

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-156>

УДК 620.925(477+100)

ВИРОБНИЦТВО БІОМЕТАНУ У СВІТІ ТА УКРАЇНІ: СУЧАСНИЙ СТАН, ТЕХНОЛОГІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

BIOMETHANE PRODUCTION IN THE WORLD AND IN UKRAINE: CURRENT STATUS, TECHNOLOGY AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Охота Юлія Володимирівна

доктор філософії з економіки, асистент кафедри,
Вінницький національний аграрний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9943-2206>

Okhota Yuliia

Vinnitsia National Agrarian University

У статті досліджено сучасний стан, технології та перспективи розвитку виробництва біометану у світі та Україні. Проаналізовано енергозалежність України за обсягами спожитого та видобутого природного газу (ПГ) за останні 20 років, на підставі чого обґрунтовано необхідність виробництва біометану як альтернативи ПГ. Здійснено порівняльну характеристику стану виробництва біометану у світі та Україні, виокремивши приклади європейських заводів, які успішно функціонують, та українських заводів, які розпочали виробництво. Окремо наведено технології та запропоновано схемні рішення організації виробництва та споживання біометану. Досліджено нормативно-правову базу та механізм державної підтримки у цьому секторі виробництва. Враховуючи перспективи розвитку, визначено прогностичні показники виробництва біометану до 2050 року у світі й Україні та запропоновано шляхи розвитку вітчизняного виробництва.

Ключові слова: агробіомаса, біогаз, біометан, біогазова установка, біометановий завод, енергонезалежність.

The article examines the current state, technologies and prospects for the development of biomethane production in the world and in Ukraine. The energy dependence of Ukraine was analyzed in terms of the volumes of consumed and extracted natural gas (NG) over the past 20 years, where the volume of consumed NG remains larger. Based on this, the need for biomethane production as an alternative to natural gas is substantiated. A comparative characterization of the state of biomethane production in the world and in Ukraine was carried out, highlighting examples of successfully functioning European plants and Ukrainian plants that have started production. One of the examples of successful domestic producers of biomethane is the agricultural company "Hals Agro" in the Chernihiv region, where in 2023 the biomethane module at the biogas plant was put into operation and connected to the distribution networks of the region. The most effective raw material base, which serves as agrobiomass, and technologies for the production of biomethane are separately indicated. Schematic solutions regarding the organization of production and consumption of biomethane are offered in the form of three basic options, in particular: the first option involves the production of biomethane using the raw materials of one enterprise; the second option is more flexible and provides for the supply of raw materials for biogas production from various sources and the third option, which provides for the supply of raw biogas from separately located biogas plants in a certain limited radius to a centralized biogas enrichment station. Examining the legal framework, it was found that, in addition to the main legislative acts of previous years, an equally important state standard was adopted regarding the injection of biomethane into gas distribution and main networks – DSTU EN 16723-1:2023 "Natural gas and biomethane in transport and biomethane for injecting natural gas into the network" in 2023. The article also draws attention to the mechanism of state support in this sector of production. Taking into account the prospects of development, forecast indicators of biomethane production until 2050 in the world and Ukraine are determined and ways of development of domestic production are proposed.

Keywords: agrobiomass, biogas, biomethane, biogas plant, biomethane plant, energy independence.

Постановка проблеми. Енергозалежність України та інших країн світу залишається невирішеною проблемою протягом не одного десятиліття. Високі ціни на традиційні джерела енергії, особливо на природний газ, створюють значний тиск на вітчизняну енергетичну стійкість, який посилюється після повномасштабного вторгнення країни-агресора до України. Відповідно, сьогодні стає вкрай важливо ефективно використовувати потенціал нашої аграрної країни задля виробництва альтернативних джерел енергії з метою досягнення енергетичної автономії, враховуючи досвід європейських країн, які активно розвивають виробництво біометану як альтернативу природньому газу. Окрім цього, біометан може використовуватися для виробництва теплової і електричної енергії, як паливо для транспорту, а також як сировина для хімічної промисловості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Основою проведеного дослідження стали праці зарубіжних та вітчизняних науковців. Зарубіжні вчені Pierro N., Giuliano A., Giocoli A., Barletta D., De Bari I. [16] здійснили техніко-економічний аналіз секції модернізації біогазової установки для перетворення CO² на біометан. Вітчизняні науковці Гончарук І. В. і Вовк В. Ю. [6] дослідили потенціал виробництва біометану з агробіомаси в Україні; Калетник Г. М. і Токарчук Д. М. [8] обґрунтували варіанти вирощування і подальшого використання енергетичних культур у ролі палива; Купчук І. М., Гончарук Я. В. і Присяжнюк Ю. С. [9] запропонували напрямок вирішення завдань щодо підвищення рівня автономізації переробних підприємств за рахунок біогазового комплексу; Трипольська Г. [15] доводить необхідність державної підтримки для виробництва біометану в Україні; Гелетуха Г. Г. із складом авторів [4; 5] розкриває перспективи виробництва біометану в Україні як альтернативу природньому газу.

Науковий доробок згаданих вчених містить значні напрацювання, однак проблематика виробництва біопалив, в т.ч. біогазу та біометану, є досить широкою, яка потребує подальшого вивчення та проведення досліджень.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета статті полягає в обґрунтуванні значимості та необхідності запровадження виробництва біометану, при цьому досліджуючи цілий ряд важливих аспектів європейського та українського досвіду цієї проблематики задля перейняття Україною ефективних механізмів з виробництва біометану закордоном.

Виклад основного матеріалу дослідження. Україна – аграрна країна з великим потенціалом виробництва альтернативних джерел енергії досі залишається енергозалежною, в т.ч. у питанні забезпечення природним газом. Імпорт ПГ виконується зі Словаччини, Угорщини та Польщі. Юридично імпортований газ не є російським, фактично – так, тому від цього імпорту треба якомога скоріше звільнитися [4]. В Україні за останні 20 років рівень власного видобутку газу не нарощувався, але відбулось суттєве зниження його споживання (рис. 1).

