

24. The official website of FASB. [asc.fasb.org](http://asc.fasb.org). Retrieved from: <https://asc.fasb.org/> [in English].

### **Відомості про автора**

**ПРАВДЮК Наталія Леонідівна** – доктор економічних наук, професор, завідувачка кафедри бухгалтерського обліку, Вінницький національний аграрний університет (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, e-mail: [npravduyk@gmail.com](mailto:npravduyk@gmail.com)).

**ПРАВДЮК Марина Володимирівна** – кандидат економічних наук, доцент кафедри обліку та оподаткування в галузях економіки, Вінницький національний аграрний університет (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, e-mail: [a.pravd4449@gmail.com](mailto:a.pravd4449@gmail.com)).

**PRAVDIUK Nataliia** – Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Accounting, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3, Soniachna Str., e-mail: [npravduyk@gmail.com](mailto:npravduyk@gmail.com)).

**PRAVDIUK Maryna** – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Accounting and Taxation in Economic Sectors, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3 Soniachna Str., e-mail: [a.pravd4449@gmail.com](mailto:a.pravd4449@gmail.com)).

**УДК: 620.91**

**DOI: 10.37128/2411-4413-2023-2-3**

**ОГЛЯД  
ПОВОДЖЕННЯ З  
ВІДХОДАМИ У  
КРАЇНАХ ЄС І  
ДОСВІД ЇХ  
ЕНЕРГЕТИЧНОГО  
ВИКОРИСТАННЯ**

**ТОКАРЧУК Д.М.,**  
*кандидат економічних наук,  
доцент кафедри адміністративного  
менеджменту та альтернативних джерел енергії*

**ТОМЛЯК Т.С.,**  
*доктор філософії в галузі права,  
доцент кафедри права,  
Вінницький національний аграрний університет  
(м. Вінниця)*

*Стаття присвячена огляду управління та поводження з відходами у країнах ЄС і вивченню практик їх енергетичного використання. Проаналізовано обсяг і джерела утворення відходів у країнах ЄС і сучасні тенденції поводження з ними. Окрема увага приділена аналізу продукування та збору органічних (харчових) відходів населенням; оцінено п'ятірку найкращих європейських моделей їх збору (відкритий контейнер; збирання «від дверей до дверей»; відкритий контейнер на вулиці, доступний тільки власникам; збір побутових відходів розділених на два потоки «мокрый / сухий»; компостування безпосередньо на території їх утворення). Модель «від дверей до дверей» у більшості випадків показала найвищу ефективність під час упровадження домогосподарствами у європейських країнах. Проаналізовано два основних напрями поводження з органічними відходами: компостування та анаеробне зброджування з отриманням біогазу. Ці напрями використання відходів відповідають принципам циркулярної економіки й допомагають використати наявний потенціал відходів. Анаеробному зброджуванню відходів віддається перевага перед компостуванням, оскільки у результаті отримуються як енергетичні*

ресурси (біогаз, який можна очистити до біометану, а також перетворити на електричну й теплову енергію), так і біодобрива (дигестат). Представлено досвід окремих європейських країн в енергетичному використанні органічної фракції твердих побутових відходів (далі – ТПВ). Обґрунтовано, що використання відходів різного походження (домогосподарств, підприємств, муніципальних стічних вод тощо) на виробництво біогазу активно розвивається у європейських країнах; зростають як кількість підприємств-виробників, так і потужності їх виробництва. Відзначено тренд до зростання виробництва біометану – очищеного біогазу, що має більш широке застосування, ніж біогаз. Проаналізовано виробництво біометану й біогазу щодо загального споживання газу в шістнадцяти найбільших європейських країнах, найбільший відсоток заміщення станом на 2021 рік спостерігався у Данії – 5 % природного газу заміщується біогазом, 19 % – біометаном. Підтверджено, що європейські країни активізують виробництво енергоносіїв з відходів задля зменшення залежності від придбання природного газу з росії. Очікується прискорення зростання енергонезалежності від російських енергетичних ресурсів як реакція на бойові дії в Україні.

