



УДК 338.45:620.92:502.1

[https://doi.org/10.52058/3041-1254-2026-1\(23\)-1418-1434](https://doi.org/10.52058/3041-1254-2026-1(23)-1418-1434)

Вербицький Денис Анатолійович аспірант, Державний науково-дослідний інститут інформатизації та моделювання економіки, Київ, <https://orcid.org/0009-0002-2352-052X>

БІОГАЗ У ПЕРЕРОБНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ: ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ІНВЕСТИЦІЙНІ БАР'ЄРИ МАСШТАБУВАННЯ У КОНТЕКСТІ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ

Анотація. У статті обґрунтовано доцільність упровадження біогазових технологій у переробній промисловості України як інструменту енергетичної модернізації, декарбонізації та переходу до циркулярних моделей ресурсокористування в контексті євроінтеграції. Показано, що посилення кліматичної політики ЄС і вуглецевих обмежень трансформує екологічні параметри виробництва у чинник конкурентоспроможності, особливо для експортоорієнтованих підприємств із високою енергомісткістю та значними потоками органічних відходів.

Мета статті – аналітичне обґрунтування еколого-економічної ефективності впровадження біогазових технологій у переробній промисловості України та визначення ключових інвестиційних бар'єрів і механізмів масштабування в умовах зближення з ЄС. Методологічною основою слугує аналіз вигід і витрат (Cost–Benefit Analysis, CBA) із включенням екологічних зовнішніх ефектів і параметрів інвестиційного ризику; емпіричну базу доповнено систематизацією динаміки сектору біогазу/біометану у 2020–2025 роках та прогнозними оцінками розвитку біометану до 2030 року.

Доведено, що біогазова модель еволюціонує від нішевої електрогенерації до інтегрованого циклу «відходи – енергія – дигестат», який підвищує стійкість проєктів завдяки диверсифікації вигід (заміщення газу й електроенергії, скорочення витрат на утилізацію відходів, додаткова цінність дигестату). Виявлено зсув інвестиційної логіки у 2023–2025 роках у бік біометану як товарного газу, сумісного з європейською інфраструктурою, що формує експортний канал монетизації та одночасно підсилює роль сертифікації, простежуваності й доказу сталості. На прикладі промислового кейсу показано потенціал конкурентних показників окупності за умови високого завантаження потужностей, але визначено, що головні обмеження мають інституційно-інвестиційний характер.

Узагальнено, що ключові бар'єри масштабування зосереджені навколо вартості капіталу та воєнної премії ризику, мережових процедур приєднання,





транзакційних витрат сертифікації і регуляторно-експортних обмежень (зокрема механізмів гарантій походження). Обґрунтовано, що зниження ризиків забезпечується структуризацією проекту через SPV, довгострокові договори гарантованого збуту (PPA для електрогенерації та контрактні формули «газовий індекс + премія» для біометану), контрактним закріпленням сировинної бази та впровадженням систем менеджменту сталості. Зроблено висновок, що в умовах євроінтеграції біогазові та біометанові рішення слід розглядати як інструмент структурної модернізації переробки, а пріоритет політики – здешевлення капіталу й стандартизація процедур підключення та сертифікації.

Ключові слова: біогаз; біометан; переробна промисловість; еколого-економічна ефективність; аналіз вигоди і витрат (CBA); інвестиційні бар'єри; проектне фінансування; сертифікація сталості; євроінтеграція.

Verbytskyi Denys Anatoliiovych PhD Student, State Research Institute for Informatization and Economic Modeling, Kyiv, <https://orcid.org/0009-0002-2352-052X>

BIOGAS IN UKRAINE'S PROCESSING INDUSTRY: ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC EFFICIENCY AND INVESTMENT BARRIERS TO SCALING IN THE CONTEXT OF EUROPEAN INTEGRATION

Abstract. The article substantiates the feasibility of deploying biogas technologies in Ukraine's processing industry as an instrument for energy modernisation, decarbonisation, and the transition to circular resource-use models in the context of European integration. It is demonstrated that the tightening of EU climate policy and carbon constraints transforms environmental production parameters into a determinant of competitiveness, particularly for export-oriented enterprises characterised by high energy intensity and substantial organic waste streams.

The purpose of the article is to provide an analytical justification of the environmental and economic efficiency of implementing biogas technologies in Ukraine's processing industry and to identify the key investment barriers and scaling mechanisms under conditions of closer integration with the EU. The methodological framework is based on Cost–Benefit Analysis (CBA), incorporating environmental externalities and investment risk parameters; the empirical basis is complemented by a systematisation of biogas/biomethane sector dynamics in 2020–2025 and forecast estimates of biomethane development through 2030.

It is demonstrated that the biogas model is evolving from niche electricity generation toward an integrated “waste–energy–digestate” cycle, which enhances project resilience through the diversification of benefits (substitution of natural gas and electricity, reduced waste management costs, and the added value of digestate). A shift





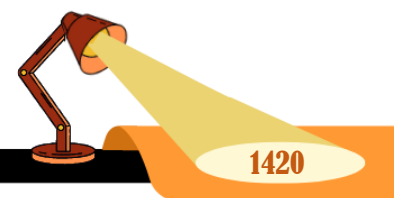
in investment logic during 2023–2025 toward biomethane as a marketable gas compatible with European infrastructure is identified, forming an export monetisation channel while simultaneously increasing the importance of certification, traceability, and proof of sustainability. Using an industrial case study, the paper shows the potential for competitive payback indicators under high capacity utilisation, while concluding that the principal constraints are institutional and investment-related rather than technological.

