

Денис А. Вербицький\*

## ІННОВАЦІЙНА РОЛЬ БІОГАЗУ У ПІДВИЩЕННІ РЕСУРСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ

*У статті досліджено інноваційну роль біогазових технологій у підвищенні ресурсної ефективності переробних підприємств України. Висвітлено сучасні еколого-економічні аспекти впровадження біогазових установок у контексті євроінтеграційних процесів, охарактеризовано ключові фактори ефективності біогазових проектів, розкрито проблеми та бар'єри, що стримують розвиток біогазової енергетики на переробних підприємствах. Запропоновано практичні рекомендації щодо оптимізації процесів переробки відходів із виробництвом біогазу та інтеграції біоенергетичних рішень у промислові цикли підприємств для підвищення їх конкурентоспроможності в умовах переходу до сталого розвитку.*

*Ключові слова:* біогаз, ресурсна ефективність, переробна промисловість, інновації, еколого-економічна ефективність, євроінтеграція, стале виробництво, відновлювана енергетика.

*Табл. 2. Літ. 12.*

*DOI: 10.32752/1993-6788-2025-1-288-24-30*

Denys Verbytskyy

## INNOVATIVE ROLE OF BIOGAS IN INCREASING RESOURCE EFFICIENCY OF UKRAINIAN PROCESSING ENTERPRISES

*The article explores the innovative role of biogas technologies in increasing the resource efficiency of processing enterprises in Ukraine. It highlights modern ecological and economic aspects of the implementation of biogas plants in the context of European integration processes, characterizes key factors of the effectiveness of biogas projects, reveals problems and barriers that hinder the development of biogas energy at processing enterprises. It offers practical recommendations for optimizing waste processing processes with biogas production and integrating bioenergy solutions into industrial cycles of enterprises to increase their competitiveness in the context of the transition to sustainable development.*

*Keywords:* biogas, resource efficiency, processing industry, innovation, ecological and economic efficiency, European integration, sustainable production, renewable energy.

*Peer-reviewed, approved and placed: 10.06.2025.*

**Постановка проблеми.** Перехід до циркулярної економіки та реалізація принципів сталого розвитку є фундаментальними орієнтирами сучасної економічної політики Європейського Союзу, що визначають вектор реформ і в Україні. Переробна промисловість, як один із найбільших споживачів енергетичних і природних ресурсів, виступає критичним сектором для імплементації екологічно дружніх та енергозберігаючих рішень. У цьому контексті використання біогазових технологій створює унікальні можливості не лише для підвищення енергетичної автономності підприємств, але й для оптимізації поводження з відходами виробництва, скорочення викидів парникових газів та зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище.

---

\* State Research Institute of Informatization and Economic Modeling, Kyiv, Ukraine.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Останні наукові дослідження приділяють значну увагу потенціалу біогазу як важливого елементу зеленої трансформації промислового сектору. Зокрема, обґрунтовується, що біогазові установки дозволяють ефективно утилізувати органічні відходи, мінімізуючи обсяги захоронення відходів і забезпечуючи відновлюваний енергетичний ресурс [1-6]. У працях підкреслюється важливість формування інноваційних моделей управління біоенергетичними проектами, особливо в контексті дотримання екологічних регламентів ЄС та адаптації національного законодавства до європейських норм. Наукові публікації також акцентують увагу на техніко-економічних аспектах функціонування біогазових комплексів, аналізуючи ефективність їх інтеграції в технологічні процеси харчової, агропереробної, хімічної та целюлозно-паперової промисловості [7-12].

**Метою статті є дослідження** інноваційної ролі біогазових технологій у забезпеченні ресурсної ефективності переробних підприємств України з урахуванням сучасних європейських екологічних стандартів, виявлення ключових факторів еколого-економічної ефективності біогазових проектів у промисловості та формування рекомендацій щодо оптимізації впровадження біогазових систем у виробничі процеси в умовах євроінтеграції.

**Основні результати дослідження.** Біогазова енергетика, будучи одним із сегментів відновлюваної енергетики, демонструє високий потенціал адаптації до умов переробних підприємств України. Враховуючи специфіку промислових процесів, що супроводжуються утворенням значних обсягів органічних відходів, особливо актуальним є впровадження біогазових установок як складової стратегії управління виробничими потоками речовини та енергії.

