

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-46>

УДК 628.477:658.567.1

# АНАЛІЗ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ДОСВІДУ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ АПК

## ANALYSIS OF THE EUROPEAN EXPERIENCE OF BIOGAS PRODUCTION FROM AGRICULTURAL WASTE

**Коломієць Тетяна Вікторівна**кандидат економічних наук,  
Вінницький національний аграрний університет  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5241-4107>**Kolomiets Tetiana**

Vinnytsia National Agrarian University

Стаття присвячена вивченню характерних особливостей виробництва біогазу в країнах Європи. Досліджено основні напрями розвитку стимулювання виробництва та переробки біогазу в провідних державах європейського континенту. Встановлено, що європейська економічна система переважно лінійна за своєю структурою, що призводить до впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей, неефективного використання природних ресурсів і надмірної залежності від ресурсів з-за меж Європи. Підкреслено, що відокремлення виробництва відходів від економічного зростання має вирішальне значення для переходу до нового типу економічної системи. Визначено, що формування ефективних методів поводження сільськогосподарськими відходами та перетворення їх на енергію біомаси, доступну для людей, може не тільки пом'якшити поточну глобальну енергетичну кризу, але й покращити середовище сільськогосподарського виробництва, ефективно захистити екологію навколишнє середовище та водночас робить значний внесок у скорочення викидів вуглецю. Встановлено, що основними видами стимулювання розвитку виробництва біогазу в Європі є: капітальні субсидії, гранти або знижки, які передбачають одноразові платежі урядів на покриття відсотків від капітальних витрат на інвестиції; інвестиційні або виробничі податкові кредити; зниження податків, котре застосовується до купівлі (або виробництва) технологій використання відновлювальних джерел енергії; державні інвестиції, позики або гранти на розвиток інфраструктури і реалізацію проектів в області біоенергетики. Застосування вищезазначених інструментів пов'язано з використанням значних обсягів бюджетних коштів. Визначено, що розвиток виробництва біогазу в Україні має орієнтуватися на найбільш ефективні практики країн Європи та враховувати реалії військового часу та включати в себе: розвиток державно-приватного партнерства в сфері виробництва біогазу через систему компенсації вартості обладнання для біогазових установок що вироблено в Україні в обсязі 60% вартості; встановлення квот на використання біометану в обсязі 10% від споживання промисловими підприємствами; встановлення компенсації 40% вартості будівництва когенераційних установок, що працюватимуть на біогазі; компенсація вартості купівлі малих біогазових установок для особистих селянських господарств за рахунок коштів, що спрямовувалися на субсидування; звільнення від податкового навантаження підприємств, що вироблятимуть біогазу з відходів основного виробництва (спиртові заводи, аграрні підприємства, цукрові заводи).

**Ключові слова:** біогаз, біометан, досвід, пільги, субсидування, дотації, квоти.

The article is devoted to the study of the characteristic features of biogas production in European countries. The main directions of the development of stimulating the production and processing of biogas in the leading countries of the European continent have been studied. It has been established that the European economic system is predominantly linear in its structure, which leads to environmental and human health impacts, inefficient use of natural resources and excessive dependence on resources from outside Europe. It is emphasized that the separation of waste production from economic growth is crucial for the transition to a new type of economic system. It is determined that the formation of effective methods of handling agricultural waste and converting it into biomass energy available to people can not only alleviate the current global energy crisis, but also improve the environment of agricultural production, effectively protect the ecology of the environment, and at the same time make a significant contribution to reducing carbon emissions. It has been established that the main types of incentives for the development of biogas production in Europe are: capital subsidies, grants or discounts, which provide for one-time payments by governments to cover interest from capital investment costs; investment or production tax credits; tax reduction, which is applied to the purchase (or production) of technologies for the use of renewable energy sources;

state investments, loans or grants for the development of infrastructure and the implementation of projects in the field of bioenergy. The use of the above-mentioned tools is associated with the use of significant amounts of budget funds. It was determined that the development of biogas production in Ukraine should be based on the most effective practices of European countries and take into account the realities of wartime and include: the development of public-private partnerships in the field of biogas production through a system of compensation for the cost of equipment for biogas plants produced in Ukraine in the amount of 60 % of cost; establishment of quotas for the use of biomethane in the amount of 10% of consumption by industrial enterprises; establishment of compensation of 40% of the cost of construction of cogeneration plants that will operate on biogas; compensation for the cost of purchasing small biogas plants for private peasant farms at the expense of the funds allocated to subsidies; exemption from the tax burden of enterprises that will produce biogas from the waste of the main production (distilleries, agricultural enterprises, sugar factories).