The study generalises that the key scaling barriers are concentrated around the cost of capital and the war-related risk premium, grid connection procedures, certification-related transaction costs, and regulatory–export constraints (including guarantees of origin mechanisms). It is substantiated that risk mitigation is achieved through project structuring via SPVs, long-term guaranteed sales agreements (PPAs for electricity generation and contractual pricing formulas based on a “gas index + premium” for biomethane), contractual fixation of the feedstock base, and the implementation of sustainability management systems. The article concludes that, in the context of European integration, biogas and biomethane solutions should be regarded as instruments of structural modernisation of the processing industry, while policy priorities should focus on lowering the cost of capital and standardising connection and certification procedures.

Keywords: biogas; biomethane; processing industry; environmental and economic efficiency; cost–benefit analysis (CBA); investment barriers; project finance; sustainability certification; European integration.

Постановка проблеми. Євроінтеграційний курс України загострює потребу структурної модернізації переробної промисловості, де висока енергомісткість виробничих процесів поєднується зі значними обсягами органічних відходів і посиленням екологічних вимог. У цих умовах біогазові технології набувають стратегічного значення як інструмент підвищення енергоефективності, зниження вуглецевої інтенсивності продукції та переходу до більш раціонального ресурсокористування. Посилення кліматичної політики ЄС, зокрема механізмів вуглецевого регулювання торгівлі, поступово трансформує екологічні параметри виробництва у чинник конкурентоспроможності, насамперед для експорто-орієнтованих підприємств.

Практична реалізація біогазового потенціалу переробної промисловості залишається нерівномірною. Попри наявність успішних кейсів енергетичної утилізації відходів, масштабування стримується капіталомісткістю проєктів, тривалим горизонтом окупності, дефіцитом довгострокового фінансування, ризиками приєднання до мереж і нестабільністю інструментів підтримки відновлюваної енергетики. Додаткову невизначеність формують воєнні загрози та порушення функціонування енергетичної інфраструктури, що підвищує премію за ризик і звужує коло інвестиційно прийнятних рішень.





Науково-практична проблема полягає у нестачі узгоджених підходів, які дозволяють кількісно співвіднести економічні вигоди біогазових рішень із екологічними ефектами та інвестиційними ризиками впровадження. Економічний результат охоплює заміщення природного газу й електроенергії, скорочення витрат на поводження з відходами та формування додаткових продуктів, тоді як екологічний ефект проявляється у зниженні викидів парникових газів і мінімізації метанових втрат. Використання аналізу вигід і витрат (СВА, Cost–Benefit Analysis) із урахуванням зовнішніх екологічних ефектів підвищує доказовість інвестиційних рішень і дає змогу ідентифікувати вузькі місця, що визначають реальні межі переходу переробної промисловості України до низьковуглецевої моделі розвитку в умовах зближення з ЄС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний науковий дискурс щодо біогазових технологій у переробній промисловості України доцільно групувати у три взаємодоповнювальні напрями. Перший напрям формує теоретико-методологічну основу циркулярної економіки та безвідходних виробничих моделей, у межах якого В. Ю. Вовк акцентує увагу на переході АПК до замкнених циклів і системній ролі ресурсозбереження як передумови еколого-економічної результативності [1]. Другий напрям представлений емпірично-прикладними дослідженнями сировинної бази та технологічної доцільності, де Н. В. Зеленчук обґрунтовує можливості використання сировинного потенціалу АПК для біогазового виробництва [2], а А. А. Лісовал і М. І. Гуменчук визначають перспективи і поетапність застосування біогазу в енергетиці та транспорті, підкреслюючи інфраструктурні й організаційні умови масштабування [3]. Третій напрям охоплює євроінтеграційно-інституційні та безпекові аспекти розвитку біоенергетики, де Т. В. Коломієць систематизує європейський досвід виробництва біогазу з аграрних відходів і розглядає трансформацію біопаливного сегмента в умовах воєнного стану [4], а І. В. Фурман і Д. О. Ксенчин пов'язують біоенергетику з імперативом енергетичної безпеки та стійкості економіки [5]; окремий приклад технологічної реалізації замкненого циклу в переробці висвітлюють Я. Гонтарук і О. Ревков, аналізуючи практику виробництва біогазу на цукрових заводах у контексті закритого виробничого циклу [6].

Попри наявність значної кількості праць, недостатньо дослідженою залишається саме інтегрована оцінка еколого-економічної ефективності біогазу в переробній промисловості України на основі методики зіставлення вигоди і витрат (Cost–Benefit Analysis, СВА) з урахуванням інвестиційних ризиків масштабування та євроінтеграційних вимог до сталості й сертифікації.

Метою статті є аналітичне обґрунтування еколого-економічної ефективності впровадження біогазових технологій у переробній промисловості України та визначення ключових інвестиційних бар'єрів і механізмів масштабування в умовах зближення з ЄС.



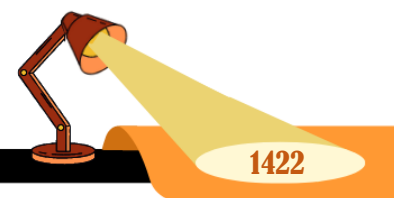


Виклад основного матеріалу. Біогазові технології у переробній промисловості України впродовж 2020–2025 років еволюціонували від відносно вузької ніші електрогенерації до комплексного інструменту підвищення ресурсної ефективності та декарбонізації виробництва. Важливо, що в національних умовах біогазова модель формувалася не лише як «енергетичний проєкт», а як технологія замкненого циклу, у межах якого одночасно виробляються електроенергія й тепло, знижується вуглецевий слід поводження з органічними відходами, а дигестат перетворюється на побічний продукт із агрохімічною цінністю для ґрунтів. Так, станом на кінець 2020 року в Україні функціонувало 68 біогазових станцій, із яких 28 працювали на відходах агрохолдингів, 27 – на полігонах твердих побутових відходів, 10 – у системах очищення стічних вод; сумарна електрична потужність досягала 105 МВт, а 50 станцій у режимі «зеленого» тарифу реалізували 103,364 тис. МВт·год електроенергії на рік, що засвідчує значну роль регуляторних стимулів на ранніх етапах розвитку сектору [3].