Очевидно, пік споживання ПГ в Україні припав на 2003–2005 роки: 2003 р. – 76,3 млрд м³, 2004 р. – 75,8 млрд м³, 2005 р. – 76,4 млрд м³. Видобуток ПГ в ці роки склав 19,5 млрд м³, 20,1 млрд м³ і 20,6 млрд м³ відповідно. А з початку війни в 2014 році Україна стала систематично зменшувати рівень споживання блакитного палива. У 2022 році повномасштабної війни видобуток ПГ в Україні знизився до 18,5 млрд м³, 4,3 млрд з яких видобуто приватними компаніями. Споживання газу населенням та промисловістю у 2022 році впало до 19,5 млрд м³, враховуючи те, що мільйони українців стали біженцями, а багато об'єктів промисловості було втрачено [14].

Однак, значна різниця між обсягами видобутого та спожитого ПГ в Україні залишається, де обсяг спожитого ПГ більший. Тому виробництво вітчизняних альтернативних джерел енергії, зокрема біогазу та біометану, є вкрай необхідним задля забезпечення енергонеалежності нашої держави.

Для прикладу на сьогодні у Європі виробляється 191 ТВт/год (близько 18 млрд млрд м³ СН⁴/рік) біогазу та біометану разом.

Згідно плану REPowerEU європейський сектор біогазу та біометану буде постачати 35 млрд м³ біометану до 2030 року, підтримуючи ЄС у досягненні кліматичних цілей та енергетичної безпеки. Сумарне виробництво біометану та біогазу у 2030 році має становити 42 млрд м³, а у 2050 році вже 125 млрд м³. Таким чином, вже у 2030 році частка біометану має перевищити 80% у загальному виробництві біогазу і біометану [5].

На думку експертів, капітальні витрати на виробництво біометану до 2030 року можуть скласти 83 млрд євро. Зокрема, будуть збудовані: 4000 підприємств середнього розміру (середня одинична потужність – 4 млн м³ СН⁴ на рік, капітальні витрати на одне підприємство – 12 млн євро, середня вартість виробництва біометану – 80 євро/МВт·год);

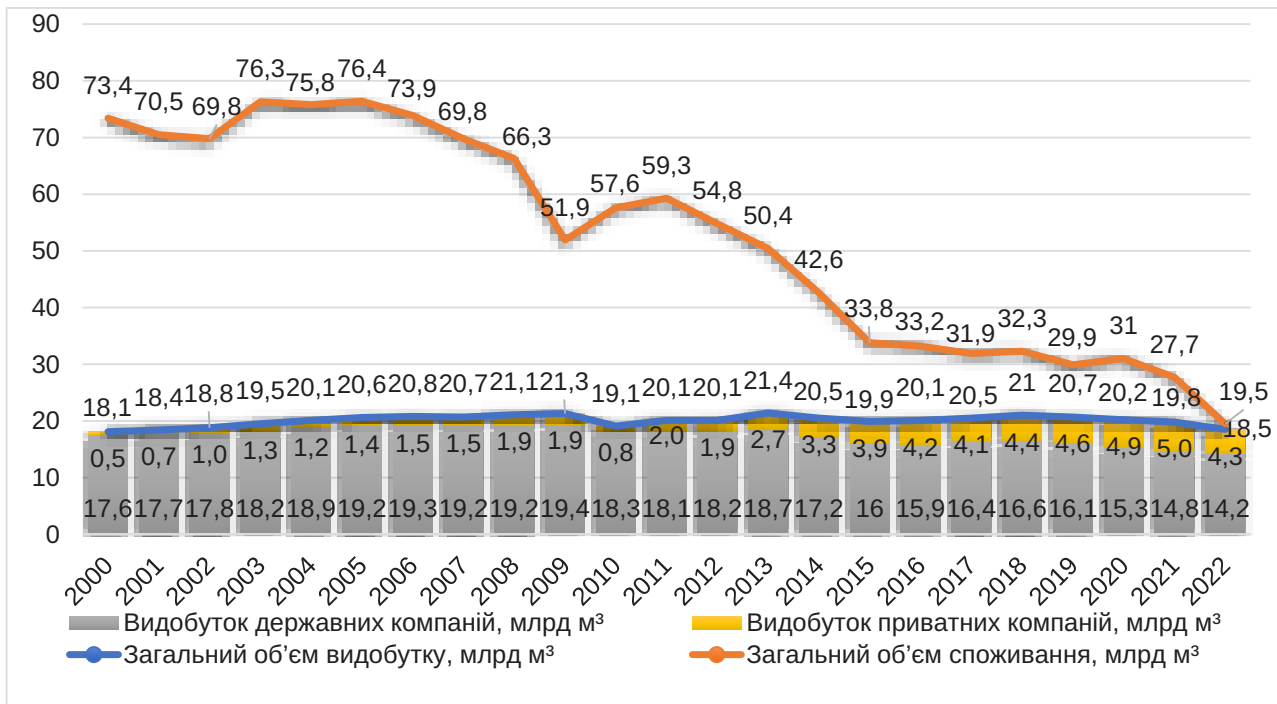


Рис. 1. Видобування і споживання природного газу в Україні у 2000–2022 роках

Джерело: сформовано за [14]

1000 великих підприємств (середня одинична потужність – 16 млн м³/рік, капітальні витрати – 35 млн євро, середня вартість виробництва біометану – 55 євро/МВт·год) [5].

Серед країн ЄС найбільшу кількість біометанових установок має Німеччина – 242, за нею йдуть Франція та Велика Британія (табл. 1).