**Ключові слова:** біогаз, біометан, досвід, пільги, субсидування, дотації, квоти.

**Постановка проблеми.** Побічним ефектом великомасштабного виробництва є великі обсяги відходів на душу населення, і саме відокремлення виробництва відходів від економічного зростання має вирішальне значення для переходу до нового типу економічної системи. Європейська економіка переважно лінійна за своєю структурою, що призводить до впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей, неефективного використання природних ресурсів і надмірної залежності від ресурсів з-за меж Європи. Донедавна утворення відходів у зв'язку з виробництвом і споживанням сприймалося як вимушена необхідність. Сьогодні це дедалі частіше піддається сумніву: циркулярна економіка, відсутність відходів, замкнутий цикл, ефективність використання ресурсів, уникнення утворення відходів, повторне використання, переробка – усі ці терміни можна віднести до ідеалу досягнення світу без відходів, і натомість з відповідальним ставленням до ресурсів, матеріалів, продукції та навколишнього середовища. Екологічно безпечне управління відходами було наріжним каменем європейської політики з самого початку, і наразі досягнуто значного прогресу щодо зменшення впливу утворення відходів на навколишнє середовище та здоров'я людини.

Сучасні способи виробництва та споживання залишаються переважно заснованими на лінійному принципі: ресурси видобуваються, обробляються, використовуються і, зрештою, здебільшого викидаються як відходи. Наприкінці такого циклу відходи зазвичай утилізуються шляхом спалювання (термічної утилізації) або захоронення. Так, наприклад 80 відсотків спожитих ресурсів в ЄС походять із первинних матеріалів і лише 20 відсотків походять із вторинної сировини [1]. Лінійна економічна модель може функціонувати лише за наявності необмежених ресурсів для задоволення нескінченного попиту.

Глобальний попит стабільно зростає, а доступність як невідновлюваної, так і відновлюваної сировини обмежена. Строго лінійна економіка неминуче стикається з обмеженнями.

Чіткі європейські кліматичні цілі зобов'язують сектор сільського господарства та тваринництва зменшити свій вплив на клімат, використовуючи більш сприятливі секторні практики для обмеження впливу галузі на навколишнє середовище. Хоча сільське господарство та тваринництво не відіграють суттєвої ролі на загальноекономічному рівні, воно вважається одним із основних джерел викидів парникових газів із майже 33% загальних викидів, доводячи, що для розуміння та пом'якшення цих обставин потрібна подальша робота та дослідження [2].

Формування ефективних методів поводження сільськогосподарськими відходами та перетворення їх на енергію біомаси, доступну для людей, може не тільки пом'якшити поточну глобальну енергетичну кризу, але й покращити середовище сільськогосподарського виробництва, ефективно захистити екологію навколишнє середовище та водночас робить значний внесок у скорочення викидів вуглецю [3]. Таким чином, щоб підтримувати сталий розвиток глобального використання енергії та екологічного середовища, вивчення раціонального використання сільськогосподарських відходів для пом'якшення енергетичної кризи та забруднення навколишнього середовища стало відповідальністю всіх країн [4].

Виробництво біогазу шляхом анаеробного зброджування є потенційною технікою управління відходами та зменшення вуглецевого сліду. Теплова потужність і паливна ефективність біогазу роблять його цікавою альтернативою виснажливим невідновлюваним видам палива. Повний потенціал анаеробного зброджування ще не реалізований через операційні перешкоди, державну політику та сприйняття людей [5].

В даному дослідженні ми відштовхуємось від ідеї необхідності вивчення європейського досвіду формування посиленої політики управління відходами та виробництва біогазу в контексті зменшення навантаження на навколишнє середовище та досягнення головних цілей ресурсоефективної економіки.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Теоретичні й прикладні аспекти вивчення виробництва біогазу та адаптації світового досвіду в сфері виробництва біопалив досліджені у працях Токарчук Д. М. [6], Гончарук І. В. [7], Т. Персена [9], Т. Педерсена [15], Т. Фредріксона [17], А. Лентомакі [18], Л. Магіоні [21] та інших.

Досвід європейських країн в сфері виробництва біогазу з відходів АПК наразі сильно відрізняється, і майбутнє виробництва біогазу на континенті в значній мірі залежить від уже існуючих технологій і місцевих схем підтримки національних урядів. Таким чином необхідним є провести аналіз і описати поточні схеми підтримки для кожної країни в рамках дослідження. Систематизація провідних європейських практик дасть можливість їх адаптації до сучасних реалій АПК України. Проте, незважаючи на велику кількість публікацій, які присвячені питанням виробництва біогазу в Україні та ЄС. Потребують подальших досліджень наявний досвід країн Європи для його адаптації до реалій вітчизняного АПК, що зумовлює актуальність дослідження.

**Формулювання цілей статті.** Метою наукового дослідження є дослідження європейського досвіду в сфері виробництва біогазу з відходів АПК.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Країни ЄС активно рухаються у напрямку сталого й відповідального поводження з відходами. Величезний обсяг вторинного сировинного матеріалу, досягнутий через переробку й рециклінг, свідчить про успішність впровадження «зелених» практик. В Україні доцільно скористатися успішним європейським досвідом поводження з відходами: 1) впровадити у практику сортування відходів від населення за моделлю «від дверей до дверей», яка дозволяє отримати більш однорідні потоки відходів для подальшого використання; 2) зменшувати обсяги захоронення відходів на звалищах; 3) сприяти розвитку циркулярної економіки через рециклінг відходів [6, с. 54; 7].