Паралельно зростала економічна доцільність переходу від біогазу до біометану як товарного газу, сумісного з інфраструктурою та правилами європейського ринку. Збагачення біогазу до параметрів біометану потребує додаткових інвестицій у технологічні лінії очищення (мембранні або криогенні рішення, водоабсорбція під тиском, адсорбція зі змінним тиском), тому фінансовий результат визначається вже не стільки «ціною електроенергії», скільки сукупністю чинників – капіталомісткістю апгрейду, доступом до мереж, контрактною моделлю реалізації та параметрами державної підтримки [3]. У цьому вимірі євроінтеграція змінює інвестиційну логіку сектора, формуючи стійкий попит на відновлювані гази та посилюючи вимоги до сертифікації, простежуваності походження й обліку в енергетичних балансах.

Показовими для переробної промисловості є приклади виробничої реструктуризації, коли біогазова інфраструктура фактично стає «другим технологічним ядром» підприємства. Зокрема, у цукропереробці реалізовано проєкт, де біогаз і дигестат інтегровані у технологічний цикл; наведені техніко-економічні параметри демонструють капітальні інвестиції на рівні 12 млн євро та просту окупність близько 5 років за умов високого завантаження потужностей, що формує важливий орієнтир для інвестиційного аналізу в сегменті переробки [6].

Емпіричну динаміку становлення біогазу та біометану в Україні за останні п'ять років узагальнено в табл. 1, де відображено перехід від домінування біогазової електрогенерації до появи експортної компоненти біометану.





Таблиця 1

Динаміка сектора біогазу і біометану в Україні у 2020–2025 роках

Показник	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Кількість біогазових станцій, од.	68	77	н/д	83*	83	85
Встановлена електрична потужність, МВт	105	н/д	н/д	140*	140	140*
Кількість станцій, що працювали за «зеленим тарифом», од.	50	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Виробіток електроенергії з біогазу, ГВт·год	≈103	н/д	≈505**	580**	н/д	н/д
Виробництво біогазу (деклароване), млн м ³ /рік	230	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д
Кількість біометанових заводів, од.	0	0	старт інвестпроектів	1	2	4
Потужність біометану, млн м ³ /рік	0	0	н/д	3	6	41
Плановий випуск біометану до кінця року, млн м ³ /рік	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	111
Експорт біометану, млн м ³	0	0	0	0	0	>11,2

Джерело: Агреговано автором на основі аналізу та систематизації інформації з відкритих джерел [3; 8; 9; 10; 11].

Показники табл. 1 відображають дві взаємопов'язані закономірності розвитку сектору. По-перше, біогазова інфраструктура зростає помірними темпами, що проявляється у збільшенні кількості станцій з 68 до 85 одиниць у 2020–2025 рр. (приблизно +25%) при середньорічному темпі приросту близько 4,6%. Така траєкторія є типовою для капіталомістких технологій з тривалим інвестиційним циклом, де динаміка обмежується доступністю довгострокового фінансування, ризиками воєнного часу, а також залежністю від ринку електроенергії та регуляторних механізмів підтримки [8].

По-друге, у 2023–2025 рр. формується новий драйвер зростання – біометан як продукт енергетичної інтеграції з ЄС. Якщо у 2024 році функціонували два біометанові заводи із сукупною потужністю 6 млн м³/рік, то у 2025 році зафіксовано розширення до чотирьох заводів із сумарною потужністю 41 млн м³/рік і фактичний експорт понад 11,2 млн м³. Навіть у наближеному енергетичному еквіваленті такий експорт відповідає близько 113 ГВт·год корисної енергії, формуючи прямий валютний потік для виробників і підтверджуючи перехід від локальної утилізації відходів до моделі масштабування через зовнішній ринок, стандарти якого дедалі більше визначають інвестиційні параметри переробної промисловості.

Для інвестиційної логіки переробних підприємств зазначена тенденція означає зміщення «ядра окупності» від генерації електроенергії до виробництва товарного газу, сумісного з європейською інфраструктурою, що зумовлює появу





нового класу проєктів із довшими контрактами, складнішою ризик-архітектурою та принципово вищою залежністю від сертифікації і контролю якості газу. Подальший масштаб і потенційний темп розгортання біометанової індустрії в Україні відображено у табл. 2, яка узагальнює прогностичні оцінки розвитку на 2027–2030 роки та демонструє перехід від поточних одиничних виробництв до сценарію індустріального розширення.

Таблиця 2

Прогноз розвитку біометану в Україні на 2027–2030 роки на основі галузевих оцінок

Показник	2027	2030
Виробництво біометану, млрд м ³ /рік	0,25	4,5
Експорт до ЄС, млрд м ³ /рік	0,13	2,25
Внутрішнє споживання, млрд м ³ /рік	0,13	2,25
Кількість заводів, од.	50	900
Обсяг інвестицій, млрд євро	0,5	9,0
Скорочення викидів, млн т CO ₂ -екв.	0,6	11,3
Робочі місця, осіб	3 100	56 200

Джерело: Побудовано автором за даними [9; 10; 11]

Прогнозна траєкторія до 2030 року окреслює якісно інший масштаб індустрії, за якого біометан виходить за межі «нішевого» продукту і набуває ознак системної енергетичної компоненти. Визначальним маркером виступає потреба в інвестиціях порядку 9 млрд євро до 2030 р. [8], що для України означає перехід від поодиноких ініціатив до портфельного фінансування зі стандартизованими вимогами до ризик-менеджменту, довгострокових договорів постачання сировини та доказовості кліматичного ефекту.