Міжнародні лідери цього сектору та їх виробничі потужності виокремлені у табл. 2 [10].

За даними Біоенергетичної асоціації України у 2023 році працює 70 біогазових установок (БУ) загальною електричною потужністю 124 МВт. Найбільша БУ в Україні має потужність 26 МВт електричних, а друга за нею – 12 МВт. Це навіть за європейськими стандартами досить потужні біогазові установки. Загалом їх не дуже багато через економічні причини. Найбільше біогазових установок у Вінницькій, Хмельницькій та Київській областях.

У 2020 році найбільшим виробником біогазу в Україні став агрохолдинг МХП, який містить майданчики загальною потужністю вище ніж 5 МВт.

ТОП-6 найбільших вітчизняних виробників біогазу виглядають наступним чином: 1) «Агрохолдинг МХП» – 17,5 МВт («Біогаз Ладижин» – 12 МВт, «Орель-Лідер» – 5,5 МВт); 2) «Теофіпольська енергетична компанія» – 15,6 МВт

(на базі «Теофіпольського цукрового заводу» – 5,1 МВт, на кукурудзяному силосі – 10,5 МВт); 3) «Кліар Енерджи» – 13 МВт (об'єднує 12 біогазових установок від 0,33 МВт до 3,5 МВт); 4) «Біоенергетичний комплекс в Глобіно» («Астарт») – 12 МВт («Глобинський цукровий завод» та «Глобинський переробний завод»); 5) «Корсунь Еко Енерго» – 7,5 МВт (на базі «Селищанського цукрового заводу»); 6) «Городище-Пустоварівська аграрна компанія» («Галс Агро») – 6 МВт [10].

Сьогодні в Україні біогазові установки, які зараз працюють на виробництво тепло- та електроенергії, мають велику перспективу переходу на виробництво біометану, переорієнтовуючи діючі біогазові станції на виробництво біометану з необхідною добудовою та реконструкцією. Біометан – це той самий біогаз, доведений до якості природного газу. В біогазі є 60% метану і 40% CO². Якщо відділити вуглекислий газ від метану, то залишиться 95-96% біометану, який можна буде закачувати в газопроводи. Або інший шлях – будівництво нового комплексу для виробництва біометану, включаючи біогазову станцію та станцію збагачення біогазу.

Це є реальною перспективою для впровадження в Україні. Але, з огляду на те, що в Україні існує 70 біогазових установок, запропонована концепція з переорієнтації діючих

Таблиця 1

Країни ЄС з найбільшою кількістю біометанових заводів

Країна	Роки									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	Кількість заводів, шт.									
Німеччина	86	125	157	186	202	214	219	226	232	242
Франція	3	3	4	8	17	26	44	76	123	214
Велика Британія	5	13	20	36	54	85	89	93	99	107
Швеція	47	53	54	59	61	71	70	72	70	70
Нідерланди	16	19	23	21	21	21	34	39	51	60
Данія		1	3	6	12	17	25	34	42	52
Швейцарія	13	15	19	24	27	29	32	35	37	39
Італія		1	2	5	6	5	1	1	12	23
Фінляндія	2	4	5	9	10	11	14	15	17	22
Австрія	10	10	11	14	13	14	15	15	15	15
Норвегія	4	6	7	10	10	10	11	13	13	13

Джерело: [5]

Таблиця 2

Найбільші біометанові заводи в Європі

№	Назва заводу	Виробнича потужність
1.	Nature Energy Korskro	Один із найбільших біогазових заводів у Данії виробляє 37 мільйонів м ³ біогазу на рік. Біогазова установка прийматиме 708000 тонн біомаси на рік і вироблятиме 521000 тонн родючого шламу. Має понад 12 біогазових установок у країні.
2.	Valdemingómez Technology Park	Мадрид виробляє понад мільйон тонн міського сміття на рік. І технологічний парк Valdemingómez обробляє понад 90% органічної речовини з відходів, які надходять на його переробний завод. З цих відходів генерується 207013 МВт•год електроенергії, достатньої для споживання 59367 будинків. І це лише 76% біоенергії, яка генерується. Решту, 24%, використовують для роботи самого заводу.
3.	Future Biogas	Наразі британська компанія Future Biogas керує 11 заводами в країні, співпрацюючи з місцевими фермами, щоб зібрати 500000 тонн сировини на рік для потреб заводу. Компанія виробляє понад 400 ГВт•год біометану та забезпечує енергією 40000 будинків.
4.	Landwärme	Група Landwärme зі штаб-квартирою в Будапешті має понад 20 заводів з виробництва біометану та працює у 10 країнах Європи. Сировиною є органічні відходи та енергетичні культури.
5.	Biokraft	У 2018 році Biokraft розпочав роботу найбільшого на той час заводу з рідкого біогазу (LBG) у центральній Норвегії, виробляючи 25 тонн рідкого біогазу на день, який збільшуватиме загальну потужність до 1 ТВт•год. В планах випустити на норвезький ринок сотню важких транспортних засобів, які працюють на рідкому біогазі.
6.	ENVO Biogas Tønder	Біогазова установка Tønder є найбільшою біогазовою установкою в скандинавських країнах. Завод виробляє понад 68 млн м ³ біогазу або 35 млн м ³ метану. 120 фермерів постачають рідкий гній і енергетичні культури на установку. У планах заводу використовувати також органічні побутові відходи. ENVO Group планує збудувати ще 2-4 заводи в Данії.
7.	Jordberga	Найбільший у Швеції завод анаеробного зброджування в Йордберзі був збудований у 2013 році у партнерстві. Він переробляє 110000 тонн зелених відходів для отримання 110 ГВт/год біогазу. Задекларовані обсяги скорочення викидів CO ² становлять 30000 тонн на рік. Імовірно, завод окупить свою вартість у 200 мільйонів доларів за 16 років.