**Ключові слова:** відходи, органічні відходи, поводження з відходами, компостування, анаеробне зброджування, біогаз, біометан, дигестат.

**Табл.: 3. Рис.: 4. Літ.: 19.**

## **A REVIEW OF WASTE MANAGEMENT IN THE EU COUNTRIES AND THE EXPERIENCE OF ITS ENERGY USE**

**TOKARCHUK Dina,**  
*Candidate of Economic Sciences, Associate Professor  
of the Department of Administrative  
Management and Alternative Energy Sources*

**TOMLIAK Taisa**  
*Doctor of Philosophy in Law (PhD),  
Associate Professor of the Department of Law,  
Vinnytsia National Agrarian University  
(Vinnytsia)*

*The article is devoted to the review of waste management in the EU countries and the study of the practices of their energy use. The amount and sources of waste generation in the EU countries and the current trends in its management are analyzed. Special attention is paid to the analysis of production and collection of organic (food) waste by the population; evaluated the top 5 best European models of their collection (open container; door-to-door collection; open container on the street, accessible only to owners; collection of household waste divided into two streams «wet/dry»; composting directly on the territory of their generation). The door-to-door model has shown the highest efficiency when implemented by the households in most European countries in most cases. Two main directions of organic waste management were analyzed: composting and anaerobic fermentation with biogas production. These directions of waste use correspond to the principles of the circular economy and help to use the available potential of waste. Anaerobic digestion of waste is preferred to the composting because it produces both energy resources (biogas, which can be purified to biomethane and also converted into electrical and thermal energy) and biofertilizers (digestate). The experience of individual European countries in the energy use of the organic fraction of municipal solid waste (hereinafter referred to as MSW) is presented. It is substantiated that the use of waste of various origins (households, enterprises, municipal wastewater, etc.) for the production of biogas is actively developing in European countries; both the number of manufacturing enterprises and their production capacities are*

growing. A trend towards an increase in the production of biomethane – purified biogas, which has a wider application than biogas – has been noted. The production of biomethane and biogas in relation to the total gas consumption in the sixteen largest European countries is analyzed, the largest percentage of substitution as of 2021 is noted in Denmark – 5% of natural gas was replaced by biogas, 19% – by biomethane. It has been confirmed that European countries are intensifying the production of energy carriers from waste in order to reduce dependence on buying natural gas from Russia. An increase in energy independence on Russian energy resources is expected to accelerate as a reaction to hostilities in Ukraine.

**Key words:** waste, organic waste, waste management, composting, anaerobic digestion, biogas, biomethane, digestate.

**Tabl.: 3. Fig.: 4. Ref.: 19.**

**Постановка проблеми.** Надмірне утворення відходів і неефективне управління ними стали одними з найактуальніших проблем сучасного світу. В умовах глобальної зростаючої популяції людей та економічного розвитку важливо знайти стійкі й екологічно збалансовані способи поводження з відходами, які б не лише забезпечували охорону навколишнього середовища, а й сприяли розвитку «зеленої» економіки, а також зменшенню негативного впливу на здоров'я людей.

Європейський Союз є прикладом об'єднання, яке приділяє велику увагу питанням поводження з відходами й впровадженню сталих практик у цьому напрямку. Європейська економіка замкнутого типу (циркулярна економіка) і політика поводження з відходами все більше розглядають біовідходи як один із кількох ключових потоків відходів, що мають значний потенціал вторинного використання, в тому числі як енергоносії.

Основний документ ЄС у сфері управління відходами – Директива Європейського Парламенту й Ради 2008/98/ЄС про відходи, а також про скасування деяких директив. Цією директивою передбачена така пріоритетність поводження з відходами:

1. Запобігання утворенню відходів.
2. Підготовка до повторного використання.
3. Перероблення.
4. Інший тип утилізації, наприклад, для відновлення енергії.
5. Видалення [1].