Для переробної промисловості інвестиційна привабливість такого сценарію посилюється ефектом подвійної монетизації. Фінансовий результат формується не лише через заміщення енергоресурсів у межах підприємства, а й через експортну премію біометану та скорочення витрат на поводження з органічними відходами. Водночас масштабування закономірно загострює бар'єри входу, оскільки підвищує значущість інфраструктурних вузьких місць, процедур приєднання до мереж, технічних стандартів якості газу та транзакційних витрат сертифікації, без яких інтеграція з ринком ЄС стає економічно недосяжною навіть за високого ресурсного потенціалу.

З огляду на це, ключовою аналітичною задачею стає кількісне зіставлення вигід і витрат для промислових біогазових рішень з урахуванням структури доходів, капітальних витрат і чутливості проєкту до інвестиційних ризиків. Саме такий підхід формалізовано в табл. 3, де наведено СВА-параметри біогазового інвестиційного проєкту для переробної промисловості на прикладі цукрового заводу.





Таблиця 3

СВА-параметри біогазового інвестпроекту для переробної
промисловості на прикладі цукрового заводу

Показник	Значення
Використання сировини, т/добу	380
Продуктивність біогазу, м ³ /год	2 800
Виробництво електроенергії, кВт·год	5 200
Середньорічне навантаження, %	80
Вихід рідкого дигестату, річний обсяг	100 000
Капітальні інвестиції, млн євро	12,0
Дохід від продажу електроенергії, євро/рік	4 613 130
Проста окупність DPP, років	5
Імпліцитний середній чистий грошовий потік (CAPEX/DPP), млн євро/рік	2,4 (розрахунок на основі DPP)
Орієнтовна IRR без податків та амортизації, %	≈18,4 (оцінка за рівномірним потоком 15 років)

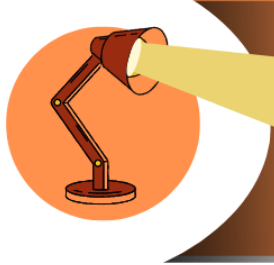
Джерело: Агреговано автором на основі аналізу та систематизації інформації з відкритих джерел [3; 8; 9; 10; 11].

Наведений приклад відображає «індустріальний» тип біогазової економіки, у межах якої енергетичний результат поєднується з утилізацією відходів переробки та випуском вторинного продукту у вигляді дигестату [6]. У логіці аналізу вигід і витрат (СВА) саме така конфігурація підвищує стійкість проекту, оскільки зменшує залежність від одного джерела доходу й забезпечує додаткові компенсатори витрат через скорочення платежів за екологічне навантаження, логістичних витрат на поводження з відходами та потреби в мінеральних добривах. Для переробної промисловості принципова перевага полягає у трансформації відходів із «витратної» статті у виробничий актив, що генерує грошовий потік і одночасно знижує регуляторні ризики.

Інвестиційна привабливість кейсу підкріплюється коротким періодом простої окупності – близько п'яти років [6], що у спрощеному наближенні відповідає середньому чистому потоку орієнтовно 2,4 млн євро на рік. У контексті євроінтеграції важливо, що економіка таких проектів стає чутливою до цінних сигналів електроенергії та можливостей оптимізації режимів роботи. Погодинна волатильність цін на ринку «на добу наперед» у 2023–2025 рр. посилила вигоди від перенесення генерації на пікові години, підвищуючи доцільність гнучкого управління когенераційними установками [8]. Це означає, що бар'єри масштабування мають переважно інвестиційно-інституційний, а не технологічний характер: вирішальними стають доступ до капіталу, гарантії збуту, мережеві обмеження та транзакційні витрати сертифікації.

Масштабування біогазових і біометанових проектів стримується не стільки дефіцитом технологій, скільки недостатньою «банківністю» проектів, тобто



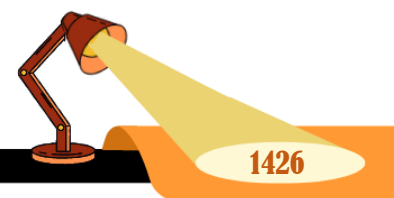


здатністю формувати прогнозований грошовий потік, прийнятний для кредиторів та інституційних інвесторів. Галузеві оцінки свідчать, що навіть досягнення нижньої межі прогнозу виробництва біогазу 2,5 млрд м³/рік пов'язується зі зростанням кількості станцій до 740, що означає капіталомісткий і тривалий цикл розбудови [3]. Для переробної промисловості ця залежність посилюється сезонністю сировини, конкуренцією за органічні субстрати та потребою вбудувати біогазовий модуль у технологічний процес без втрати основної продуктивності.

Найжорсткіше обмеження у 2024–2025 рр. сформувалося на перетині регуляторики та експортної інфраструктури біометану. Гарантія походження є ключовим документом для митного оформлення, однак реєстр біометану фактично не функціонує через необхідність інтеграції з європейською базою даних UDB (Union Database), без чого видача гарантій походження є неможливою [8]. У короткостроковому періоді експорт підтримується тимчасовою моделлю документального підтвердження сталості, яка вимагає підключення виробника до газотранспортної або газорозподільної системи, встановлення автоматичного потокового вимірювального приладу (хроматографа) та вузла обліку газу, а також подання сертифіката відповідності критеріям сталості й доказу сталості PoS (Proof of Sustainability) для відповідного обсягу біометану [12; 13]. У практичній площині ці вимоги трансформуються у додаткові інвестиційні витрати та транзакційні затримки, що підвищує поріг входу насамперед для підприємств середнього масштабу.

Фінансові бар'єри масштабування посилюються специфікою ціноутворення біометану на ринку ЄС. Ціна продажу формується як поєднання індикативної ціни природного газу, вираженої в енергетичних одиницях, та премії, розмір якої залежить від вуглецевого сліду біометану й типу сировини, зокрема її відповідності перелікам Додатку IX Директиви ЄС RED II (Renewable Energy Directive II) [14]. За такої конструкції дохід стає функцією не лише обсягу, а й «якості молекули», що визначається походженням сировини та доказовістю сталості. Відповідно, ризики несертифікації або нестабільності сировинної бази безпосередньо конвертуються у втрату премії та зниження маржі, що для кредитора означає підвищення ризику невиконання фінансових зобов'язань проекту.