Джерело: сформовано за [10]

біогазових станцій на виробництво біометану є ближча на крок до реалізації. В умовах воєнного стану для України це є досить актуально з метою відбудови економіки країни.

Як відомо найбільш ефективною сировиною базою для виробництва біогазу та біометану в Україні слугує агробіомаса. Зокрема, це тваринні рештки (гній ВРХ та свиней, пташиний послід), рослинні рештки (солома злакових, стебла кукурудзи, стебла соняшника, жом цукрових буряків, меляса, силос кукурудзи) та інше.

Щодо технології виробництва біопалива, то варто звернути увагу на світовий досвід.

Наразі у світі біометан отримують більшою мірою шляхом очищення та збагачення біогазу, що виробляється біологічними методами з різних видів органічних матеріалів. За даними Європейської біогазової асоціації (ЄБА), більше 75% активних біометанових установок використовують мембранне розділення (39%), водяний скруббер (22%), або хімічний скруббер (18%) для збагачення біогазу. В інших випадках використовується адсорбція зі зміною тиску (12%), криогенне розділення (1%) і фізичний скруббер (1%). Слід зазначити, що для 7% європейських біометанових заводів у базі даних ЄБА немає даних щодо технології збагачення [5].

Якщо раніше (2008–2012 рр.) хімічний скруббер був найбільш використовуваною технологією, то з 2013 р. спостерігається зсув у бік мембранного розділення. Відомо, що 76 установок, які почали роботу в 2020 р. (47% від загальної кількості), використовують мембранне розділення.

Окремо виявлено, що існують додаткові можливості виробництва біометану, які охоплюють термічну газифікацію твердої біомаси та метанацію синтез-газу, а також метанацію водню, отриманого з допомогою електролізу (процес P2G) з використанням відновлюваної електроенергії. Термічна газифікація дозволяє розширити перелік сировини, яка придатна для отримання біометану, та включити в нього тверду біомасу з високим вмістом лігніну. Шляхом об'єднання виробництва біометану з виробництвом водню можна отримати вигоди від зменшення викидів вуглецю, оскільки CO_2 , який залишається після збагачення біогазу, може бути використаний у процесі метанації. Таким чином, можна значно підвищити загальну ефективність обох процесів, а також кількість виробленого біометану. Приблизно 53% біометану в Європі виробляється на біогазових установках з викорис-

танням с.-г. сировини. Другим за величиною джерелом виробництва біометану є органічна фракція твердих побутових відходів (11%) [5].

Також Європа вважає, що одним з перспективних видів сировини для біогазу, що не конкурує з харчовими та кормовими культурами, є покривні культури, що вирощують в проміжку між двома однорічними харчовими культурами. Використання зібраної маси таких культур на біогаз, з подальшим поверненням дигестату на ці ж поля, дозволяє суттєво розширити потенціал залучення ресурсів риллі в енергетичний сектор без шкоди агро-виробництву. За даними ЄБА понад чверть потенціалу виробництва біометану може бути забезпечено за рахунок використання для цієї мети покривних культур [5].

Маючи такий широкий спектр сировинної бази для виробництва біометану у вигляді агробіомаси, логістичні рішення організації біометанового виробництва в Україні можна представити у вигляді 3-х базових опцій, як показано на рис. 2 [5].

Перший варіант передбачає виробництво біометану з використанням сировини одного підприємства (наприклад, цукрового заводу). Доцільність реалізації такої схеми обмежується досить великими підприємствами та технологічною придатністю сировини до моно-зброджування. Другий варіант є більш гнучким і передбачає постачання сировини для виробництва біогазу з різних джерел. Базовим місцем для будівництва біогазової установки (БУ) може бути обраний найбільш відповідний об'єкт, як з точки зору логістики сировини, так і з точки зору подальшої логістики біометану. Наприклад, базовим об'єктом може бути свиноферма, де утворюється рідка гноївка, транспортування якої на значні відстані буде економічно недоцільним. Третій варіант передбачає подачу сировини біогазу з окремо розташованих БУ в певному обмеженому радіусі на централізовану станцію збагачення біогазу. Така схема може застосовуватись, наприклад, при доцільності локальної переробки сировини на біогаз на окремо розташованих виробничих потужностях компанії (окремі бригади пташників, свинокомплексів) [5].

Сьогодні в Україні є практичний досвід «першопрохідців» з виробництва біометану.

В Чернігівській області в квітні 2023 року аграрна компанія «Галс Агро» ввела в експлуатацію біометановий модуль на біогазовому заводі, який виробляє біометан. Потужність заводу – до 3 млн кубометрів біометану