Органічні відходи переробних підприємств, зокрема агропереробної, харчової, харчової, целюлозно-паперової промисловості, молочних та м'ясопереробних комбінатів, містять високий вміст біорозкладаних речовин. Їхня ферментація у біореакторах дозволяє отримувати біогаз, основною складовою якого є метан. Саме цей компонент забезпечує високу енергетичну цінність отриманого палива, яке може використовуватись як для виробництва теплової та електричної енергії безпосередньо на підприємстві, так і для транспортування в централізовані мережі.

Суттєвою перевагою біогазових технологій є можливість одночасного вирішення кількох задач: утилізації виробничих відходів, скорочення потреб у викопних енергоносіях, зниження витрат на утримання полігонів, скорочення обсягів парникових газів і підвищення енергетичної незалежності виробничих об'єктів. Крім того, після ферментації утворюється дигестат – високоякісне органічне добриво, яке може повертатись у виробничі цикли аграрного сектору.

Еколого-економічна ефективність впровадження біогазових установок визначається сукупністю факторів: обсягом і складом вихідної сировини, стабільністю виробничих процесів, логістичними особливостями транспортування відходів, наявною інфраструктурою енергопостачання, державними стимулюючими програмами, доступом до фінансування та інтегрованим плануванням модернізації виробничих ліній. Успішна реалізація

біогазових проектів вимагає ґрунтового техніко-економічного обґрунтування та стратегічного підходу до формування енергетичної стратегії підприємства [1-5].

Згідно з оцінками європейських фахівців, біогаз може покривати до 10% загального енергоспоживання в промисловості, що демонструє його перспективність як чинника зниження залежності від імпортованих енергоносіїв. У випадку України, ця цифра може бути навіть вищою з огляду на значні обсяги агропромислових відходів.

Додатково важливим є екологічний вимір: впровадження біогазових технологій сприяє досягненню цілей скорочення викидів CO<sub>2</sub> відповідно до Паризької кліматичної угоди та положень Європейського зеленого курсу. У цьому контексті промислові підприємства, що впроваджують біогазові системи, отримують переваги не лише економічного, а й репутаційного характеру, наближаючись до європейських стандартів соціально відповідального виробництва.

Значний позитивний вплив біогазових проектів також проявляється у розвитку локальної економіки. Розширення мережі біогазових станцій створює додаткові робочі місця, стимулює розвиток суміжних секторів – машинобудування, транспортування, обслуговування та науково-дослідної сфери. Водночас зростає потреба у кваліфікованих кадрах для експлуатації та оптимізації роботи біогазових комплексів [4-9].

Незважаючи на очевидні переваги, розвиток біогазової енергетики в Україні наразі стикається з низкою бар'єрів: високою вартістю інвестицій, складністю залучення фінансування, нерозвиненістю системи "зелених" тарифів для промислового сектору, фрагментарністю нормативної бази, відсутністю інтегрованої національної стратегії розвитку біоенергетики та обмеженою обізнаністю промислових виробників щодо реальних економічних переваг біогазових проектів.

Вирішення окреслених проблем потребує скоординованих дій з боку державної влади, бізнесу та науково-дослідної спільноти. Важливим інструментом стимулювання розвитку біогазової енергетики є формування дієвої системи державних субсидій, пільгових кредитних програм, податкових стимулів, компенсацій за зменшення викидів парникових газів та розвиток державно-приватного партнерства у сфері зелених інвестицій.

Євроінтеграційний контекст створює додаткові можливості для України у сфері розвитку біогазу. Зокрема, синхронізація із європейськими екологічними директивами, участь у спільних програмах з розвитку відновлюваної енергетики, трансфер технологій та доступ до міжнародних фінансових інструментів ЄС відкривають нові горизонти для прискореної модернізації переробної промисловості.

У сучасних умовах кризи, що охоплює економічні, енергетичні та безпекові аспекти розвитку держав, особливої актуальності набуває пошук надійних, автономних та сталих джерел енергії. Біогаз як відновлюваний енергетичний ресурс відкриває нові можливості для зниження залежності від імпортованих енергоносіїв, підвищення енергетичної безпеки, зміцнення внутрішнього виробництва та забезпечення екологічної стабільності

економік, що знаходяться у фазі глибоких трансформаційних викликів. Кризи, спричинені глобальними енергетичними потрясіннями, військовими конфліктами чи руйнуванням логістичних ланцюгів постачання викопних енергоносіїв, призводять до зростання цін на газ, нафту та вугілля. У таких умовах особливо вразливими стають країни, чия енергетична система істотно залежить від імпорту. Біогаз, вироблений на основі внутрішніх органічних ресурсів, формує альтернативну модель локального енергозабезпечення, яка є незалежною від зовнішніх ринкових коливань і геополітичних ризиків. Саме тому в кризові періоди біогазова енергетика демонструє здатність виступати стабілізуючим чинником функціонування як окремих підприємств, так і цілих галузей національної економіки [7-12]. У промисловості біогаз відіграє роль буфера між високою залежністю від централізованих енергосистем та потребою у забезпеченні власних виробничих потужностей у кризових умовах. Переробні підприємства, що мають доступ до органічних залишків виробництва, отримують можливість використовувати біогаз як паливо для виробництва теплової та електричної енергії, зменшуючи навантаження на зовнішні мережі. Таким чином, зростає автономність функціонування підприємств, що стає критично важливим у періоди нестабільності централізованого енергозабезпечення (табл. 1).