Додатковим обмеженням для переробної промисловості є волатильність цін на електроенергію для біогазових когенераційних установок у разі орієнтації проекту на електрогенерацію. У 2023–2025 рр. зростання пікових цін на РДН підвищило економічну доцільність роботи в режимі максимального попиту, однак водночас зробило грошові потоки більш ринковими та менш передбачуваними. За відсутності довгострокових договорів купівлі-продажу це підвищує ставку дисконту в СВА й погіршує інтегральні показники ефективності (NPV, IRR) для підприємств із недостатньо розвинутою системою комерційного управління ризиками.





Сировинні ризики в переробці мають подвійний характер. З одного боку, переробні потоки є концентрованими та технологічно придатними для метанового бродіння, що підтверджується високими виходами біогазу з меляси та бурякового жому [2]. З іншого боку, сезонність (передусім у цукровому виробництві), варіативність сухої речовини та логістика збирання відходів формують ризик недовантаження установки, критичний для капіталомістких технологій, де рентабельність досягається лише за високого коефіцієнта використання потужності. Саме тому в промислових кейсах результативність забезпечується інтегрованою моделлю «відходи – енергія – дигестат», де економічний ефект підсилюється зниженням витрат на утилізацію та формуванням додаткової цінності за рахунок органічних добрив [6].

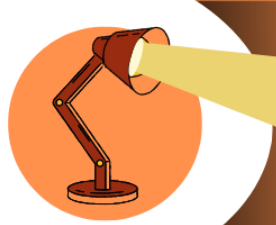
З огляду на зазначене, систематизація бар'єрів та інструментів мінімізації ризиків потребує узагальнення у вигляді матриці, що демонструє механізм трансляції обмежень у фінансові параметри проєкту та практичні способи підвищення його інвестиційної привабливості.

Таблиця 4

Класифікація інвестиційних бар'єрів масштабування біогазу і біометану та фінансові механізми мінімізації

Група бар'єрів	Як проявляється у переробній промисловості	Фінансовий ефект у аналізі вигід і витрат	Механізми мінімізації та інструменти залучення капіталу
Регуляторно-експортні	Відсутність можливості видачі гарантій походження через неінтегрованість реєстру з Єдиною базою даних ЄС	Зростання транзакційних витрат, затримка доходів, підвищення премії за ризик	Перехідні процедури експорту з доказом сталості (PoS) та сертифікацією; контрактні умови з відкладеним запуском гарантій походження після інтеграції з Єдиною базою даних ЄС; юридичне структурування договорів гарантованого збуту
Інфраструктурно-мережеві	Потреба підключення до газотранспортної системи (ГТС) / газорозподільної мережі (ГРМ), встановлення хроматографа і вузла обліку	Зростання капітальних витрат (CAPEX), подовження інвестиційної фази	Проєктне фінансування з виокремленням мережевого блоку; гарантії приєднання; фінансування через інфраструктурні кредити

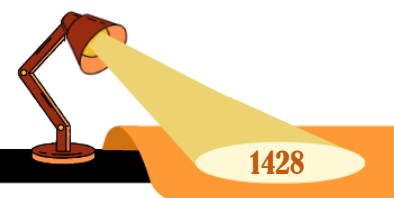




Група бар'єрів	Як проявляється у переробній промисловості	Фінансовий ефект у аналізі вигід і витрат	Механізми мінімізації та інструменти залучення капіталу
Ринково-цінові	Залежність доходів від ціни газу та премії сталості, зумовленої вуглецевим слідом і типом сировини	Волатильність виручки, підвищення ставки дисконту	Довгострокові договори купівлі-продажу з формулою «газовий індекс + премія»; хеджування цінових ризиків; страхування доходів
Енергоринкові для біогазової генерації	Погодинна мінливість цін на ринку «на добу наперед» та можливість роботи в пікові періоди	Невизначеність грошових потоків, ризик недоотримання доходів	Довгострокові договори купівлі-продажу електроенергії (PPA); оптимізація режимів роботи; накопичення біогазу; поєднання реалізації електроенергії та біометану
Сировинно-операційні	Сезонність і варіативність субстратів, ризик недовантаження потужностей; водночас високі виходи біогазу з переробних відходів	Зниження коефіцієнта використання потужності, зростання питомих операційних витрат	Сировинні договори з мінімально гарантованими обсягами; інтеграція кількох потоків відходів; технологічна підготовка субстратів; резервування логістики
Сертифікаційно-екологічні	Необхідність доказу сталості для експорту та добору сировини	Ризик втрати премії або доступу до ринку	Впровадження систем менеджменту сталості; аудит; сертифікація; цифрові системи обліку походження

Джерело: Побудовано автором за даними

У підсумку інвестиційні бар'єри масштабування біогазових технологій у переробній промисловості України доцільно трактувати як проблему «інституційної завершеності ринку», коли технологія економічно життєздатна, але потребує формалізованих механізмів довіри з боку інвестора. Ринкова інтеграція з ЄС у 2025 році фактично підтвердила експортний канал, адже Україна здійснила перші трубопровідні поставки біометану до Євросоюзу, а профільні оцінки фіксують наявність 4 біометанових заводів із сумарною потужністю 41 млн м³/рік. Саме тому ключовим завданням наступного етапу є не «доведення технології», а зниження вартості капіталу через стандартизацію доказу сталості, договори гарантованого збуту, мережових процедур та інструментів страхування ризиків, що прямо формує інвестиційну спроможність сектору.