На основі статистики Міжнародної енергетичної асоціації [8] загальне валове споживання електроенергії з біогазу становило

близько 600 ГВт-год, а загальне виробництво теплової енергії – близько 150 ГВт-год. Виробництво біометану становить 0,25 ТВт-год/рік і в основному вводиться в мережу. Сумарно кінцевий видобуток енергії за допомогою біогазу склав близько 1 ТВт-год/рік, у 2015 році. Як і в Німеччині, специфіка Австрії полягає у переважному використанні енергетичних культур як сировини, а ТЕЦ як основного шляху валоризації.

У всьому світі схеми підтримки надзвичайно сприяють розвитку ТЕЦ. Таким чином, цей шлях використання повинен розвиватися в майбутньому. Починаючи з січня 2018 року, зелений тариф для нових заявників обмежено заводами, які використовують менше, ніж 30% енергетичних культур (із все ще жорсткими вимогами до рівня ефективності). Крім того, найбільш ефективні існуючі заводи матимуть право на продовження зеленого тарифу на 3 роки (знову ж таки, з критеріями відбору). Як наслідок, частка енергетичних культур у виробництві має зменшитися, тоді як валоризація ТЕЦ має становити більшу частину виробництва. З огляду на те, що схема підтримки орієнтована на підвищення ефективності, і що Австрія взяла на себе зобов'язання виробляти близько 2 ТВт/год біогазу в перерахунку на первинну енергію в 2020 році, загальне кінцеве виробництво енергії становитиме близько 1,7 ТВт/год на рік у 2022 році, тобто на 0,7 ТВт-год/рік більше, ніж у 2015 році.

Австрія наразі виробляє близько 1 ТВт-год/рік біогазу, приділяючи значну увагу виробництву електроенергії на ТЕЦ. Як біогаз, так і біометан використовуються на ТЕЦ (ТЕЦ, що працюють на оновленому біогазі, отримують додатковий технологічний бонус, і наразі більша частина введеного біогазу оцінюється через ТЕЦ). Мінімальний рівень енергоефективності має бути досягнутий для того, щоб отримати право на зелений тариф в Австрії (ефективність вище 67,5% повинна бути досягнута новими заводами, починаючи з 2018 року). Тому заохочується валоризація тепла на ТЕЦ (можуть надаватися інвестиційні субсидії для нових або реконструйованих ТЕЦ, що сприяють постачанню централізованого тепlopостачання).

Бельгія є децентралізованою країною з трьома різними регіонами: Валлонією, Фландрією та Брюсселем (столицею). Через високий рівень незалежності цих трьох регіонів між ними існують значні відмінності, які не обов'язково відображаються в національній

чи міжнародній статистиці. З цієї причини існує відносно висока невизначеність щодо даних і прогнозів.

Загальне виробництво біогазу в Бельгії становить 2,2 ТВт-год/рік у 2016 році [8], що оцінюється виключно як тепло (350 ГВт-год) та електроенергія (1850 ГВт-год). 20% продукції надходить зі звалищ, 10% – з очищення стічних вод. Решта (70%) походить переважно з сільськогосподарських відходів і гною у Валлонії (малі сільськогосподарські ферми) і великих агропромислових об'єктів у Фландрії.

Бельгія досягла близько 2,2 ТВт-год/рік виробництва біогазу, переважна більшість якого оцінюється за рахунок виробництва електроенергії (~1,8 ТВт-год/рік) – тепло та електроенергія, як правило, використовуються на місці – завдяки схемі підтримки механізм, заснований на зелених сертифікатах і системах квот на виробництво відновлюваної електроенергії. Найбільш вірогідним прогнозом може бути загальне виробництво ~4 ТВт-год/рік (+1,8 ТВт-год/рік порівняно з 2016 роком); однак досягнення цих цілей вимагатиме розробки спеціального регулювання щодо ін'єкцій, а також уточнення правового статусу побічних продуктів (труднощі оцінки побічних продуктів на даний момент визначаються як основна перешкода для розвитку біогазових установок) [8].

На основі даних Danish Energy Agency [10], Данія виробляє 3,3 ТВт-год біогазу, включаючи близько 1,6 ТВт-год/рік електроенергії, 0,1 ТВт-год/рік (валоризованого) тепла та 1,6 ТВт-год/рік біометану. З точки зору ресурсів, ринок Данії є вузькоспеціалізованим на обробці гною, на який припадає близько 85% поточного виробництва (включаючи близько 10% енергетичних культур). Решта виробництва надходить від звалищ (5%) і очищення стічних вод/органічних відходів (10%).

Особливістю останніх змін на датському ринку є висока частка закачування в мережу природного газу. За даними [11] частка біометану в газовій мережі Данії зросла з 0,3% на 01.01.2015 до 3,5% на 01.01.2017 і, ймовірно, майже до 5% на 01.01.2023. Це вражає збільшення, яке є унікальним для Європи, відповідає меті уряду досягти суспільства без викопних палив до 2050 року [12]. За даними Міністерства енергетики Данії [13], країна є світовим лідером у розподілі газу, що робить її ключовим рушієм енергетичної декарбонізації економіки.