*Таблиця 1. Стратегічне значення біогазу у кризових умовах, [7-12]*

<b>Напрямок</b>	<b>Сутність впливу</b>
Енергетична безпека	Забезпечення незалежності від імпорту енергоносіїв; стабільність енергопостачання підприємств та громад
Економічна стабільність	Збереження виробничої діяльності; стимулювання внутрішнього ринку; створення робочих місць
Екологічна безпека	Зменшення викидів парникових газів; утилізація органічних відходів; зниження навантаження на довкілля
Соціальна стабільність	Зниження вартості енергії для населення; забезпечення життєво необхідних об'єктів (лікарень, шкіл, ЖКГ)
Інфраструктурна стійкість	Зменшення уразливості централізованих мереж; децентралізація генерації енергії
Національна безпека	Мінімізація впливу атак на критичну інфраструктуру; диверсифікація джерел енергії

Біогазові установки дозволяють не лише вирішувати питання енергетичної незалежності, а й оптимізувати утилізацію органічних відходів, які у кризових умовах можуть накопичуватись внаслідок зупинки транспорту, обмеження експорту чи падіння внутрішнього споживання. Синергія між утилізацією відходів і генерацією енергії створює багаторівневий ефект зниження екологічних, санітарних та економічних ризиків для агропромислових і харчових кластерів. Окрім промисловості, біогаз є важливим джерелом стабільного енергозабезпечення для сільських територій у період дестабілізації енергосистем. Децентралізовані біогазові установки забезпечують безперервне функціонування житлових, медичних, адміністративних і логістичних об'єктів, які стають життєво необхідними у періоди кризи. Розподілене виробництво енергії знижує тиск на центральні

електромережі, які в умовах руйнування інфраструктури можуть втрачати свою стабільність і пропускну здатність. Економічний аспект функціонування біогазових установок у період кризової нестабільності також є надзвичайно важливим. Інвестування у біогазові комплекси забезпечує створення нових робочих місць, сприяє формуванню доданої вартості на внутрішньому ринку, активізує розвиток машинобудівних, проектних, сервісних компаній, які залучаються до обслуговування таких об'єктів. В умовах скорочення імпорту та падіння зовнішніх інвестицій біогазові проекти можуть стати локомотивами збереження зайнятості населення та розвитку внутрішнього малого і середнього бізнесу. У періоди військових конфліктів чи терористичних атак, що спрямовані на виведення з ладу об'єктів критичної енергетичної інфраструктури, біогазові комплекси набувають ще одного стратегічного значення. Їхня відносно невелика централізованість і гнучкість дозволяє мінімізувати масштабні наслідки знищення великих об'єктів генерації. Навіть часткова втрата потужностей не призводить до обвалу цілої системи, на відміну від великих ТЕС чи ГЕС, які уразливі до прицільних атак. Таким чином, біогазова енергетика є природним компонентом формування стійкості енергетичної безпеки держави у довгостроковій перспективі.

Варто також звернути увагу на глобальні кліматичні кризи, які підсилюють роль біогазу у забезпеченні екологічної рівноваги. Періоди аномальної спеки, посух чи повеней ведуть до порушення традиційних циклів аграрного виробництва і провокують додаткове навантаження на систему поводження з органічними залишками [5-9].

Біогазові технології створюють гнучку систему переробки біомаси навіть за змінних умов урожайності, кліматичних коливань чи сезонних дисбалансів, забезпечуючи сталість переробних і аграрних ланцюгів. Особливого значення біогаз набуває також у соціальній площині. За умов кризи споживачі особливо чутливі до вартості енергетичних ресурсів. Біогазові комплекси, знижуючи вартість енергії для кінцевих споживачів, сприяють зменшенню соціальної напруги, підтримуючи доступність базових енергетичних потреб населення, медичних закладів, об'єктів освіти та житлово-комунальної сфери. Високий рівень внутрішнього потенціалу України щодо розвитку біогазової енергетики у кризових умовах ще не використано повною мірою. Для розкриття цього потенціалу необхідною є активізація державної політики через формування сприятливого правового поля, систем стимулювання інвестицій, підтримки наукових розробок та професійної підготовки кадрів.