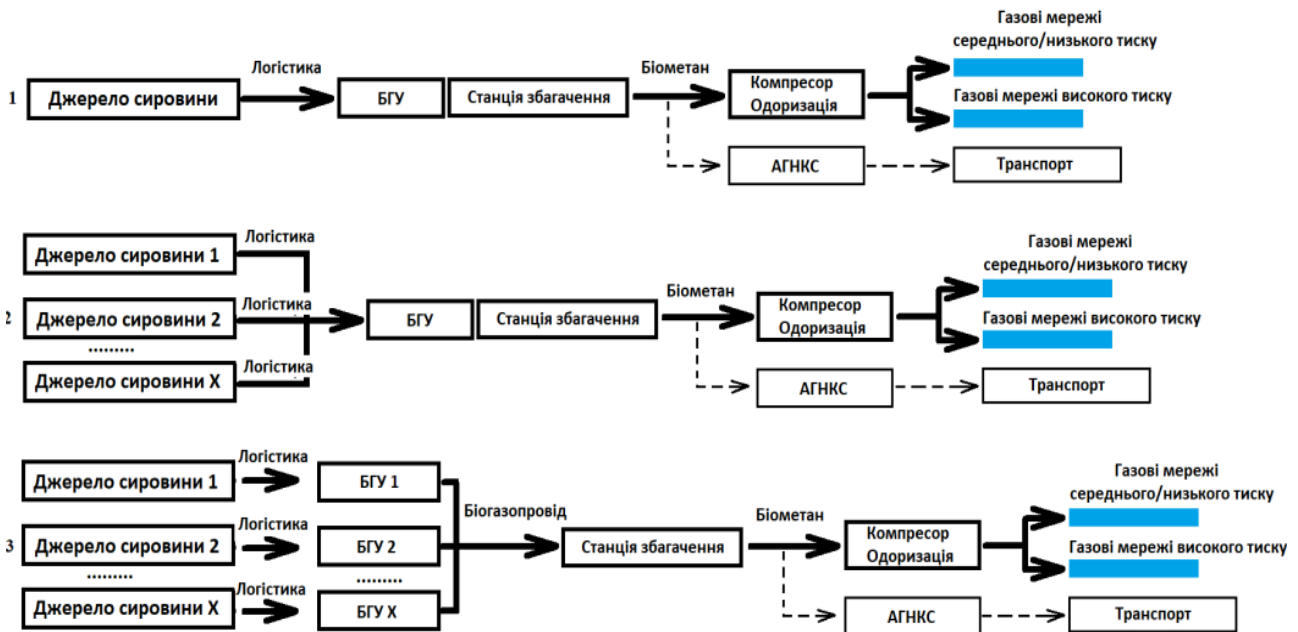


Рис. 2. Схемні рішення організації виробництва та споживання біометану

Джерело: [5]

на рік. Базовою сировиною для заводу є жом цукрового буряку після виробництва цукру, бурякова патока, рослинні залишки, силос енергетичних рослин, відходи харчових та комбікормових виробництв, послід ВРХ.

У 2021 році компанією було прийняте рішення про виробництво біометану на цьому заводі. У жовтні 2022 року Регіональна газова компанія (РГК), «Галс Агро» та нідерландська STX Commodities B.V. підписали меморандум про співпрацю для продажу першого в Україні біометану до Європи. Відтак, у січні 2023 року встановлено перший в Україні біометановий модуль та проведено підключення до розподільчих мереж АТ «Чернігівгаз». Компанія «Галс Агро» планує і надалі розширювати виробництво, маючи вже побудовані потужності для отримання до 30 млн кубометрів біометану на рік. Станом на сьогодні компанією збудовано 6 біогазових заводів на чотирьох локаціях Чернігівської та Київської областей [1].

Українська технологічна компанія (УТК), яка займалась розбудовою ТОВ «Юзефо-Миколаївська Біогазова Компанія» у Вінницькій області у 2019 році, сьогодні теж переорієнтовує та будує Юзефо-Миколаївський біометановий завод на базі компанії.

Технічні характеристики Юзефо-Миколаївського біометанового заводу такі: об'єм первинних реакторів – 17500 м³, об'єм вторинного реактору – 4000 м³, органічне навантаження на добу – 200 т (70% курячого посліду), орга-

нічне навантаження – 10 кг/м³/добу, середня конверсія – 75% або 95000 м³/добу сухого біогазу (35000 м³/добу – на ТЕЦ, 55000 м³/добу – на зрідження, 5000 м³/добу – економія від утилізації амінів, 1,6 МВт/год + 2,45 МВт/год власне споживання) [7].

Як зазначає директор УТК Євген Лукашевич, станом на вересень 2023 року на біогазовій станції виробляється біогаз для когенераційних установок (КГУ) та для працюючого цукрового заводу. Паралельно йде підготовка до виробництва біометану [7].

За прогнозами експертів Біоенергетичної асоціації України, потенційно, Україна може виробляти до 10 млрд м³ біометану/рік, переважно з аграрних відходів і залишків: гній, послід, солома злакових, стебла кукурудзи, стебла соняшника, жом цукрових буряків, меляса, силос кукурудзи, а також побутові відходи та ін. За їх оцінками, реально досягти виробництва біометану в Україні обсягом 1 млрд м³ у 2030 р. і 4,5 млрд м³ у 2050 р. З них для споживання на ТЕЦ планується 0,23 млрд м³ у 2030 р. і 0,79 млрд м³ у 2050 р. (табл. 3) [4].

Біометан є абсолютно готовим для закачування в газову мережу вже сьогодні. Не потрібні інвестиції у модернізацію газових мереж і газового обладнання. У сфері виробництва біометану Україна може конкурувати з будь-якими країнами світу. Вона має найбільшу в Європі площу с.-г. угідь, і, відповідно, один із найкращих в світі потенціалів аграрної

Таблиця 3

Прогноз виробництва біогазу та біометану в Україні до 2050 р., млрд м³

Біогаз / біометан	Роки						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Біогаз для виробництва теплової та електричної енергії	0,13	0,36	0,60	0,83	1,06	1,28	1,50
Біометан, всього, у т.ч.:	0	0,44	1,00	1,69	2,50	3,44	4,50
Біометан для ТЕЦ	0	0,11	0,23	0,35	0,49	0,63	0,79
Біометан для транспорту	0	0,01	0,08	0,18	0,34	0,54	0,79
Біометан для виробництва теплової енергії і для використання в промисловості	0	0,10	0,20	0,31	0,43	0,55	0,68
Біометан для експорту	0	0,22	0,50	0,84	1,25	1,72	2,25

Джерело: [4]

сировини для виробництва біометану. Україна може запропонувати найдешевшу сировину для виробництва біометану. Біометанові заводи, окрім біометану, генерують дигестат, який може стати основним органічним добривом, необхідним для відродження українських ґрунтів [4].