Інвестиційна спроможність біогазових проєктів у переробній промисловості визначається здатністю підприємства перетворити технічно життєздатну установку на фінансово прогнозований актив із керованими ризиками. Кредитор і стратегічний інвестор оцінюють не стільки потенціал утилізації відходів, скільки стабільність майбутніх грошових потоків, юридичну «прив'язаність» сировини, гарантований збут та дотримання вимог сталості, критичних для доступу до ринку ЄС. З огляду на це основним завданням інвесторської моделі стає зниження премії за ризик шляхом контрактного і технічного структурування проєкту на етапі підготовки.

Найбільш придатною для промислових біогазових комплексів є модель проєктного фінансування із виділенням об'єкта у спеціалізовану компанію SPV. Така конструкція дозволяє відокремити ризики базового виробництва від ризиків енергетичного модуля та закріпити грошові потоки біогазу окремими договорами. У практичному вимірі SPV-структура підвищує прозорість для банківського аналізу, оскільки забезпечує окремий баланс, підконтрольний ковенантам, і дає змогу точніше налаштувати параметри боргового навантаження через DSCR та сценарне тестування чутливості. Ключові параметри ефективності у такій моделі задаються класичною СВА-специфікацією, де результат залежить від структури доходів, повноти врахування операційних витрат і вартості капіталу

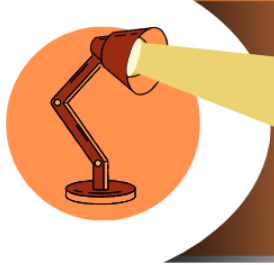
$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{(B_t - C_t)}{(1+WACC)^t} - CAPEX$$

де $WACC$ у воєнних умовах набуває визначальної ролі, адже саме він «поглинає» ризики інфраструктури, мережевих обмежень і регуляторної невизначеності.

Стабілізація доходів має ґрунтуватися на довгострокових договорах гарантованого збуту та прив'язці ціни до об'єктивних індикаторів. Для електрогенерації найбільш ефективними є контракти типу **PPA (Power Purchase Agreement)** або інші форми фіксованого продажу, що зменшують залежність від погодинної волатильності ринку «на добу наперед». Конкурентна перевага біогазових станцій полягає у диспетчерованості, яка дозволяє зміщувати генерацію на пікові години, однак така модель потребує прогнозованих грошових потоків і зрілої комерційної стратегії. Для переробних підприємств оптимальною є комбінація власного споживання енергії з частковою реалізацією, оскільки внутрішня економія на газі та електроенергії знижує чутливість проєкту до зовнішньої кон'юнктури.

У біометанових проєктах контрактна модель складніша, проте економічно сильніша завдяки експортному каналу. Ціна біометану на ринку ЄС формується





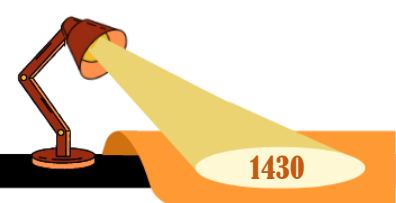
як поєднання індикативної вартості природного газу та премії, величина якої залежить від вуглецевого сліду й типу сировини відповідно до критеріїв сталості, зокрема вимог **RED II** [8]. Відтак інвесторська модель повинна фіксувати не лише мінімальні обсяги виробництва, а й параметри якості та походження сировини, що прямо визначають цінову надбавку. Довгострокові договори купівлі-продажу з формулою «газовий індекс + премія» знижують доходний ризик, але потребують надійного механізму підтвердження сталості.

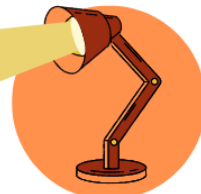
Критичною умовою інвестиційної привабливості біометану є сертифікаційна та інфраструктурна готовність до експорту. Гарантія походження залишається базовим документом митного оформлення, однак її видача можлива лише за наявності реєстру та інтеграції з **Union Database**, без чого легітимний механізм підтвердження походження не працює. У перехідному режимі експорт фактично вбудовує додаткові технічні й процедурні вимоги, включаючи підключення до ГТС або ГРМ, встановлення вузлів обліку та потокового хроматографа, а також подання сертифіката відповідності критеріям сталості і доказу сталості **PoS (Proof of Sustainability)** [8]. Це підвищує капітальні витрати та транзакційні затримки, але одночасно знижує ринковий ризик після виходу на експорт через доступ до більш ліквідного й стандартизованого сегмента збуту.

Фінансове закриття проектів доцільно забезпечувати через змішане фінансування, коли частина капіталу покривається комерційним боргом, частина – власними коштами інвестора, а ризики пом'якшуються гарантійними та страхувальними інструментами. Для переробної промисловості найважливішими є механізми, що знижують «воєнну премію ризику» та забезпечують доступ до довгого ресурсу, зменшуючи середньозважену вартість капіталу (WACC) і підвищуючи інтегральні показники ефективності (NPV, IRR). Найбільший ефект досягається на підприємствах з інтегрованим циклом «відходи – енергія – дигестат», де диверсифікація результатів підсилює стійкість грошового потоку [1].

У підсумку залучення інвестицій у біогазові та біометанові рішення потребує переходу від оцінювання технічної доцільності до фінансової керованості ризиками. Вирішальними стають SPV-структурування, довгострокові договори гарантованого збуту, контрактне закріплення сировинної бази, мережеві умови підключення та повна відповідність вимогам сталості, без яких експорт і преміальна ціна залишаються недосяжними. В умовах євроінтеграції саме ці фактори відокремлюють одиничні пілотні кейси від масштабованої інвестиційної моделі промислового розвитку.