Міжнародна технічна допомога, партнерські програми ЄС, передача технологій можуть стати важливим зовнішнім ресурсом для прискореного розвитку цього напрямку. Проблеми та перспективи розвитку біогазу в Україні в умовах кризи зображено в табл. 2.

Отже, біогаз у період криз виступає не лише джерелом енергії, а й складовою широкої стратегії національної стійкості. Він забезпечує адаптивність економіки, підтримує виробництво, стабілізує соціальні системи, підвищує безпеку енергозабезпечення та водночас інтегрує Україну в сучасні європейські і світові тренди сталого розвитку.

Таблиця 2. Проблеми та перспективи розвитку біогазу в Україні в умовах кризи [5-9]

Аспект	Проблеми	Перспективи
Фінансування	Високі початкові інвестиції; обмежений доступ до кредитування	Створення державних програм підтримки; залучення міжнародних фінансових інструментів
Нормативно-правова база	Фрагментарність законодавства; нестабільність тарифної політики	Гармонізація законодавства з європейськими стандартами; формування стабільних умов інвестування
Технологічна база	Обмежений досвід проектування та експлуатації	Передача технологій; співпраця з європейськими партнерами; розвиток інженерних компетенцій
Кадровий потенціал	Дефіцит фахівців	Підготовка спеціалістів; розвиток освітніх програм; академічна мобільність
Обізнаність бізнесу	Недостатнє розуміння економічних переваг біогазових проєктів	Інформаційні кампанії; демонстраційні пілотні проєкти; обмін досвідом

**Висновки.** Інноваційна роль біогазових технологій у підвищенні ресурсної ефективності переробних підприємств України є вагомим чинником забезпечення сталого розвитку національної економіки в умовах європейської інтеграції. Біогазові системи дозволяють не лише мінімізувати витрати підприємств на енергозабезпечення, а й трансформувати проблематику відходів на джерело додаткової вартості. Успішна інтеграція біогазових рішень потребує формування сприятливого інституційного середовища, активної державної підтримки, доступу до сучасних технологій та підготовки фахівців нового покоління. Врахування міжнародного досвіду та адаптація кращих практик країн ЄС сприятимуть створенню в Україні високоефективної біогазової інфраструктури як складової сучасної енергетичної стратегії та інноваційної моделі розвитку промисловості.

1. Сухенко, Ю. Г., Сьрьогін, О. О., Сухенко, В. Ю., & Рябоконе, Н. В. (2016). Ресурсозберігаючі технології в харчових і переробних виробництвах: підручник/за ред. проф. ОО Сьрьогіна. Київ: ЦП КОМПРИНТ.

2. Пузирьова, П. В., & Покальчук, О. К. (2023). Інноваційні стратегії формування та розвитку конкурентоспроможної діяльності страхових компаній у сфері міжнародного та національного контексту. In Проблеми інтеграції освіти, науки та бізнесу в умовах глобалізації. Київський національний університет технологій та дизайну.

3. Трохимець, О. І., Гальцова, О. Л., & Гнатенко, І. А. (2021). Сутність інновацій та інноваційного підприємництва за умов зміни споживчих переваг та маркетингової поведінки підприємств. Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво, (5), 40-45.

4. Гужва І. Ю. (2017). Актуалітети зовнішньоторговельної політики України: [моногр.]. К.: Національна академія управління. 298 с.

5. Гончарук, І. В. (2020). Кластеризація виробництва біопалив у формуванні енергетичної незалежності агропромислового комплексу. Інвестиції: практика та досвід, (19-20), 64-73.

6. Гужва І.Ю. (2015). Україна в глобальній торгівлі: монографія: [моногр.]. К. : Зовнішня торгівля. 236 с.

