

ПОТЕНЦІАЛ БІОГАЗУ І БІОМЕТАНУ З ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА

Єсіпов Олександр Вікторович

кандидат технічних наук, доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

ORCID: 0000-0002-7395-2892

lesipov_al@ukr.net

Гринь Євген Леонідович

доктор економічних наук

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

ORCID: 0000-0002-4927-8228

evgengrin@me.com

Проблема ефективної переробки та утилізації відходів є однією з найгостріших у світі. 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.

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.

Біометан можна використовувати у якості палива для автомобілів. А після вироблення біогазу з біомаси, вона стає, біодобривом, яке є екологічно чистим і за своїм складом не поступається хімічним добривам. Ще одним фактором на користь біогазу є те, що біогазові установки (БГУ) не залежать від погоди (сонячних днів, поривів вітру) і можуть забезпечувати безперебійну роботу електростанцій при стабільних поставках сировини.

У встановленні теоретично можливого біогазового і біометанового потенціалу беруться до уваги тільки ті тварини, які мають найбільшу частку в усьому тваринницькому виробництві країни і можуть зробити суттєвий внесок у виробництво біогазу.

Після очищення біогазу від домішок, отриманий біометан через газорозподільчу мережу подається на електростанції для подальшого виробництва енергії або використовується в якості палива для автомобілів.

Слід зазначити, що однією з переваг біогазових установок є виробництво органічних добрив в процесі анаеробного перетравлення біомаси на біогазовій установці.

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.

Ключові слова: біогаз, енергетичні культури, біометан, біоенергетика, транспортне паливо, органічні добрива, відновлювальні джерела енергії.

DOI <https://doi.org/10.32782/msnau.2023.1.5>

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 (Yesipov, Pikalov, 2019, с. 66).

Виклад основного матеріалу. Енергетичний потенціал біогазу та біометану складається з різних потенціалів.

Вони включають:

- Потенціал площ для вирощування енергетичних культур
- Теоретично можливий потенціал традиційних органічних добрив (твердий гній, гнійна рідота, курячий послід тощо)
- Потенціали переробної промисловості (органічні відходи)

- Потенціал для утилізації міських відходів
 - Підвищення ефективності вирощування енергетичних культур на гектар площі
 - Різні можливості використання біогазу, такі як виробництво чистої електроенергії, виробництво електроенергії і тепла (ТЕЦ) або використання як транспортного палива.
- Крім того політична та законодавча база, а також існуюча інфраструктура відіграють вирішальну роль у розвитку біоенергетики і ефективному використанні існуючих потенціалів.

Матеріали і методи досліджень. 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.

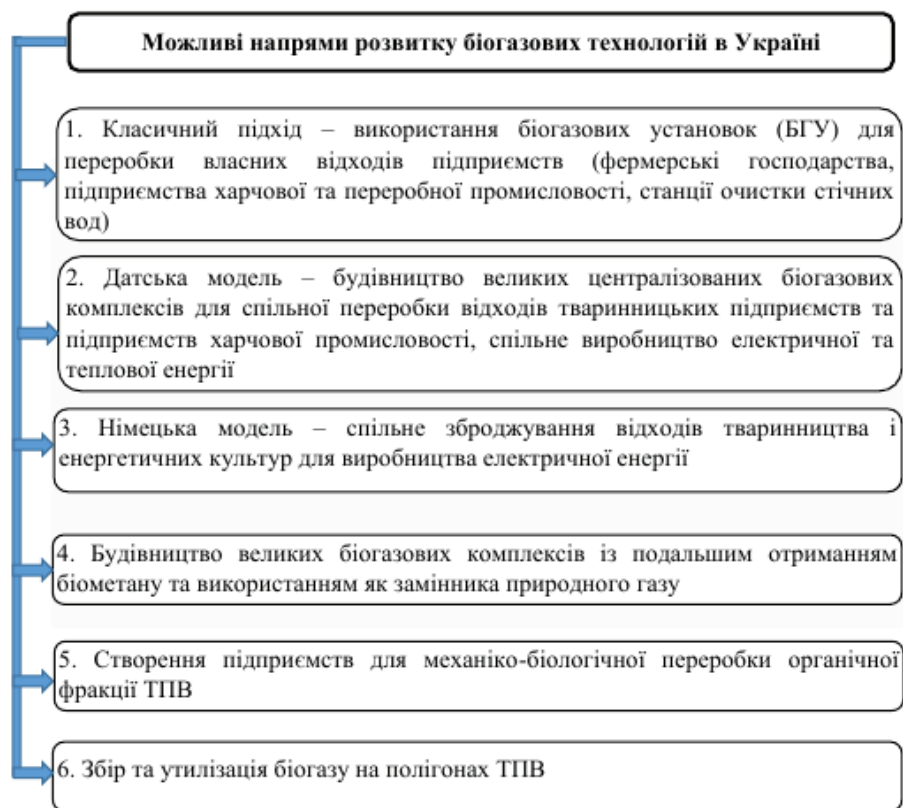


Рис. 1. Можливі напрями розвитку біогазових технологій в Україні

Висока початкова вартість інвестицій і досить довгострокова окупність (4–8 років) біогазових установок сприяє зменшенню кількості фактичних та потенційних інвесторів у ВДЕ.