Наразі біометан – це найдешевший із можливих відновлюваних газів. Вартість біометану, за якою інвесторам стає вигідне його виробництво, складає біля 1000 \$/1000 м³. При нинішніх цінах на газ на біржах ЄС (близько 1200 \$/1000 м³) виробляти біометан в Україні як для внутрішнього споживання, так і для експорту абсолютно рентабельно. Високою є ймовірність подальшого зростання ціни ПГ внаслідок можливого скорочення споживання або повного ембарго російського газу на ринках ЄС [4].

Реалізація вітчизняного потенціалу з виробництва біогазу та біометану, в першу чергу, залежить від нормативно-правової бази та державної підтримки, яку потрібно удосконалювати та підсилювати порівняно з нормативно-правовою базою країн світу.

Проте, за декілька останніх років зроблено низку кроків для розвитку виробництва альтернативних видів палива в Україні на законодавчому рівні:

– ухвалено Закон України від 21 жовтня 2021 р. № 1820-ІХ «Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку виробництва біометану», яким встановлено законодавчі основи розвитку ринку біометану в Україні та його експорту, завдяки використанню реєстру біометану [11];

– Постановою Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку функціонування реєстру біометану» від 22 липня 2022 р. № 823 затверджено Порядок, що визначає

вимоги щодо функціонування реєстру біометану та доручено Державному агентству з енергоефективності та енергозбереження забезпечити його створення та функціонування [12];

– прийнято Закон України від 20 червня 2022 р. № 2320-ІХ «Про управління відходами» сприятиме налагодженню виробництва біомаси на основі органічних побутових відходів завдяки впровадженню системи роздільного збирання та рециклінгу [13].

Також у 2023 році державне підприємство «УкрНДНЦ» прийняло державний стандарт щодо закачування біометану в газові мережі – як розподільні, так і магістральні. У документі детально визначені технічні характеристики біометану для подачі в мережу. Стандарт був розроблений відповідно до базових вимог ЄС технічним комітетом стандартизації Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ) за участі фахівців АТ «Житомиргаз» та технічного комітету РГК. Документ набув чинності 1 листопада 2023 року [3].

Відтепер ДСТУ EN 16723-1:2023 «Природний газ і біометан в транспорті та біометан для закачування в мережу природного газу» став частиною українського законодавства, на основі якого видаватимуться технічні умови на приєднання біометанових заводів до газорозподільних мереж. Уніфікація вимог до якості біометану із європейським стандартом є важливим кроком для створення умов для експорту біометану до країн Європи та подальшої інтеграції газових ринків. Біометан є стійким декарбонізованим видом енергії, і Україна, перебуваючи на початку розвитку ринку, має закладати фундамент розвитку у відповідності до прийнятих стандартів ЄС [3].

У низці країн світу задля збільшення ролі біометану в енергобалансі запроваджено державну підтримку. Фінансова державна підтримка в країнах ЄС існує або у вигляді окремого тарифу на біометан, або у вигляді «зеленого» тарифу на електроенергію з біометану (табл. 4) [15]. Наявність у країнах Європи економічних стимулів дає змогу нарощувати обсяги виробництва біометану та дозволяє експертам прогнозувати сумарне виробництво біометану та біогазу у 2030 році – 42 млрд м³, а у 2050 році вже 125 млрд м³.

В Україні основними інвесторами запровадження біогазових проєктів з потужністю мінімум від 2,5 МВт є агрохолдинги. Тоді як наявний агропотенціал дозволяє будівництво і невеликих станцій окремими сільськогосподарськими підприємствами. Але самотужки окреме підприємство не спроможне збудувати біогазову установку з нуля чи переобладнати та модернізувати необхідне наявне обладнання. Основною перешкодою для виробництва біогазу (і, відповідно, біометану) є висока вартість обладнання. Таким чином, з огляду на європейський досвід державної підтримки, нашому вітчизняному уряду було б доцільно спрямувати свою підтримку на розвиток виробництва біометану, розробивши механізм державної підтримки, який включатиме:

- здешевлення кредитів на придбання обладнання;
- прямі субсидії виробникам біометану (наприклад, у вигляді надбавки до ціни на природний газ);

– спеціальні фінансові програми, які б допомогли знизити собівартість виробництва біометану (використання порівняно нових фінансових інструментів, таких як «зелені» сертифікати чи інвестиційні фонди).

– систему квот або стимулюючої податкової політики.

Висновки. Враховуючи результати проведеного дослідження, очевидно, що сьогодні виробництво біометану в Україні та світі є інноваційним підходом до вирішення проблеми енергозалежності, який характеризується енергоефективнішими показниками порівняно з біогазом. Адже біометан знаходить своє застосування на ТЕЦ, як паливо для транспорту, у виробництві теплової енергії, в промисловості та в експорті. Якщо говорити про експорт біометану, то його ціна закордонном майже у два рази вища за природний газ. Це величезний ресурс для отримання експортної виручки для України, зменшуючи при цьому наш торговий дефіцит. Всі ці перспективи є надважливими для нашої країни в умовах воєнного стану та післявоєнний період.

В порівнянні з країнами Європи, в Україні для підвищення ефективності та збільшення обсягів виробництва біометану на основі біогазу варто переймати світовий досвід у питаннях технології виробництва та державної підтримки, удосконалити законодавчу базу, розробити ефективні комплексні механізми державної підтримки, забезпечити чіткість та прозорість ведення ринкових відносин сектору з виробництва біометану.