Датське енергетичне агентство прогнозує виробництво 4,1 ТВт-год/рік у 2023 році за

рахунок закачування біометану. На національному рівні до 2050 року загальне споживання енергії має бути вуглецево-нейтральним. Крім того, [14] оцінює, що виробничий потенціал Данії становить від 10 до 17 ТВт-год/рік, тоді як Теодор Педерсен [15] оцінює, що введення біометану в мережу зросте на 850 ГВт-год. Ця динаміка узгоджується із загальним виробництвом біогазу 5 ТВт-год на рік до 2024 року, все ще за рахунок гною та міських відходів. З точки зору валоризації, Біо-CNG може становити 100% СПГ, хоча він залишається низьким (~100 ГВт-год) порівняно з подачею в мережу через чотири причини [16]:

- електродвигуни віддають перевагу перед автомобілями на природному газі.
- очікується, що податки на автомобілі на природному газі значно зростуть.
- немає стратегії щодо альтернативних видів палива.
- немає екологічних вимог до громадського транспорту.

Протягом останніх двох років Данія дуже швидко розробляла біогаз, приділяючи значну увагу біометану для введення в мережу (використовується в транспорті та в основному для прямого постачання газу). Такий швидкий розвиток став можливим завдяки дуже сприятливій схемі підтримки, особливо щодо пільгових премій

Загальна схема підтримки у Фінляндії повинна запустити ринок біогазу в найближчі роки, а попит на біогаз буде спричинений транспортним сектором [17]. Національна мета виробництва біогазу до 2023 року становить 1,5 ТВт\*год/рік [18]. Крім того, щодо попиту, Національна енергетична та кліматична стратегія до 2030 року (реалізована у 2016 році) стверджує, що до 2030 року на ринку має бути принаймні 50 000 (біо) транспортних засобів, що працюють на природному газі, а підтримка біогазових установок триватиме принаймні на нинішньому рівні. Національні положення та дозвільні процедури будуть уточнені для сприяння виробництву та використанню біогазу» [18]. Це узгоджується з виробництвом, яке можна оцінити приблизно в 1,7 ТВт-год/рік у 2022 році, тобто +1 ТВт-год/рік порівняно з 2015 роком, із збільшенням частки біометану.

Фінляндія є відносно невеликим ринком біогазу із загальним кінцевим виробництвом 0,7 ТВт-год/рік у 2015 році. Основним методом оцінки є тепло, яке виробляється за допомогою когенераційних установок, з акцентом на власне споживання (спеціальна підтримка надається фермерам за умови, що вони



самостійно споживають тепло, що становить принаймні 10% від загального виробництва енергії заводом, крім того, ефективні ТЕЦ мають право на спеціальний бонус за тепло за вироблене «корисне тепло». Історично склалося так, що біогаз в основному вироблявся на звалищах (які історично становили близько половини виробництва біогазу, але частка постійно зменшувалася з 2008 року до нинішнього рівня ~35% [17]).

Відповідно до Міністерства економіки Франції [19], загальне виробництво біогазу у Франції становить 3,6 ТВт-год/рік, у тому числі 1,8 ТВт-год/рік електроенергії, 1,6 ТВт-год/рік тепла та 200 ГВт-год біометану. Особливістю Франції є висока частка сміттєзвалищ (75% кінцевої енергії), у той час як осад стічних вод становить 5% виробництва, решта – це суміш сільськогосподарських відходів, промислових і міських відходів.

Франція взяла на себе амбітні цілі щодо виробництва біогазу. Ці цілі були визначені в Законі про енергетичний перехід (довгострокова перспектива) та Багаторічному енергетичному пакеті (короткострокова реалізація). Ці цілі полягають у наступному:

Закон про енергетичний перехід визначає, що у 2030 році частка відновлюваної енергії в кінцевому споживанні енергії становитиме 32%, включаючи 40% у виробництві електроенергії, 38% у кінцевому споживанні тепла, 15% у кінцевому споживанні палива. і 10% у кінцевому споживанні газу (поточні переговори щодо підвищення цієї цілі до 30%, тобто ~90 ТВт-год/рік лише для біометану).

Французький ринок біогазу в даний час є дуже низьким порівняно з його потенціалом. Загальне виробництво справді становить близько 3,6 ТВт-год/рік, що надходить в основному зі звалищ і здебільшого переробляється на ТЕЦ, що є набагато нижчим порівняно з подібними країнами (особливо Німеччиною, Італією та Великобританією). Однак це також один із найперспективніших ринків у найближчому майбутньому, оскільки нормативно-правові акти наполягають на більшій кількості відновлюваної енергії в енергетичному комплексі до 2030 року. Були встановлені дуже амбітні обов'язкові цілі, особливо щодо введення біометану в мережу (8 ТВт-год/рік у 2023 році, включаючи 2 для транспорту), а також для валоризації ТЕЦ. Як наслідок, загальне виробництво біогазу оцінюється приблизно в 15 ТВт-год на рік у 2022 році, включаючи 6,7 ТВт-год на рік біометану. З точки зору сировини, 90% потенці-

алу Франції полягає в сільськогосподарських рослинах (потенційно у спільному зброджуванні з міськими відходами), тому вони повинні становити 80% виробництва у 2023 році, оскільки рівень виробництва звалищного газу має залишатися більш-менш незмінним.