Висновки. Біогазові технології у переробній промисловості України впродовж 2020–2025 років продемонстрували перехід від фрагментарного розвитку до формування стійкого інвестиційного сегмента, здатного забезпечувати одночасно енергетичний, екологічний і виробничо-ресурсний ефекти. Реальна



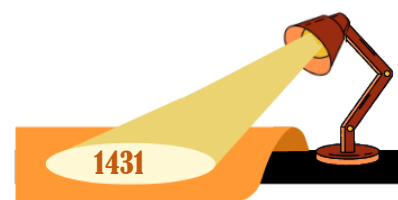


динаміка сектора підтверджує наявність інфраструктурної бази та накопиченого технологічного досвіду, що є критично важливим для промислового масштабування в умовах воєнних ризиків і цінової турбулентності енергоринку. Водночас найбільш значущий зсув останніх років пов'язаний із формуванням біометанового напрямку як продукту, що відповідає європейській логіці декарбонізації та відкриває канал експортної монетизації.

Оцінка еколого-економічної ефективності на основі СВА свідчить, що біогазові проекти у переробці здатні генерувати конкурентоспроможні показники окупності за умови високого коефіцієнта використання потужностей, стабільної сировинної бази та інтеграції енергетичного модуля у технологічний цикл підприємства. Найвищий ефект досягається у сегментах із концентрованими органічними потоками відходів, зокрема харчовій, цукровій та спиртовій переробці, де енергетичні вигоди від заміщення газу та електроенергії підсилюються екологічними вигодами утилізації відходів і додатковою цінністю дигестату. Така конфігурація забезпечує диверсифікацію потоків вигід, зменшуючи залежність інвестора від одного джерела доходу й підвищуючи загальну стійкість фінансової моделі.

Ключові обмеження масштабування мають переважно інституційно-інвестиційний характер і концентруються навколо вартості капіталу, мережевих процедур та експортної сертифікації. Відсутність повністю завершеного механізму гарантій походження і складність інтеграції з європейськими інструментами простежуваності формують додаткові транзакційні бар'єри, що підвищують CAPEX, подовжують інвестиційну фазу і збільшують ризик затримки доходів. За таких умов визначальним фактором успішності біогазових проєктів стає не технологічна готовність, а банківність – здатність проєкту задовольняти вимоги кредиторів через прогнозованість грошових потоків, довгі договори гарантованого збуту, контрактну фіксацію сировинної бази та повну відповідність критеріям сталості.

У практичному вимірі євроінтеграція формує для України інвестиційну «премію» через появу експортного ринку біометану та підвищення цінності низьковуглецевих рішень у ланцюгах створення вартості. Це означає, що біогазові проєкти у переробній промисловості слід розглядати як інструмент структурної модернізації, який одночасно посилює енергетичну автономність підприємства, знижує екологічні витрати виробництва та підвищує конкурентоспроможність продукції на ринку ЄС. Враховуючи наявні тенденції, пріоритетом державної та корпоративної політики має стати не стільки загальне стимулювання сектору, скільки зниження вартості капіталу через гарантійні механізми, стандартизацію мережевих процедур, підтримку сертифікації сталості та розвиток інфраструктури підключення до ГТС/ГРМ.

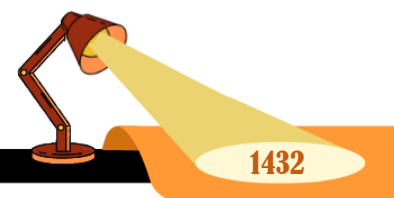


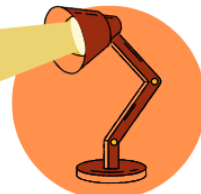


Подальша наукова робота доцільна у напрямі побудови панельної моделі ефективності біогазових і біометанових проєктів переробної промисловості України з оцінкою чутливості СВА-показників до вартості капіталу, сировинної сезонності та параметрів експортної сертифікації відповідно до регламентів ЄС.

Література:

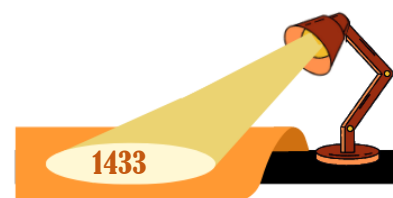
1. Вовк В. Ю. Світовий досвід переходу до моделей циркулярної економіки на основі використання безвідходних технологій в АПК. *Економічний простір*. 2022. № 179. С. 91–99.
2. Зеленчук Н. В. Оцінка сировинного потенціалу АПК для виробництва біогазу // *Економічний вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут»*. 2022. № 23. С. 15–19.
3. Лісовал А. А., Гуменчук М. І. Перспективи та етапи застосування біогазу в енергетиці і на транспорті України // *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки»*. 2022. Вип. 3(53). С. 231–239.
4. Коломієць Т. В. Аналіз європейського досвіду виробництва біогазу з відходів АПК. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 60. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-46>.
5. Фурман І. В., Ксенчин Д. О. Розвиток біоенергетики в контексті забезпечення енергетичної безпеки України // *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 61. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-41>
6. Гонтарук, Я., Ревков, О. Оцінка практики виробництва біогазу на цукрових заводах в контексті формування закритого циклу виробництва. *Економіка та суспільство*, 2024. Вип. 67. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-6>.
7. Коломієць Т. В. Розвиток виробництва біопалива в Україні під час військового стану // *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 63. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-55>
8. Гелегуха Г., Матвеев Ю., Кучерук П., Драгнев С., Крамар В., Пастух А. Виробництво біометану в Україні: можливості та виклики. Київ: KVP Project Ukraine; Біоенергетична асоціація України (UABIO), 2025. 82 с.
9. Гелегуха Г. Перспективи виробництва біометану в Україні. Біоенергетична асоціація України, голова правління. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2024/08/Geletuha_Perspektyvu_vyrobnystva_biometanu_v_Ukrayini_2.pdf.
10. Біометан в Україні, експорт до ЄС та збереження довкілля. Біоенергетична асоціація України. URL: <https://uabio.org/news/18439/>.
11. ExPro. Українські компанії експортували понад 11 млн куб м біометану в 2025 році URL: <https://expro.com.ua/novini/ukransk-kompan-eksportovali-ponad-11-mln-kub-m-bometanu-v-2025-roc> (дата звернення: 17.01.2026).
12. Commission Implementing Regulation (EU) 2022/996 of 14 June 2022 on rules to verify sustainability and greenhouse gas emissions saving criteria and low indirect land-use change-risk criteria. Official Journal of the European Union. 2022. L 168. P. 1–62. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2022/996/oj/eng.
13. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast). Official Journal of the European Union. 2018. L 328. P. 82–209. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj/eng>.
14. Commission Delegated Directive (EU) 2024/1405 of 14 March 2024 amending Annex IX to Directive (EU) 2018/2001 as regards adding feedstock for the production of biofuels and biogas. Official Journal of the European Union. 2024. OJ L, 2024/1405, 17.05.2024. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir_del/2024/1405/oj/eng.