7. Михайлов, А. М., Ільїн, В. Ю., Коцупатрий, М. М., Фурсіна, О. В., & Гнатенко, І. А. (2021). Управління інноваційною економікою в контексті тренду сталого розвитку в рамках моделі інституціонально-матричної кластеризації в умовах адаптивного кадрового менеджменту, діджиталізації агропродовольчої сфери та адаптації до умов пандемії COVID-19. Економічні горизонти, (2(17)), 29–40.
8. Мамонтова, Н. А. (2011). Основні тенденції розвитку нафтогазового комплексу України в умовах сталого розвитку. Наукові записки [Національного університету Острозька академія]. Сер.: Економіка, (16), 510-521.
9. Пузирьова, П. В. (2014). Актуальні аспекти забезпечення технологічної конкурентоспроможності підприємств в сучасних умовах. Ефективна економіка, (9).
10. Бандура, В. М. (2010). Розвиток альтернативної енергетики в Україні та світі. Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій], (37), 267-271.
11. Пузирьова, П. В., & Ковальська, Ю. Г. (2012). Характеристика податкового менеджменту та ознаки його ефективності в сучасних умовах. Формування ринкових відносин в Україні, (2), 36-39.
12. Borodina, O. (2022). Базові тренди повоєнної трансформації економіки України: бюджетна децентралізація, індустрія 4.0, регіональний енергоменеджмент. Journal of Innovations and Sustainability, 6(1), 1-23.

- 
1. Sukhenko, Yu. H., Serohin, O. O., Sukhenko, V. Yu., & Riabokon, N. V. (2016). Resursozberihaiuchi tehnolohii v kharchovykh i pererobnykh vyrobnystvakh: pidruchnyk/za red. prof. OO Serohina. Kyiv: TsP KOMPRYNТ.
  2. Puzyrova, P. V., & Pokalchuk, O. K. (2023). Innovatsiini stratehii formuvannia ta rozvytku konkurentospromozhnoi diialnosti strakhovykh kompanii u sferi mizhnarodnoho ta natsionalnoho kontekstu. In Problemy intehratsii osvity, nauky ta biznesu v umovakh hlobalizatsii. Kyivskiy natsionalnyi universytet tehnolohii ta dizainu.
  3. Trokhymets, O. I., Haltsova, O. L., & Hnatenko, I. A. (2021). Sutnist innovatsii ta innovatsiinoho pidpriemnytstva za umov zminy spozhyvchykh perevah ta marketynhovoї povedinky pidpriemstv. Derzhava ta rehiony. Seriya: Ekonomika ta pidpriemnytstvo, (5), 40-45.
  4. Huzhva I. Yu. (2017). Aktuality zovnishnotorhovelnoi polityky Ukrainy: [monohr.]. K.: Natsionalna akademiia upravlinnia. 298 s.
  5. Honcharuk, I. V. (2020). Klasteryzatsiia vyrobnytstva biopalyv u formuvanni enerhetychnoi nezalezhnosti ahropromyslovoho kompleksu. Investytsii: praktyka ta dosvid, (19-20), 64-73.
  6. Huzhva I.Iu. (2015). Ukraina v hlobalnii torhivli: monohrafiia: [monohr.]. K. : Zovnishnia torhivlia. 236 s.
  7. Mykhailov, A. M., Ilin, V. Yu., Kotsupatryi, M. M., Fursina, O. V., & Hnatenko, I. A. (2021). Upravlinnia innovatsiinoi ekonomikoi v konteksti trendu staloho rozvytku v ramkakh modeli instytutsionalno-matrychnoi klasteryzatsii v umovakh adaptivnoho kadrovoho menedzhmentu, didzhitalizatsii ahroprodovolchoi sfery ta adaptatsii do umov pandemii COVID-19. Ekonomichni horyzonty, (2(17)), 29–40.
  8. Mamontova, N. A. (2011). Osnovni tendentsii rozvytku naftohazovoho kompleksu Ukrainy v umovakh staloho rozvytku. Naukovi zapysky [Natsionalnoho universytetu Ostrozka akademiia]. Ser.: Ekonomika, (16), 510-521.
  9. Puzyrova, P. V. (2014). Aktualni aspekty zabezpechennia tekhnolohichnoi konkurentospromozhnosti pidpriemstv v suchasnykh umovakh. Efektyvna ekonomika, (9).
  10. Bandura, V. M. (2010). Rozvytok alternatyvnoi enerhetyky v Ukraini ta sviti. Naukovi pratsi [Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tehnolohii], (37), 267-271.
  11. Puzyrova, P. V., & Kovalska, Yu. H. (2012). Kharakterystyka podatkovoho menedzhmentu ta oznaky yoho efektyvnosti v suchasnykh umovakh. Formuvannia rynkovykh vidnosyn v Ukraini, (2), 36-39.
  12. Borodina, O. (2022). Bazovi trendy povoiennoi transformatsii ekonomiky Ukrainy: biudzhethna detseentralizatsiia, industriia 4.0, rehionalnyi enerhomenedzhment. Journal of Innovations and Sustainability, 6(1), 1-23.