Німеччина, безперечно, є найрозвиненішою європейською країною з точки зору виробництва біогазу. За даними IEA Bioenergy [8], загальне виробництво біогазу становило 64 ТВт-год/рік у 2015 році з тенденцією до стагнації. Виробництво відбувається здебільшого за рахунок двох основних ресурсів: по-перше, енергетичні культури, на які припадає близько 52% продукції, а по-друге, сільськогосподарські відходи (включаючи гній), на які припадає 43% вхідних ресурсів, з безліч дрібних ферм по всій країні (більше 10 тис). Німецький ринок біогазу є найбільшим європейським ринком з приблизно 64 ТВт/год кінцевої виробленої енергії. Ринок стрімко розвивався між 2004 і 2014 роками завдяки високим тарифам «зеленого тарифу» та зосередженості на енергетичних культурах (використання енергетичних культур дозволяло рослині отримати бонус). Але регулятивні зміни, які поступово впроваджувалися з 2014 року (зменшення рівнів зеленого тарифу, обмеження енергетичних культур), значно сповільнили розвиток ринку. У результаті, дотримуючись тенденції, що спостерігається в останні роки, рівень виробництва повинен залишатися стабільним у наступні 5 років на рівні ~64–65 ТВт-год/рік. З точки зору валоризації, найбільший потенціал зростання в майбутньому має бути у виробництві біометану, як для біо автомобілів на природному газі, так і для використання газу [20]. Дійсно, у Новій енергетичній стратегії згадується, що біогаз відіграватиме важливу роль у транспортному секторі (особливо для важких вантажів і суден), а деякі регіональні органи влади запровадили закони про зобов'язання відновлюваного тепла для нових будівель на користь споживання екологічно чистого газу.

Відповідно до даних [21–23] загальне виробництво біогазу в Італії становило 21 ТВт-год/рік, майже повністю сконцентровані в ТЕЦ (виробництво 12,5 ТВт-год/рік тепла та 8,5 ТВт-год/рік електроенергії). Близько 55% продукції надходить від малих сільськогосподарських заводів, 20% від звалищ і 20% від енергетичних культур, решта надходить від стічних вод і відходів.

Незважаючи на вже високе виробництво біогазу, Італія все ще має дуже потужну схему

підтримки. Італія має найбільший парк газомоторних автомобілів у Європі, що нараховує майже 1 мільйон газомоторних автомобілів і 1000 автозаправних станцій по всій країні [23]. Як наслідок, потенціал використання біометану в транспорті дуже високий, але хоча уряд Італії хоче сприяти використанню біометану для транспорту та для введення в мережу [28]. Наразі немає можливості вкачувати біометан у мережу природного газу через нормативні проблеми [22]. Як тільки ці проблеми будуть вирішені, звільниться величезний потенціал попиту.

На думку експертів, схему підтримки в Італії слід ще посилити, особливо для транспортних цілей: нові тарифи на пільгові тарифи мають значно сприяти використанню біометану (закачування та транспортування) над використанням когенерації. Крім того, національні цілі дуже волюнтаристські: 80 ТВт-год/рік біометанового еквіваленту до 2030 року (11% національного споживання природного газу); 28% загального споживання відновлюваної енергії до 2030 року порівняно з 17,5% у 2015 році та 21% відновлюваної енергії на транспорті до 2030 року порівняно з 6,4% у 2015 році. Щоб стимулювати інвестиції, 35 мільярдів євро у ВДЕ та 30 мільярдів євро у газ та електромереж буде витрачено.

Італія є другим за величиною ринком біогазу в Європа з близько 21 ТВт-год/рік виробництва (2015 р.), 100% валоризовано через ТЕЦ (8,5 ТВт-год/рік електроенергії та 12,5 ТВт-год/рік тепла). Ринок підтримується регулятивними схемами, зосередженими на виробництві електроенергії, з зеленими тарифами, які варіюються від 85 до 233 євро/МВт-год і надаються на 20 років.

Згідно з даними Центру енергетичних досліджень Нідерландів, країна наразі виробляє близько 3,9 ТВт-год/рік біогазу, включаючи 0,9 ТВт-год/рік біометану, що вводиться в мережу [24] решта валоризується через ТЕЦ (28% електроенергії та 49% тепла). Схема підтримки в Нідерландах є досить сильною та базується на чотирьох складових: національний план дій з відновлюваної енергетики (NREAP) Нідерландів визначає, що виробництво у 2020 році має становити щонайменше 8,1 ТВт-год/рік і 22 ТВт-год/рік у 2030 році. Враховуючи, що не очікується жодних значних змін у законодавстві у найближчому майбутньому, і відповідно до дорожньої карти зеленого газу [25], що існує великий потенціал біо-СПГ як палива, ці цілі, ймовірно, будуть досягнуті.