Таблиця 4

Фінансові стимули для виробництва біометану в країнах ЄС

Вид підтримки	Країна	Розмір
Тариф на біометан	Данія	Надбавка до ціни на природний газ. Тариф на біометан – 0,735 євро/куб. м.
	Нідерланди	Тариф на біометан 0,483-1,035 євро/куб. м.
	Франція	Тариф на біометан з полігонів ТПВ: 0,450-0,950 євро/куб. м; з с/г сировини – 0,850-1,250 євро/куб. м; зі стічних вод: 0,650-1,350 євро/куб. м.
	Італія	Надбавка до ціни на природний газ. Тариф на біометан – 0,796 євро/куб. м.
«Зелений» тариф на електроенергію з біометану	Німеччина	0,134-0,237 євро/кВт*год, бонус за біометан 0,03 євро/кВт*год.
	Велика Британія	Надбавка до ринкової ціни 0,1-0,116 євро/кВт*год.
	Франція	0,150-0,175 євро/кВт*год.
	Швейцарія	0,146-0,233 євро/кВт*год.

Джерело: [15]

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Вперше в Україні біогазовий завод вироблятиме біометан, який передаватиме до газорозподільної мережі. Офіційний вебпортал Верховної Ради України. URL: https://www.rada.gov.ua/news/news_kom/235404.html (дата звернення: 15.11.2023).
2. В Україні назвали найбільших виробників біогазу. News Agro-Центр. URL: <https://news.agro-center.com.ua/eco-farming/v-ukraini-nazvali-najbilshih-virobnikiv-biogazu.html> (дата звернення: 5.11.2023).
3. В Україні прийняли державний стандарт для біометану. Чиста енергія. Регіональна Газова Компанія. URL: <https://rgc.ua/ua/news/chista-energija/id/v-ukrajini-prijnali-derzhavnij-standart-dlja-biom-42391> (дата звернення: 20.11.2023).
4. Гелетуха Г. Г., Желєзна Т. А., Драгнєв С. В., Гайдай О. І. Десять кроків України для відмови від російського природного газу: аналітична записка UABIO № 28. Київ, 2022. 47 с. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2022/04/10-krokv-Ukrainy-dlya-vidmovy-vid-PG_UKR.pdf (дата звернення: 12.11.2023).
5. Гелетуха Г. Г., Кучерук П. П., Матвєєв Ю. Б. Перспективи виробництва біометану в Україні: аналітична записка UABIO № 29. Київ, 2022. 60 с. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2022/09/UA-Position-paper-UABIO-29.pdf> (дата звернення: 12.11.2023).
6. Гончарук І. В., Вовк В. Ю. Виробництво біометану з агробіомаси в Україні: проблеми та перспективи. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Економічні науки*. 2022. № 2 (37). С. 65–72. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-2-10>.
7. Досвід УТКУ впровадженні проєктів з виробництва біоетанолу, біогазу і біометану. Українська технологічна компанія. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/10/Lukashevych_Seminar-USAID_03-10-2023.pdf (дата звернення: 15.11.2023).
8. Калетнік Г. М., Токарчук Д. М. Ефективність вирощування енергетичних культур та їх переробки на біопаливо в контексті забезпечення енергетичної автономії аграрних підприємств. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2021. № 1. С. 7–25. DOI: [10.37128/2411-4413-2021-1-1](https://doi.org/10.37128/2411-4413-2021-1-1).
9. Купчук І. М., Гонтарук Я. В., Присяжнюк Ю. С. Перспективи підвищення рівня енергетичної автономії переробних підприємств АПК України за рахунок виробництва біогазу. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2022. № 3 (118). С. 59–73. DOI: [10.37128/2520-6168-2022-3-8](https://doi.org/10.37128/2520-6168-2022-3-8).
10. Найбільші біометанові заводи в Європі. Передові технології і досвід. UABIO. URL: <https://uabio.org/materials/13496/> (дата звернення: 5.11.2023).
11. Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку виробництва біометану : Закон України від 21.10.2021 р. № 1820-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1820-20#Text> (дата звернення 17.11.2023).
12. Про затвердження Порядку функціонування реєстру біометану : Постанова Кабінету Міністрів України від 22.07.2022 р. № 823. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/823-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення: 17.11.2023).
13. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 р. № 2320-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 17.11.2023).
14. Скільки природного газу споживає та видобуває Україна. Економіка. Аналітичний портал «Слово і діло». URL: <https://www.slovoidilo.ua/2023/09/27/infografika/ekonomika/skilky-pryrodnogo-hazu-spozhyvaye-ta-vydobuvaye-ukrajina> (дата звернення: 10.11.2023).
15. Трипольська Г. Перспективи державної підтримки розвитку галузі біометану в Україні до 2040 року. *Економіка і прогнозування*. 2021. № 2. С. 128–142. DOI: <https://doi.org/10.15407/eip2021.02.128>
16. Pierro N., Giuliano A., Giocoli A., Barletta D., De Bari I. Process Design of the Biogas Upgrading to Biomethane Using Green Hydrogen. *Chemical Engineering Transactions*. 2023. № 100. P. 7–12. DOI: <https://doi.org/10.3303/CET23100002>

REFERENCES:

1. Vpershe v Ukraini biohazovyi zavod vyroblyatyme biometan, yakyy peredavatyme do hazorozpodilnoi merezhi. Ofitsiyniy vebportal Verkhovnoi Rady Ukrainy [For the first time in Ukraine, the biogas plant will produce biomethane, which will be transferred to the gas distribution network. Official website of the Verkhovna Rada of Ukraine]. URL: https://www.rada.gov.ua/news/news_kom/235404.html (accessed November 15, 2023).
2. V Ukraini nazvaly naibilshykh vyrobnykiv biohazu. News Agro-Tsentr [The largest producers of biogas were named in Ukraine. News Agro Center]. URL: <https://news.agro-center.com.ua/eco-farming/v-ukraini-nazvali-najbilshih-virobnikiv-biogazu.html> (accessed November 5, 2023).
3. V Ukraini pryinialy derzhavnyi standart dlia biometanu. Chysta enerhiia. Rehionalna Hazova Kompaniia [Ukraine adopted a state standard for biomethane. Clean energy. Regional Gas Company]. URL: <https://rgc.ua/ua/news/chista-energija/id/v-ukrajini-prijnali-derzhavnij-standart-dlja-biom-42391> (accessed November 20, 2023).