Одним із рішень цієї проблеми є створення енергетичного кооперативу – добровільного об’єднання фізичних та/або юридичних осіб на пайовій основі для проведення спільної економічної діяльності у сфері енергоефективності або ВДЕ (Sakun, Riznichenko, Vielkin, 2020, с. 160-170).

Для того, щоб розрахувати економічну вигоду від будівництва та експлуатації біогазової установки з переробки гною великої рогатої худоби в рамках енергетичного кооперативу, можна розрахувати вартість виробництва електроенергії та термін окупності інвестиційного проекту, якщо надлишок електроенергії буде продано (сума що перевищує потреби в електроенергії енергетичного кооперативу) за тарифами відповідно з чинним законодавством.

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 (Sokolovska, 2013, с. 113-118).

LCOE – це середня вартість виробництва електроенергії протягом життєвого циклу електростанції (включаючи всі можливі інвестиції, витрати та доходи) (Kaletnik, Zdyrko, Fabiianska, 2018, с. 7-22). Іншими словами, це міні-

мальна 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.

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 1 також представлена кількість овець та кіз, яка не враховується при подальшому розрахунку енергетичного потенціалу.

Таблиця 1

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

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

Таблиця 2

Вихід гною на кожен вид тварин

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

В результаті обчислень отримуємо мінімальну і максимальну теоретично можливу загальну кількість гною на один вид тварин (таблиця 3).

Таблиця 3

Мінімальна і максимальна загальна кількість гною на один вид тварин

Вид тварин	Кількість гною (м ³ /р)	Максимальна кількість гною (м ³ /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	-	-

Дані про вихід біогазу і біометану використовуються для встановлення теоретично можливого потенціалу біогазу та біометану. Дані представлені в таблиці 4. Вихід біогазу може мати різне значення. Вирішальним фактором тут є вміст органічної сухої речовини. Часто вміст органічної сухої речовини набагато нижчий, ніж задані значення. Іншими причинами можуть бути різні якості корму та залежний склад субстрату.

Таблиця 4

Середні показники залежного від субстрату виходу біогазу і біометану

Вид тварин	Вихід біогазу (Нм ³ /т)	Вміст метану (%)	Вихід метану (Нм ³ /т)
Свині	28	65	17
Корови (велика рогата худоба)	25	60	14
Птиця	140	64	90
Вівці і кози	-	-	-

На основі встановленої загальної кількості гною та з урахуванням субстрактно-залежного виходу біогазу та біометану встановлюються лише теоретично можливі потенціали біогазу та біометану (таблиця 5 і таблиця 6).

Таблиця 5

Теоретично можливий біогазовий потенціал традиційних органічних добрив (гній, твердий гній тощо) в Україні

Вид тварин	Мін. вихід біогазу (млн. Нм ³ /т)	Макс. вихід біогазу гною (млн. Нм ³ /т)
Свині	251,33	1256,64
Корови (велика рогата худоба)	485,63	1359,75
Птиця	2094,96	2094,96
Вівці і кози	-	-
Загальний вихід	2831,91	4711,35

Теоретично можливий біогазовий потенціал органічних відходів тваринництва (рідкий гній, твердий гній тощо) знаходиться в межах між 2,8 і 4,7 млрд. Нм³/т (таблиця 5).

Таблиця 6

Теоретично можливий біометановий потенціал традиційних органічних добрив (рідкий гній, твердий гній тощо) в Україні

Вид тварин	Мін. вихід біогазу (млн. Нм ³ /т)	Макс. вихід біогазу гною (млн. Нм ³ /т)
Свині	152,59	762,96
Корови (велика рогата худоба)	271,95	761,46
Птиця	1346,76	1346,76
Вівці і кози	-	-
Загальний вихід	1771,30	2871,18

Теоретично можливий біометановий потенціал органічних відходів (рідкий гній, твердий гній тощо) знаходиться в межах між 1,8 і 2,9 млрд. Нм³/т (таблиця 6).

Ще однією перешкодою для максимального використання потенціалу є погана або навіть відсутня інфраструктура.