Нідерландський ринок біогазу сьогодні становить приблизно 3,9 ТВт-год/рік виробництва, в основному через ТЕЦ, але також трохи біометану (15%), і всі вони мають право на основний механізм підтримки країни (SDE+) на основі пільгових тарифів. Використання гною як сировини заохочується спеціальними тарифами. У наступному році не очікується жодних особливих змін у сфері регулювання (система SDE+ була нещодавно оновлена у 2016 році), а потенціал зростання в наступні п'ять років (і далі) вважається досить високим завдяки стабільному регулюванню та амбітним (хоча необов'язковим) цілям встановлені урядом і галуззю, а також динамічне середовище (наприклад, державно-приватні програми, розроблені в рамках «Зеленої угоди» для підтримки нових проектів і технологій, участь оператора транспортної системи GasUnie (TSO) в Ініціативі зеленого газу разом з іншими європейськими операторами транспортних систем). Дотримуючись цілей на 2020 і 2030 роки, загальний обсяг виробництва в 2022 році може досягти 10 ТВт-год на рік (~+6 ТВт-год на рік порівняно з 2015 роком). Принаймні ~30% (~1,7 ТВт-год/рік) нових обсягів має бути оцінено шляхом введення в мережу (~2,6 ТВт-год/рік у 2022 році порівняно з ~0,9 ТВт-год/рік сьогодні) відповідно до останнього звіту Green Gas Initiative [26].

Сполучене Королівство Великої Британії. Загальне виробництво біогазу у Великобританії становило 10,8 ТВт-год/рік у 2016 році [8]. Однією з головних особливостей Сполученого Королівства є його висока частка біогазу зі звалищ, який становить 55% від загального виробництва, решта виробництва складається з сільськогосподарських відходів (20%), осаду стічних вод (15%) та органічних відходів (10%). З точки зору виробництва, виробництво біометану значно зросло з 2013 року, досягнувши 2 ТВт-год/рік у 2016 році, із встановленою потужністю 3 ТВт-год/рік [24].

Як і у випадку Німеччини, у Великій Британії важливі схеми підтримки прискорили зростання виробництва біогазу за останнє десятиліття. Однак останнім часом більшу частину підтримки було скорочено, за винятком виробництва біометану [27]: прогноз виробництва є досить складним, оскільки він значною мірою залежить від потенційних нових схем підтримки, які будуть запроваджені. Якщо брати до уваги нинішній, то видобуток має зменшуватися або стагнувати, оскільки видобуток звалищного газу протягом остан-

ніх років зменшувався і має зменшуватися. У той же час частка органічних відходів має зрости, оскільки мають бути запроваджені обмеження зеленого тарифу на сировину, окрім органічних відходів. Подібним чином має зменшитися валоризація тепла, оскільки стимулювання відновлюваного тепла, яке вже є збитковим, зменшиться. Підсумовуючи, виробництво біогазу в 2022 році оцінюється приблизно в 10 ТВт-год на рік, причому майже 5 ТВт-год на рік оцінюються як біометан, а решта – як електроенергія.

Сполучене Королівство наразі виробляє близько 10,8 ТВт-год/рік кінцевого споживання енергії, 80% оцінюється як електроенергія, а решта – як біометан для введення (2 ТВт-год/рік у 2016 році). Протягом наступних п'яти років ринок має суттєво розвиватися з точки зору сировини та шляхів використання: навіть незважаючи на те, що остаточні рішення щодо регуляторних змін ще не прийнято, нова структура має все більше надавати перевагу модернізації та впорскуванню біометану. Що стосується вхідних ресурсів, переважна більшість нових обсягів повинна надходити від анаеробного зброджування сільськогосподарської сировини, тоді як біогаз зі звалищ має продовжувати скорочуватися.

Виходячи з проведеного дослідження розвиток виробництва біогазу в Україні має орієнтуватися на найбільш ефективні практики країн Європи та враховувати реалій військового часу та включати в себе:

- розвиток державно-приватного партнерства в сфері виробництва біогазу через систему компенсації вартості обладнання для

біогазових установок що вироблено в Україні в обсязі 60% вартості;

- встановлення квот на використання біометану в обсязі 10% від споживання промисловими підприємствами;

- встановлення компенсації 40% вартості будівництва когенераційних установок, що працюватимуть на біогазі;

- компенсація вартості купівлі малих біогазових установок для особистих селянських господарств за рахунок коштів, що спрямовувалися на субсидування;

- звільнення від податкового навантаження підприємств, що вироблятимуть біогазу з відходів основного виробництва (спиртові заводи, аграрні підприємства, цукрові заводи).