Такої пріоритетності у менеджменті відходів доцільно дотримуватися і в Україні, якщо ми хочемо стати частиною європейського співтовариства. В умовах воєнного стану і активних бойових дій на значній території України у зв'язку з російською агресією питання ефективного поводження з відходами актуалізується. Європейський досвід у цьому питанні може бути надзвичайно корисним для імплементації у практику поводження з відходами з урахуванням українських особливостей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Ефективне поводження з відходами й можливості їх використання як енергоносіїв є предметом досліджень багатьох вітчизняних і закордонних науковців. Так, С. Манфреді й інші вчені досліджували підвищення стійкості й циркулярності європейського управління харчовими відходами [2]. І. Гончарук аналізувала потенціал відходів тваринництва для використання в енергетичних цілях [3]. Н. Пришляк,

Я. Паламаренко досліджували організаційно-економічний механізм формування та реалізації стратегії поводження з відходами аграрних підприємств, приділивши особливу увагу можливості їх енергетичного використання [4]. Оцінці потенціалу виробництва біогазу з відходів домогосподарств присвячено працю Г. Калетніка, Н. Здирко й В. Фабіянської [5]. Авторами численних праць з цієї тематики є також С. Березюк, Г. Гелетуха, Т. Ємчик, І. Семчук й ін.

Подальших досліджень потребує аналіз європейського досвіду поводження з відходами з огляду на те, що європейські країни є лідерами у біоенергетичному рециклінгу й корисному використанні потенціалу відходів. Їх досвід може бути надзвичайно корисним у сучасних умовах надмірного утворення відходів і дефіциту енергетичних ресурсів у зв'язку з повномасштабним вторгненням росії в Україну.

**Формулювання цілей статті.** Мета дослідження полягає в огляді сучасного стану поводження з відходами у країнах ЄС із акцентом на їх енергетичне використання (виробництво біогазу й біометану) з метою впровадження кращих практик в Україні.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** За статистичними даними щороку в ЄС утворюється 2,2 мільярда тонн відходів [6]. Для порівняння – в Україні обсяги утворення відходів складають біля 0,5 мільярда тонн (2019 р. – 0,44 млрд т, 2020 р. – 0,46 млрд т) [17]. На перший погляд, загальний обсяг відходів у країнах ЄС може здатися надзвичайно великим, проте ця цифра стає менш загрозливою, коли розглянути рівень вторинного сировинного матеріалу, який було відновлено через переробку й утилізацію (табл. 1).

Таблиця 1

### Напрями поводження з основними видами відходів у країнах ЄС й інших країнах

Види відходів	Поводження з відходами
Відходи пластику	У 2020 році в ЄС27+3 було зібрано 29,5 мільйонів тонн пластикових відходів після споживання. Рівень переробки пластикових відходів у 13 разів вищий, якщо їх збирають окремо, порівняно зі схемами збору змішаних відходів. У 2020 році 35 % відходів пластику було перероблено, 42 % – використано для отримання енергії, 23 % – захоронено.
Папір	Папір загалом має один із найвищих показників переробки. У Європі СЕРІ (Конфедерація європейської паперової промисловості) у Брюсселі оцінила рівень переробки паперу в 71,4 % 2022 року (на два відсотки менше, ніж у 2021 році), тоді як, наприклад, у США у 2021 році рівень переробки паперу становив 68 %. Проте ЄС має ціль у 85 % до 2030 року, а виробники та переробники паперу налаштовані оптимістично, обіцяючи перевищити цей ліміт і досягти рівня переробки 90 % протягом наступних 7 років.
Алюмінієві відходи	ЄС має найвищий рівень ефективності переробки (RER) у світі, відновлюючи 81 % алюмінієвого брухту, потенційно наявного у регіоні. Італія є хорошим прикладом, коли мова заходить про переробку алюмінію з упаковки, з показником 67,5 % від загального виробництва алюмінію. Очікується, що з 2021 до 2030 року ринок зросте на 8,16 % у середньому, тобто Європа буде виробляти менше первинного металу та менше забруднювати довкілля.
Харчові відходи	Є гарним ресурсом для виробництва біогазу й біометану, і це ринок, який продовжує розширюватися в Європі, де є близько 20 000 заводів, які постачають значну частину енергії, а Німеччина, Франція, Італія та країни Північної Європи лідирують у цьому шляху. Окрім зменшення залежності Європи від природного газу, ринок також забезпечить швидший перехід до економіки замкнутого циклу, а також принесе користь навколишньому середовищу.

