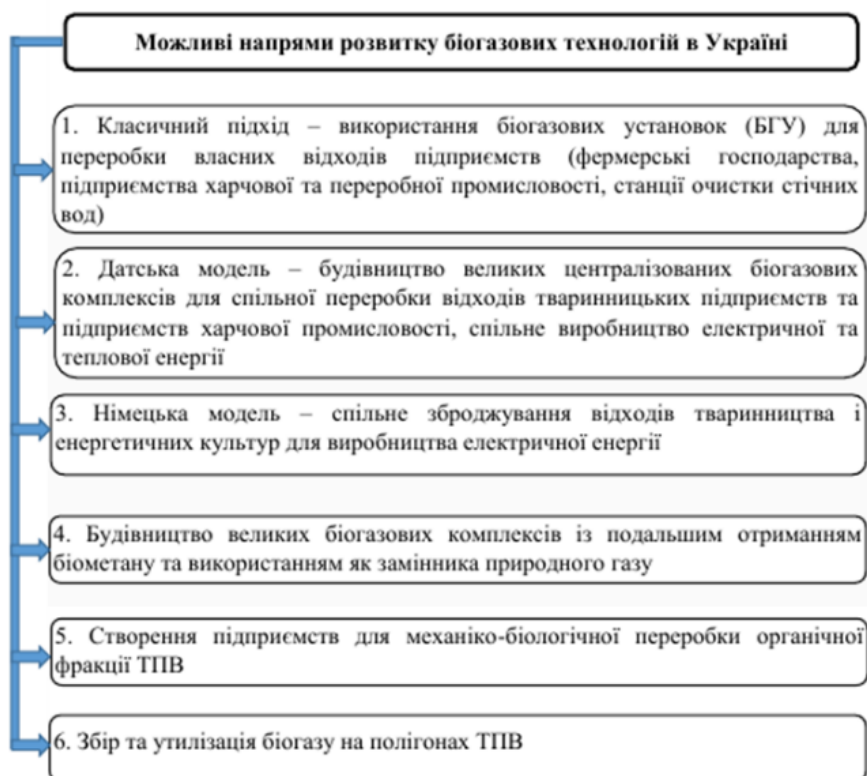


Рис. 1. Можливі напрями розвитку біогазових технологій в Україні

На сьогодні в ЄС і взагалі у світі немає жодних обов'язкових для виконання вимог з енергетичної ефективності біоенергетичних технологій, але певні рекомендації були розроблені в рамках виконання Завдання 32 Міжнародного енергетичного агентства [4], для оцінки запропонований коефіцієнт виходу енергії –  $EUC_{NR}$ . Будемо вважати, що ці рекомендації є доцільними для практичного застосування як у Європі, так і в Україні.

Відповідно до рекомендацій роботи [4], для забезпечення високої енергетичної ефективності коефіцієнт виходу енергії  $EUC_{NR}$  для енергоустановок на ВДЕ повинен становити як мінімум  $> 2$ , а найбільш рекомендоване значення – більше 5.

Слід зазначити, що крім коефіцієнта виходу енергії  $EUC_{NR}$  у літературі можна знайти інші показники енергоефективності технологій. По суті, всі вони також оперують поняттями енергія «на виході» та енергія «на вході» і відрізняються від  $EUC_{NR}$  є лише способами зіставлення цих величин.

Очікується, що для біогазових установок  $EUC_{NR}$  буде вище 2 для випадків використання як сировини більшої частки відходів сільського господарства чи інших видів відходів. Цей висновок підтверджується даними дослідження [5], де була розглянуто енергетичну ефективність БГУ, які працюють на різних видах сировини для умов Швеції. Найкращий результат ( $EUC_{NR} = 6,2$ ) отримано для випадку виробництва біогазу із жирових відходів (табл. 1). Цьому виду сировини відповідає найвищий питомий вихід біогазу – 22 ГДж/сух. т і нульові витрати на підготовку біомаси.

*Таблиця 1*

Характеристики біогазових установок, що працюють на різних видах сировини [5]

Вид сировини	Зміст сухого речовини, %	Вихід БГ ГДж/сух.т	Витрати енергії на вході, ГДж/сух. т			$EUC_{NR}$
			Підготовка сировини	Транспортування сировини (15 км)	Доставка зброженого залишку на поля	
Коров'ячий гній	8	6,2	0	0,19	0,15	2,6
Свинячий гній	8	7	0	0,19	0,15	3,0
Жирові відходи	4	22	0	1,2	0,24	6,2
Енергетичні культури	23	10,6	1,9	0,07	0,24	2,4
Органічна частина ТПВ	30	12,4	0,8	0,24	0,24	3,6
Відходи скотобійні	17	9,4	0	0,14	0,24	3,6
Бадилля цукрового буряків	19	10,6	0,54	0,09	0,24	3,5
Солома	82	7,1	0,28	0,05	0,24	2,7

Найнижчий коефіцієнт виходу енергії (2,4) посідає енергетичні культури як сировина для отримання біогазу. Цей варіант має найбільші витрати енергії на

підготовку сировини, оскільки включає етап вирощування культур, та середній вихід біогазу – 10,6 ГДж/сух. т.