Ще одним ускладненням є те, що багато невеликих ферм чи домогосподарств, у яких є худоба, не можуть зібрати необхідну кількість органічних відходів для виробництва біогазу. Частка таких підприємств становить близько 50%. Отже, потенціал біогазу та біометану на основі традиційних органічних добрив буде зменшений приблизно на 50% до близько 3,7 Нм³/т біогазу та 2,4 Нм³/т біометану. Для встановлення точних результатів необхідно визначити відповідні місця розташування виробництва і взяти до уваги місцеві рамкові умови.

Обговорення. Формування енергетичних кооперативів вимагає детального підходу до вивчення техніко-економічних особливостей впровадження біогазових установок в Україні (Sakun, Riznichenko, Vielkin, 2020, с. 160-170). 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 (Vielkin, Mazharenko, 2018, с. 271-273).

Теплову енергію можна використовувати для обігріву сільськогосподарських приміщень, теплиць, для сушіння насіння та центрального опалення в селі (Poliashenko, Yesipov, 2019, с. 49). Слід зазначити, що однією з переваг біогазових установок є виробництво органічних

добрив в процесі анаеробного перетравлення біомаси на біогазовій установці.

Висновки. Окрім фінансового ефекту від економії грошей на придбання мінеральних добрив, використання таких органічних добрив для ферм отримує 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.

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.

На додаток до прибутку від продажу електроенергії за зеленим тарифом, можна отримати вигоду від споживання теплової енергії, яка виробляється без додаткового спалювання біогазу, шляхом охолодження електричного генератора.

Бібліографічні посилання:

1. Kaletnik, H. M., Zdyrko, N. H., Fabiianska, V. Yu. (2018). Biohaz v domohospodarstvakh – zaporuka enerhonezalezhnosti silskykh terytorii Ukrainy [Biogas in households is a guarantee of energy independence of rural areas of Ukraine]. *Ekonomika. Finansy. Menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky*. № 8. S. 7-22. (in Ukrainian).

2. Khazhmuradov, M.A. (2006). Ustanovka ta tekhnolohiia po utylizatsii biohazu [Installation and technology for biogas utilization]. *Nauka ta innovatsii Kharkiv*: № 4. S. 19. (in Ukrainian).

3. 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 naukovo-praktychna konferentsiia "Molod i tekhnichniy prohres v APV "* m. Kharkiv; T. 2. – S. 49. (in Ukrainian).

4. 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).

5. Sokolovska, I. Ya. (2013) Biohaz yak perspektyvnyi napriam vykorystannia vidkhodiv silskohospodarskoho vyrobnytstva [Biogas as a promising way of using agricultural production waste]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu biosursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*. Ser. : *Ekonomika, aharnyi menedzhment, biznes*. Vyp. 181(1). – S. 113-118. (in Ukrainian).

6. 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).

7. Yesipov, O. V., Pikalov, A. V. (2019). Vykorystannia biometanu avtomobilnym transportom [Use of biomethane by road transport]. *Avtomobilnyi transport v aharnomu sektori: proektuvannia, dyzain ta tekhnolohichna ekspluatatsiia: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. S. 66. (in Ukrainian).

Yesipov O. V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

Hryn Ye. L., Doctor of Economic Sciences, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

Potential of biogas and biomethane from organic animal waste

The problem of efficient waste recycling and disposal is one of the most acute in the world. In recent years, considerable attention has been paid to the issues of rational management of agricultural waste in Ukraine by both the authorities and the scientific community. The solution to the problem is possible by implementing effective measures for fast, safe recycling of waste and obtaining a positive economic and environmental effect from the disposal and reuse of raw materials.

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

Biomethane can be used as a fuel for cars. And after the production of biogas from biomass, it becomes a biofertilizer that is environmentally friendly and its composition is not inferior to chemical fertilizers. Another factor in favor of biogas is that biogas plants (BGP) do not depend on the weather (sunny days, gusts of wind) and can ensure the smooth operation of power plants with a stable supply of raw materials.

In establishing the theoretically possible biogas and biomethane potential, only those animals are considered that have the largest share in the total livestock production of the country and can make a significant contribution to biogas production.

After purification of biogas from impurities, the obtained biomethane through the gas distribution network is fed to power plants for further energy production or used as fuel for cars.

It should be noted that one of the advantages of biogas plants is the production of organic fertilizers in the process of anaerobic digestion of biomass in a biogas plant.

Their use will not only improve the physical and mechanical properties of the soil, increase the yield of agricultural crops, but in the future will help to produce competitive environmentally friendly products both on the domestic and foreign markets.

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