Джерело: сформовано авторами на основі [7; 8]

Особливу увагу ЄС приділяє також боротьбі з незаконними сміттєзвалищами й неправомірним захороненням відходів. У 2021 році спостерігався позитивний тренд у зменшенні незаконних захоронень і неправомірного оброблення відходів. Це важливий аспект для забезпечення чистоти навколишнього середовища, попередження забруднення ґрунту й водою. Загалом кількість відходів і спосіб поводження з ними значно відрізняються у країнах ЄС, але спостерігається тренд до більшої переробки й меншого захоронення. Щоб зменшити обсяг відходів і їх вплив на навколишнє середовище, ЄС прийняв амбітні цілі щодо переробки й захоронення на звалищах, а також працює над законодавством щодо відходів упаковки. Мета полягає у тому, щоб сприяти переходу до більш стійкої моделі, відомої як циркулярна економіка.

Європейський парламент пропонує наступне визначення: циркулярна економіка – модель виробництва й споживання, яка передбачає повторне використання, ремонт, відновлення та переробку існуючих матеріалів і продуктів, щоб зберегти матеріали в економіці, де це можливо. Циркулярна економіка передбачає, що відходи самі стають ресурсом, таким чином мінімізуючи фактичну кількість відходів. Загалом вона протиставляється традиційній лінійній економічній моделі, яка базується на моделі «бери-зроби-споживай-викинь» [9].

Більше чверті відходів ЄС (27 %) – це ТПВ, які переважно утворюються домогосподарствами, які збирають й обробляють муніципалітети. Органічна фракція займає вагому частину муніципальних відходів. Для забезпечення сталого менеджменту органічних відходів необхідне їх відокремлення від інших відходів. Система збору відходів й ефективне поводження з ними має враховувати специфіку окремих європейських територій, а її успішне впровадження потребує стратегічного планування. П'ять найкращих європейських моделей збору харчових відходів від домогосподарств представлено у табл. 2.

Аналіз проведених досліджень системи управління відходами з різною схемою збору органічних речовин показав, що модель збору харчових відходів «від дверей до дверей» дозволяє отримати найякісніший компост, залучити до збору максимальну кількість жителів, а тому є найбільш ефективною [11, с. 13].

В Україні наразі практикують переважно модель збору побутових відходів, розділених на два потоки «мокрый / сухий», але і таке сортування населення досить часто проводить недобросовісно, що ускладнює подальший рециклінг. За прикладом країн ЄС вважаємо, що модель сортування і збору «від дверей до дверей» в українських реаліях може бути найбільш успішною і дозволить більш якісно сортувати відходи для отримання у подальшому з них корисних матеріалів.

Найпоширенішими методами обробки окремо зібраних біовідходів, відповідно до принципів циркулярної економіки, є компостування та анаеробне зброджування (з отриманням біогазу) [12, с. 131].