Зазвичай біогазові установки виробляють значно більше електроенергії (приблизно в 1,5–2 рази), ніж потрібно підприємству, відповідно, надлишки можна продавати. Використовуючи «зелений» тариф, буде вигідно продавати максимум електроенергії за високою ціною, а купувати для власних потреб – за низькою, як, власне, зараз роблять у Європі [6].

### **Формулювання мети досліджень**

Метою даної роботи є виконати узагальнення перспектив використання біогазових установок в Україні.

### **Результати досліджень**

Вартість електроенергії, виробленої біогазовою установкою можна розрахувати за методом енергоспоживання (LCOE), який широко використовується Міжнародним агентством з відновлюваної джерел енергії для оцінки вартості електроенергії з відновлюваних та невідновлюваних ресурсів [7].

LCOE це середня вартість виробництва електроенергії протягом життєвого циклу електростанції (включаючи всі можливі інвестиції, витрати та доходи) [7,8]. Іншими словами, це мінімальна ціна, за якою електроенергія, вироблена протягом життєвого циклу біогазової установки, повинна бути продана, щоб досягти своєї точки беззбитковості ( $NPV = 0$ ). Якщо  $NPV > 0$ , то грошових надходжень від проекту достатньо, щоб: окупити вкладений капітал і забезпечити необхідну віддачу цього капіталу. В іншому випадку, якщо  $NPV < 0$ , проект буде збитковим для інвесторів.

Оптимістично налаштовані вітчизняні фахівці вважають, що аграрії самостійно покриватимуть витрати на електроенергію, при цьому окупність біоустановок становитиме лише три–п'ять років [9].

*Таблиця 2*

**Кількість тварин в Україні**

Вид тварин	Кількість тварин, млн.
Свині	7,48
Корови (велика рогата худоба)	2,59
Птиця	199,52
Вівці і кози	1,74

*Таблиця 3*

**Вихід гною на кожен вид тварин**

Вид тварин	Кількість гною (м <sup>3</sup> /тварино місце x p)	Кількість гною (м <sup>3</sup> /100 тварино місце x p)
Свині	1,2-6,0	-
Корови (велика рогата худоба)	7,5-21,0	-
Птиця	-	7,5
Вівці і кози	-	-

У встановленні теоретично можливого потенціалу біогазу та біометану беруться до уваги лише ті тварини, які мають найбільшу частку в загальному виробництві тварин у країні та можуть зробити значний внесок у виробництво біогазу. Сюди входять свині, корови та птиця. Для повноти в таблиці 2 також представлена кількість овець та кіз, яка не враховується при подальшому розрахунку енергетичного потенціалу.

Далі визначається вихід гною для одного виду тварин. Якість та кількість гною залежать від віку тварин, а також від місцевих рамкових умов. В деяких регіонах гній має високий вміст вільної води, що негативно впливає на вихід біогазу.

В результаті обчислень отримуємо мінімальну і максимальну теоретично можливу загальну кількість гною на один вид тварин (таблиця 4).

Таблиця 4

Мінімальна і максимальна загальна кількість гною на один вид тварин

Вид тварин	Кількість гною (м <sup>3</sup> / р)	Максимальна кількість гною (м <sup>3</sup> / р)
Свині	8.976.000	44.880.000
Корови (велика рогата худоба)	19.425.000	54.390.000
Птиця	-	14.964.000
Вівці і кози	-	-

Методи інтенсифікації процесів одержання біогазу загалом можна поділити на три групи

1. Застосування добавок, які прискорюють процеси бродіння. До речовин, які інтенсифікують процес, хоча й не надто відчутно, належать активоване вугілля, глюкоза, ацетати та оцтова кислота, мінеральні підживлювачі, мікроелементи, залізни ошурки, вітамін В<sub>12</sub> та ін. Ці добавки гарантують збільшення біогазу на 40%.