**Висновки.** У результаті проведеного дослідження можна окреслити наступне: європейський досвід стимулювання виробництва біогазу орієнтований на зменшення викидів шкідливих газів в атмосферу та ґрунтується на державних субсидіях та податковому стимулюванні; формування в Україні системи розвитку виробництва біогазу має орієнтуватися на розвиток державно-приватного партнерства з орієнтацією на компенсацію вартості відповідного обладнання для виробництва біогазу вітчизняного виробництва; необхідним є стимулювання розвитку малих біогазових реакторів в сільській місцевості для забезпечення біогазом особистих селянських господарств.

Використання світового досвіду за умов адаптації до умов України дасть можливість підвищити рівень енергетичної безпеки держава, розвивати виробництво біогазового обладнання в державі та зменшити рівень забруднення навколишнього середовища.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. WRAP (2015). Economic Growth Potential of More Circular Economies. URL: [http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Economic growth potential of more circular economies.pdf](http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Economic%20growth%20potential%20of%20more%20circular%20economies.pdf).
2. Crippa, M. et al., 2021: GHG emissions of all world countries – 2021 Report. European Commission Publications Office, Luxembourg, 263 pp.
3. Weidner, Till, Yang, Aidong, 2020. The potential of urban agriculture in combination with organic waste valorization: assessment of resource flows and emissions for two European cities. *J. Clean. Prod.* 244, 118490. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118490>
4. Jiang, Linli & Zhang, Junbiao & Wang, H.Holly & Zhang, Lu & He, Ke. (2018). The Impact of Psychological Factors on Farmers' Intentions to Reuse Agricultural Biomass Waste for Carbon Emission Abatement. *Journal of Cleaner Production*. 189. 10.1016/j.jclepro.2018.04.040
5. K. Archana, A. S. Visckram, P. Senthil Kumar, S. Manikandan, A. Saravanan, L. Natrayan, A review on recent technological breakthroughs in anaerobic digestion of organic biowaste for biogas generation: Challenges towards sustainable development goals, *Fuel*, Volume 358, Part B, 2024, 130298. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.130298>

6. Токарчук Д. М., Томляк Т. С. Огляд поводження з відходами у країнах ЄС і досвід їх енергетичного використання. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2023. № 2 (64). С. 44–58. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2023-2-3>

7. Гончарук І. В. Європейські практики регулювання та поводження з дигестатом у контексті агроекологічного переходу країн ЄС у межах європейського зеленого курсу. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2023. № 3 (53). С. 144–155. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2023-3-10>

8. IEA Bioenergy (2015) IEA bioenergy task 37 – country reports summary 2014 (rep.). URL: [http://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2015/01/IEA-Bioenergy-Task-37-Country-Report-Summary-2014\\_Final.pdf](http://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2015/01/IEA-Bioenergy-Task-37-Country-Report-Summary-2014_Final.pdf)

9. European Commission. 2015b. Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2008/98/EC on waste. Brussels: European Commission.

10. Danish Energy Agency. <https://ens.dk/en/ourresponsibilities/bioenergy/biogas-denmark>

11. Fremsyn. (2017). Biogas in Scandinavia. <https://www.biogas2020.se/wp-content/uploads/2017/11/nr-4-skandinaviens-biogaskonference-2017-7112017-mjympi.pdf>

12. Danish Ministry of Climate and Energy. (2011). Energy Strategy 2050.

13. Nature Energy (2016). Biogas projects in Denmark.

14. Persson, T. (2013). Markets and trends in Nordic countries.

15. Pedersen, T. R. (2017). Biogas in the natural gas grid: status and development in Denmark.

16. Fremsyn. (2017). Biogas in Scandinavia. <https://www.biogas2020.se/wp-content/uploads/2017/11/nr-4-skandinaviens-biogaskonference-2017-7112017-mjympi.pdf>.

17. Fredriksson, T. (2016). Biogas in Finland - today and in the future.

18. Lehtomäki, A. (2011). Biogas in Finland – Situation Report.

19. Ministry of Economic Affairs and Employment. (2023). Government report on the National Energy and Climate Strategy for 2030.

20. Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development. (2023). The Mobility and Fuels Strategy of the German Government. IFOK GmbH.

21. Maggioni, L. (2016). Potential for sustainable biomethane production in Italy.

22. European Commission. (2016). Optimal use of biogas from waste streams.

23. NGV Italy. (2016). The CNG Italian market – A journey from worldwide figures to Italian ones.

24. GRTGaz. (2017). Renewable Gas – French Panorama 2016.

25. ECN, GroengasNL, De Gemeyn, RVO. (2014). Green gas roadmap.

26. Green Gas Initiative. (2016). Gas and Gas Infrastructure – the Green commitment. URL: [http://www.greengasinitiative.eu/media/greengas\\_initiative\\_report\\_web\\_2016.pdf](http://www.greengasinitiative.eu/media/greengas_initiative_report_web_2016.pdf)

27. Ofgem. (2017). Feed-in Tariffs: Guidance on sustainability criteria and feedstock restrictions.

#### REFERENCES:

1. WRAP (2015) Economic Growth Potential of More Circular Economies. Available at: [http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Economic growth potential of more circular economies.pdf](http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Economic%20growth%20potential%20of%20more%20circular%20economies.pdf).