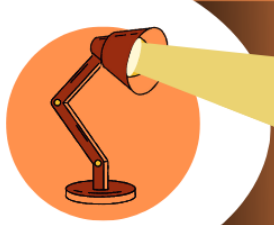




References:

1. Vovk, V.Yu. (2022). Svitovyi dosvid perekhodu do modelei tsyrkuliarnoi ekonomiky na osnovi vykorystannia bezvidkhodnykh tekhnolohii v APK [Global experience of transition to circular economy models based on the use of zero-waste technologies in the agro-industrial complex]. *Ekonomichnyi prostir – Economic Space*, 179, 91–99 [in Ukrainian].
2. Zelenchuk, N.V. (2022). Otsinka syrovynnoho potentsialu APK dlia vyrobnytstva biohazu [Assessment of the raw material potential of the agro-industrial complex for biogas production]. *Ekonomichnyi visnyk NTUU “Kyivskiy politekhnichnyi instytut” – Economic Bulletin of the National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”*, 23, 15–19 [in Ukrainian].
3. Lisoval, A.A., & Humenchuk, M.I. (2022). Perspektyvy ta etapy zastosuvannya biohazu v enerhetytsi i na transporti Ukrainy [Prospects and stages of biogas application in the energy sector and transport of Ukraine]. *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. Seriya “Tekhnichni nauky” – Bulletin of the National Transport University. Series “Technical Sciences”*, 3(53), 231–239 [in Ukrainian].
4. Kolomiets, T.V. (2024). Analiz yevropeiskoho dosvidu vyrobnytstva biohazu z vidkhodiv APK [Analysis of European experience in biogas production from agro-industrial waste]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, 60. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-46> [in Ukrainian].
5. Furman, I.V., & Ksenchyn, D.O. (2024). Rozvytok bioenerhetyky v konteksti zabezpechennia enerhetychnoi bezpeky Ukrainy [Development of bioenergy in the context of ensuring Ukraine’s energy security]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, 61. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-41> [in Ukrainian].
6. Hontaruk, Ya., & Revkov, O. (2024). Otsinka praktyky vyrobnytstva biohazu na tsukrovykh zavodakh v konteksti formuvannya zakrytoho tsykladu vyrobnytstva [Assessment of biogas production practices at sugar factories in the context of closed-loop production]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, 67. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-6> [in Ukrainian].
7. Kolomiets, T.V. (2024). Rozvytok vyrobnytstva biopalyva v Ukraini pid chas viiskovoho stanu [Development of biofuel production in Ukraine during martial law]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, 63. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-55> [in Ukrainian].
8. Geletukha, H., Matvieiev, Yu., Kucheruk, P., Drahniev, S., Kramar, V., & Pastukh, A. (2025). *Vyrobnytstvo biometanu v Ukraini: mozhlyvosti ta vyklyky* [Biomethane production in Ukraine: opportunities and challenges]. Kyiv: KVP Project Ukraine; Bioenergy Association of Ukraine (UABIO) [in Ukrainian].
9. Geletukha, H. (2024). *Perspektyvy vyrobnytstva biometanu v Ukraini* [Prospects for biomethane production in Ukraine]. Bioenergy Association of Ukraine. Retrieved from https://uabio.org/wp-content/uploads/2024/08/Geletuha_Perspektyvy_vyrobnytstva_biometanu_v_Ukrayini_2.pdf [in Ukrainian].
10. Bioenerhetychna asotsiatsiia Ukrainy. (n.d.). *Biometan v Ukraini, eksport do YeS ta zberezhenia dovkillia* [Biomethane in Ukraine, exports to the EU and environmental protection]. Retrieved from <https://uabio.org/news/18439/> [in Ukrainian].
11. ExPro. (2025). Ukrainski kompanii eksportuvaly ponad 11 mln kub. m biometanu v 2025 rotsi [Ukrainian companies exported more than 11 million cubic meters of biomethane in 2025]. Retrieved from <https://expro.com.ua/novini/ukransk-kompan-eksportuvali-ponad-11-mln-kub-m-bometanu-v-2025-roc> (accessed January 17, 2026) [in Ukrainian].
12. Commission Implementing Regulation (EU) 2022/996. (2022). On rules to verify sustainability and greenhouse gas emissions saving criteria and low indirect land-use change-risk criteria. *Official Journal of the European Union*, L 168, 1–62. Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2022/996/oj/eng [in English].





13. Directive (EU) 2018/2001. (2018). On the promotion of the use of energy from renewable sources (recast). *Official Journal of the European Union*, L 328, 82–209. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/2001/oj/eng> [in English].

14. Commission Delegated Directive (EU) 2024/1405. (2024). Amending Annex IX to Directive (EU) 2018/2001 as regards adding feedstock for the production of biofuels and biogas. *Official Journal of the European Union*, OJ L, 2024/1405. Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/eli/dir_del/2024/1405/oj/eng [in English].