2. Двофазні процеси з використанням блоку попереднього гідролізу; Спочатку в одному апараті за низького рН проводять ензиматичний гідроліз сировини, який може (але не обов'язково) супроводжуватись метаноутворенням, а після нейтралізації підготовлену сировину подають у ферментер, у якому є своя мікрофлора і в якому рН підтримують у межах 6,9–7,5. За рахунок кращої підготовки сировини (попереднього розкладання речовин, що важко засвоюються) метаноутворення відбувається швидше і з більшим виходом (на 10–20%), а головне — прискорюється

3. Процеси із затримкою активного мулу. Суть цього способу полягає в підвищенні концентрації біомаси в реакційній зоні, за рахунок чого швидкість конверсії субстрату прискорюється подібно до того, як зростає швидкість хімічних реакцій залежно від збільшення концентрацій речовин, що взаємодіють. В ролі «хімічних агентів» виступають біомаса (активний мул) і субстрат. Але необхідно зважати ще на те, що якщо збільшиться концентрація розчинених органічних речовин субстраті більш ніж на 15 %, це може призвести до зворотнього результату, не зростання швидкості конверсії цих речовин, а до зменшення швидкості.

## Обговорення

Формування енергетичних кооперативів вимагає детального підходу до вивчення техніко-економічних особливостей впровадження біогазових установок в Україні [10]. На даний час біогазові установки привертають дедалі більше уваги інвесторів, адже за умови належного планування та розрахунків, можете досягти значного економічного ефекту за відносно короткий час. Тому доцільно створювати

енергетичні кооперативи, які забезпечуватимуть необхідну кількість сировини для біогазової установки.

Для забезпечення вигідного виробництва електроенергії з біогазу на основі гною великої рогатої худоби, потрібно 2000 голів великої рогатої худоби (ВРХ), які дають 100 т/день гною. При недостатніх обсягах гною від великої рогатої худоби доцільно використовувати також інші види сировини або комбінувати їх, наприклад, свинячий гній, рослинні відходи агропромислового комплексу та інше [11].

Теплову енергію можна використовувати для обігріву сільськогосподарських приміщень, теплиць, для сушіння насіння та центрального опалення в селі [12]. Слід зазначити, що однією з переваг біогазових установок є виробництво органічних добрив в процесі анаеробного перетравлення біомаси на біогазовій установці.

### Висновки

1. Впровадження технологій виробництва енергії з біомаси пропонує широкі можливості заміщення викопних видів палив. Визначення доцільності та пріоритетності впровадження певних технологій у конкретних умовах може ґрунтуватися на результатах розрахунку енергетичного балансу та балансу парникових газів – основних елементів оцінки життєвого циклу технологій.

2. Енергетична ефективність роботи біогазових установок залежить від виду сировини, застосовуваної технології та інших умов. Згідно з літературними даними, для БГУ коефіцієнт виходу енергії  $E_{УС_{NR}}$  може коливатися від 1,8 до 6.

3. Щодо питання екологічної ефективності біоенергетичних технологій можна відзначити, що більшість установок на біогазі відповідають поточним та майбутнім вимогам Директиви 2009/28/ЄС – скорочення викидів парникових газів, обумовлене їхньою роботою, становить > 60%.

4. Нейтралізація відходів тваринництва і одержання з них високоякісного органічного добрива, окрім фінансового ефекту від економії грошей на придбання мінеральних добрив, дає позитивний агротехнічний ефект, викликаний їх перевагами, а саме: максимальне зберігання та накопичення азоту, висока абсорбція органічних речовин, відсутність насіння бур'янів та збудників мікрофлори, стійкістю до вимивання ґрунту тощо.

5. Таким чином, їх використання не тільки поліпшить фізико-механічні властивості ґрунту, збільшить урожайність сільськогосподарських культур, але в майбутньому допоможе виробляти конкурентоспроможну екологічно чисту продукцію як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

### Список використаних джерел

1. Єсіпов О.В., Гринь Є.Л., Потенціал біогазу і біометану з органічних відходів тваринництва. Вісник Сумського національного аграрного університету Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». 2023, випуск 1 (51). С. 25-28

2. Сидоров Ю.І., *biotechnologia acta* / Сучасні біогазові технології. 2013, V. 6. No1. - С. 46-60

3. Використання біометану автомобільним транспортом [Текст] / О. В. Єсіпов, А. В. Пікалов // Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., м. Харків, 16-17 трав. 2019 р. / Харків. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Харків : ХНТУСГ, 2019. С. 66.