2. Crippa, M. et al., 2021: GHG emissions of all world countries – 2021 Report. European Commission Publications Office, Luxembourg, 263 pp.

3. Weidner, Till, Yang, Aidong, 2020. The potential of urban agriculture in combination with organic waste valorization: assessment of resource flows and emissions for two European cities. *J. Clean. Prod.* 244, 118490. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118490>

4. Jiang, Linli & Zhang, Junbiao & Wang, H.Holly & Zhang, Lu & He, Ke. (2018). The Impact of Psychological Factors on Farmers' Intentions to Reuse Agricultural Biomass Waste for Carbon Emission Abatement. *Journal of Cleaner Production*. 189. 10.1016/j.jclepro.2018.04.040

5. K. Archana, A. S. Visckram, P. Senthil Kumar, S. Manikandan, A. Saravanan, L. Natrayan, A review on recent technological breakthroughs in anaerobic digestion of organic biowaste for biogas generation: Challenges towards sustainable development goals, *Fuel*, Volume 358, Part B, 2024, 130298. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.130298>.

6. Tokarchuk D.M., Tomliak T.S. (2023) Ohliad povodzhennia z vidkhodamy u krainakh YeS i dosvid ikh enerhetychnoho vykorystannia [Overview of waste management in EU countries and experience of their energy use]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economics, finance, management: topical issues of science and practical activity*, vol. 2 (64), pp. 44–58. DOI: 10.37128/2411-4413-2023-2-3



7. Honcharuk I.V. (2023) Yevropeiski praktyky rehuliuвання ta povodzhennia z dyhestatom u konteksti ahroekolohichnoho perekhodu krain YeS u mezhakh yevropeiskoho zelenoho kursu [European practices of regulation and handling of digestate in the context of the agro-ecological transition of the EU countries within the framework of the European green course]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economics, finance, management: topical issues of science and practical activity*, vol. 3 (53), pp. 144–155. DOI: 10.37128/2411-4413-2023-3-10
8. IEA Bioenergy (2015) IEA bioenergy task 37 – country reports summary 2014 (rep.). Retrieved from: [http://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2015/01/IEA-Bioenergy-Task-37-Country-Report-Summary-2014\\_Final.pdf](http://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2015/01/IEA-Bioenergy-Task-37-Country-Report-Summary-2014_Final.pdf) [in English].
9. European Commission. 2015b. Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2008/98/EC on waste. Brussels: European Commission. [in English].
10. Danish Energy Agency. <https://ens.dk/en/ourresponsibilities/bioenergy/biogas-denmark>, [in English].
11. Fremsyn. (2017). Biogas in Scandinavia. Retrieved from: <https://www.biogas2020.se/wp-content/uploads/2017/11/nr-4-skandnaviens-biogaskonference-2017-7112017-mjympi.pdf>. [in English].
12. Danish Ministry of Climate and Energy. (2011). Energy Strategy 2050. [in English].
13. Nature Energy (2016). Biogas projects in Denmark. [in English].
14. Persson, T. (2013). Markets and trends in Nordic countries. [in English].
15. Pedersen, T. R. (2017). Biogas in the natural gas grid: status and development in Denmark. [in English].
16. Fremsyn. (2017). Biogas in Scandinavia. Retrieved from: <https://www.biogas2020.se/wp-content/uploads/2017/11/nr-4-skandnaviens-biogaskonference-2017-7112017-mjympi.pdf> [in English].
17. Fredriksson, T. (2016). Biogas in Finland – today and in the future [in English].
18. Lehtomäki, A. (2011). Biogas in Finland – Situation Report. [in English].
19. Ministry of Economic Affairs and Employment. (2023). Government report on the National Energy and Climate Strategy for 2030. [in English].
20. Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development. (2023). The Mobility and Fuels Strategy of the German Government. IFOK GmbH. [in English].
21. Maggioni, L. (2016). Potential for sustainable biomethane production in Italy. [in English].
22. European Commission. (2016). Optimal use of biogas from waste streams. [in English].
23. NGV Italy. (2016). The CNG Italian market – A journey from worldwide figures to Italian ones. [in English].
24. GRTGaz. (2017). Renewable Gas – French Panorama 2016. [in English].
25. ECN, GroengasNL, De Gemeynt, RVO. (2014). Green gas roadmap. [in English].
26. Green Gas Initiative. (2016). Gas and Gas Infrastructure – the Green commitment. Retrieved from: [http://www.greengasinitiative.eu/media/greengas\\_initiative\\_report\\_web\\_2016.pdf](http://www.greengasinitiative.eu/media/greengas_initiative_report_web_2016.pdf) [in English].
27. Ofgem. (2017). Feed-in Tariffs: Guidance on sustainability criteria and feedstock restrictions. [in English].