4. Heletukha H. H., Zheliezna T. A., Drahnev S. V., Haidai O. I. (2022) *Desiat krokiv Ukrainy dlia vidmovy vid rosiiskoho pryrodnoho hazu: analitychna zapyska UABIO № 28* [Ten steps of Ukraine to abandon Russian natural gas: analytical note of UABIO № 28]. Kyiv, p. 47. Available at: https://uabio.org/wp-content/uploads/2022/04/10-krokv-Ukrayiny-dlya-vidmovy-vid-PG_UKR.pdf (accessed November 12, 2023) (in Ukrainian)

5. Heletukha H. H., Kucheruk P. P., Matvieiev Yu.B. (2022) *Perspektyvy vyrobnytstva biometanu v Ukraini: analitychna zapyska UABIO № 29* [Prospects of biomethane production in Ukraine. analytical note of UABIO № 29]. Kyiv, p. 60. Available at: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2022/09/UA-Position-paper-UABIO-29.pdf> (accessed November 12, 2023) (in Ukrainian)

6. Honcharuk I. V., Vovk V. Iu. (2022) *Vyrobnytstvo biometanu z ahrobiomasy v Ukraini: problemy ta perspektyvy* [Production of biomethane from agrobiomass in Ukraine: problems and prospects]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika. Ekonomichni nauky – Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics. Economic sciences*, vol. 2 (37), pp. 65–72. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-2-10>

7. Dosvid UTK u vprovadzhenni projektiv z vyrobnytstva bioetanolu, biohazu i biometanu. Ukrainska tekhnolohichna kompaniia [Experience of UTC in the implementation of projects for the production of bioethanol, biogas and biomethane. Ukrainian technology company]. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2023/10/Lukashevych_Seminar-USAID_03-10-2023.pdf (accessed November 15, 2023).

8. Kaletnik H. M., Tokarchuk D. M. (2021) *Efektivnist vyroshchuvannia enerhetychnykh kultur ta yikh pererobky na biopalyvo v konteksti zabezpechennia enerhetychnoi avtonomii ahrarynykh pidpriemstv* [Effectiveness of growing energy crops and their processing into biofuel in the context of ensuring energy autonomy of agricultural enterprises]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economy, finances, management: topical issues of science and practice*, vol. 2, pp. 7–25. DOI: [10.37128/2411-4413-2021-1-1](https://doi.org/10.37128/2411-4413-2021-1-1)

9. Kupchuk I. M., Hontaruk Ya. V., Prysiazhniuk Yu. S. (2022) *Perspektyvy pidvyschennia rivnia enerhetychnoi avtonomii pererobnykh pidpriemstv APK Ukrainy za rakhunok vyrobnytstva biohazu* [Prospects for increasing the level of energy autonomy of processing enterprises of the AIC of Ukraine due to biogas production]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK – Engineering, energy, transport AIC*, vol. 3 (118), pp. 59–73. DOI: [10.37128/2520-6168-2022-3-8](https://doi.org/10.37128/2520-6168-2022-3-8)

10. Naibilshi biometanovi zavody v Yevropi. Peredovi tekhnolohii i dosvid. UABIO [The largest biomethane plants in Europe. Advanced technologies and experience. UABIO]. URL: <https://uabio.org/materials/13496/> (accessed November 5, 2023).

11. Pro vnesennia zmin do deiakykh zakoniv Ukrainy shchodo rozvytku vyrobnytstva biometanu : Zakon Ukrainy vid 21.10.2021 r. № 1820-IX [On making changes to some laws of Ukraine regarding the development of biomethane production: Law of Ukraine dated 21/10/2021 № 1820-IX]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1820-20#Text> (accessed November 17, 2023).

12. Pro zatverdzhennia Poriadku funktsionuvannia reiestru biometanu : Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 22.07.2022 r. № 823 [On the approval of the Procedure for the functioning of the biomethane register: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 22/07/2022 № 823]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/823-2022-%D0%BF#Text> (accessed November 17, 2023).

13. Pro upravlinnia vidkhodamy : Zakon Ukrainy vid 20.06.2022 r. № 2320-IX [On waste management: Law of Ukraine dated 20/06/2022 № 2320-IX] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (accessed November 17, 2023).

14. Skilky pryrodnoho hazu spozhyvaie ta vydobuvaie Ukraina. Ekonomika. Analitychnyi portal «Slovo i dilo» [How much natural gas Ukraine consumes and produces. Economy. Analytical portal «Word and Deed»]. Available at: <https://www.slovoidilo.ua/2023/09/27/infografika/ekonomika/skilky-pryrodnoho-hazu-spozhyvaye-ta-vydobuvaye-ukrayina> (accessed November 10, 2023).

15. Trypolska H. (2021) *Perspektyvy derzhavnoi pidtrymky rozvytku haluzi biometanu v Ukraini do 2040 roku* [Prospects of state support for the development of the biomethane industry in Ukraine until 2040]. *Ekonomika i prohnozuvannia – Economics and forecasting*, vol. 2, pp. 128–142. DOI: <https://doi.org/10.15407/eip2021.02.128>

16. Pierro N., Giuliano A., Giocoli A., Barletta D., De Bari I. (2023) *Process Design of the Biogas Upgrading to Biomethane Using Green Hydrogen*. *Chemical Engineering Transactions*, vol. 100, pp. 7–12. DOI: <https://doi.org/10.3303/CET23100002>