4. Thomas Nussbaumer, Michael Oser. Evaluation of biomass combustion based energy systems by cumulative energy demand and energy yield coefficient. Report for International Energy Agency and Swiss Federal Office of Energy, 2004 [http://www.ieabcc.nl/publications/Nussbaumer\\_IEA\\_CED\\_V11.pdf](http://www.ieabcc.nl/publications/Nussbaumer_IEA_CED_V11.pdf)
5. M. Berglund, P. Börjesson. Energy analysis of biogas systems. Proc. of 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Rome, Italy, P. 687-690.
6. Біогаз — один з найперспективніших для України альтернативних джерел енергії. — [jankoy.org.ua/ page.php?id=5078](http://jankoy.org.ua/page.php?id=5078).
7. Р. Шульц (2012) Виробництво і використання біогазу в Україні з.т. / Biogasrate.V. – 2012. - С. 74
8. Калетнік Г.М., Здирко Н.Г., Фабіянська В.Ю. (2018). Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики. [Біогаз в домогосподарствах – запорука енергонезалежності сільських територій України]. № 8. С. 7-22. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/efmarpr\\_2018\\_8\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/efmarpr_2018_8_3).
9. Виробництво біогазу в Україні. Реферат // <http://referat.parta.ua/referat/117203/>
10. Sakun, L.M., Riznichenko, L.V., Vielkin, B.O. (2020). Perspektyvy rozvytku rynku biohazu v Ukraini ta za kordonom [Prospects for the development of the biogas market in Ukraine and abroad]. Ekonomika i orhanizatsiia upravlinnia. Vinnytsia: 1(37), s. 160-170. (in Ukrainian).
11. Vielkin, B. O., Mazharenko, K.P. (2018). Problemy utylizatsii vidkhodiv na rehionalnomu rivni [Problems of waste disposal at the regional level]. Materialy Mizhnarodnoho forumu «Aktualni problemy ta perspektyvy rozvytku natsionalnoho hospodarstva v umovakh hlobalnoi nestabilnosti». Kremenchuk: S. 271–273. (in Ukrainian).
12. Poliashenko, D. M., Poliashenko, S. O., Yesipov, O. V. (2019). Otrymannia teplovoi enerhii na osnovi biohazu [Production of heat energy based on biogas]. Innovatsiini rozrobky v aharnii sferi : materialy Mizhnarodna naukovopraktychna konferentsiia "Molod i tekhnichniy prohres v APV " m. Kharkiv; T. 2. P. 49.

## References

1. Yesipov O.V., Grin E.L., Biogas and biomethane potential from organic waste of livestock. Bulletin of Sumy National Agrarian University Series "Mechanization and automation of production processes". 2023, issue 1 (51). P. 25-28.
2. Sidorov Y.I., biotechnologia acta / Modern biogas technologies. 2013, V. 6. No. 1. P. 46-60.
3. Use of biomethane by road transport [Text] / O. V. Yesipov, A. V. Pikalov // Road transport in the agricultural sector: design, design and technological operation: materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference, Kharkiv, May 16-17, 2019 / Kharkiv. National Technical University of Agriculture named after P. Vasylenko. - Kharkiv: KhNTUSG, 2019. P. 66.
4. Thomas Nussbaumer, Michael Oser. Evaluation of biomass combustion based energy systems by cumulative energy demand and energy yield coefficient. Report for International Energy Agency and Swiss Federal Office of Energy, 2004 [http://www.ieabcc.nl/publications/Nussbaumer\\_IEA\\_CED\\_V11.pdf](http://www.ieabcc.nl/publications/Nussbaumer_IEA_CED_V11.pdf).
5. M. Berglund, P. Börjesson. Energy analysis of biogas systems. Proc. of 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Rome, Italy, P. 687-690.
6. Biogas is one of the most promising alternative energy sources for Ukraine. [jankoy.org.ua/ page.php?id=5078](http://jankoy.org.ua/page.php?id=5078).

7. R. Schultz (2012) Production and use of biogas in Ukraine z.t. / Biogasrate.V. – 2012. P. 74.

8. Kaletnik G.M., Zdyrko N.G., Fabianska V.Yu. (2018). Economics. Finance. Management: current issues of science and practice. [Biogas in households is the key to energy independence of rural areas of Ukraine]. No. 8. P. 7-22. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/efmapnp\\_2018\\_8\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/efmapnp_2018_8_3).

9. Biogas production in Ukraine. Abstract // <http://referat.parta.ua/referat/117203/>

10. Sakun, L.M., Riznichenko, L.V., Vielkin, B.O. (2020). Perspektyvy rozvytku rynku biohazu v Ukraini ta za kordonom [Prospects for the development of the biogas market in Ukraine and abroad]. Ekonomika i orhanizatsiia upravlinnia. Vinnytsia: 1(37), P. 160-170.

11. Vielkin, B. O., Mazharenko, K.P. (2018). Problemy utylizatsii vidkhodiv na rehionalnomu rivni [Problems of waste disposal at the regional level]. Materialy Mizhnarodnoho forumu «Aktualni problemy ta perspektyvy rozvytku natsionalnoho hospodarstva v umovakh hlobalnoi nestabilnosti». Kremenchuk: P 271–273.

12. Poliashenko, D. M., Poliashenko, S. O., Yesipov, O. V. (2019). Otrymannia teplovoi enerhii na osnovi biohazu [Production of heat energy based on biogas]. Innovatsiini rozrobky v ahrarnii sferi : materialy Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia "Molod i tekhnichniy prohres v APV ". Kharkiv; T. 2. P. 49.