**П'ятірка найкращих європейських моделей збору харчових відходів,  
що продукуються населенням**

№ з/п	Модель	Поширення моделі та її характеристика
1	Харчові відходи компостуються безпосередньо на території їх утворення: місцеві жителі складають харчові відходи у загальний компостер	Цей спосіб забезпечує вигоду для клімату, оскільки компост виготовляється з місцевої «сировини» і застосовується на місці у громадських садах і присадибних ділянках, що збільшує родючість ґрунтів і скорочує викиди парникових газів, пов'язаних із транспортом.
2	Збирання «від дверей до дверей», яке вимагає ретельного ставлення до збору та сортування сміття	У різних країнах і навіть регіонах однієї країни правила сортування можуть відрізнятися. Наприклад, у деяких районах Великобританії органічні відходи потрібно складати у спеціальний біорозкладний мішок, а власники приватних будинків повинні мати окремий бак для садового сміття.
3	Відкритий контейнер на вулиці, доступний тільки власникам	У деяких графствах Великобританії у кожного домовласника є свої баки для сміття, у які вбудовані спеціальні чіпи, що зчитують інформацію про сміття і його власника. Потім мінікомп'ютери вносять у базу даних інформацію про те, кому належить контейнер і де він знаходиться. Ця інформація дуже важлива, оскільки у Великобританії штрафують не лише за те, що відходи відсортовані неправильно, але й за їх вагу, а також місцезнаходження бака.
4	Збір побутових відходів, розділених на два потоки «мокрый / сухий», де відокремлюються органічні й неорганічні відходи	Одним зі зразкових прикладів функціонування такої моделі є Берлін. У системі роздільного збору сміття бере участь 1,4 млн берлінських домогосподарств – 83 % із загальної кількості. Люди сортують сміття добровільно, вони керуються екологічною свідомістю.
5	Відкритий контейнер	Навіть якщо органічні відходи розділені, існує багато неправильних залишків, і виходить компост дуже низької якості.

*Джерело: сформовано авторами на основі [10, с. 103-104]*

Компостування – це процес розкладу органічних матеріалів, таких як харчові відходи, листя, трава й інші рослинні рештки, з метою отримання компосту – ґрунтоподібного матеріалу, що використовується як природне добриво для рослин. Компостування відбувається за умов доступу повітря (аеробні умови), коли мікроорганізми розкладають органічні матеріали на більш прості речовини, такі як: вуглекислий газ, вода, органічні сполуки. Цей процес може бути організованим у спеціальних компостерах або на відкритому ґрунті. Компост допомагає покращити структуру ґрунту, зберегти вологу й забезпечити рослини необхідними поживними речовинами.

Анаеробне зброджування – це процес розкладу органічних матеріалів без доступу повітря (відсутність або обмеженість кисню). Цей процес відбувається за участю анаеробних мікроорганізмів, які розкладають органічні рештки у більш прості речовини, такі як: метан, вуглекислий газ, інші гази. Продуктом анаеробного зброджування є також дигестат, що використовується як поліпшувач ґрунту. Основною характеристикою анаеробного зброджування є вироблення метану, який може бути використаний як джерело енергії (біопаливо), або може виділятися в атмосферу як потенційний парниковий газ. Саме завдяки цій особливості анаеробне зброджування вважається одним із найефективніших способів обробки органічних відходів. Багато європейських країн розвивають цей напрям і стимулюють на законодавчому рівні енергетичне використання органічної фракції ТПВ (табл. 3).

### Досвід окремих європейських країн в енергетичному використанні органічної фракції ТПВ

Країна	Практичний досвід
Болгарія	Національний план поводження з відходами на 2014-2020 роки й Постанова про роздільне збирання та поводження з біовідходами у Болгарії, прийнята на початку 2017 року, встановлюють ціль до кінця 2022 року: не менше 50 % кількості побутових біовідходів, що утворилися у 2014 році, збиратиметься окремо (75 % до кінця 2025 року). Постанова вимагає окремого збору й компостування біорозкладних відходів, які виникають у парках, садах й інших громадських зонах, а кількість біовідходів, що вивозяться на сміттєзвалища, не повинна перевищувати 109 кг на душу населення до 2022 року. Податок на сміттєзвалище планується поступово підвищувати до 48,6 євро на тону відходів до 2022 року. Існує система стимулів для муніципалітетів, пов'язана з цим податком: ті, хто досягає своєї мети щодо переробки, не повинні платити податок на звалища. Це має стимулювати ринок, якщо цей захід буде введено. На національному рівні планується будівництво установок компостування та анаеробного зброджування з отриманням біогазу загальною річною потужністю 654 тис. тонн.
Бельгія	В анаеробних установках компостується більше 23 % ТПВ. Компостування переважно здійснюється у невеликих установках потужністю 20000-65000 тонн на рік. Більшість установок аеробного компостування також розраховані на отримання біогазу, який використовується для вироблення електроенергії.
Великобританія	За оцінками британського уряду, в середньому завод з перетворення харчових відходів виробляє енергії у розмірі 200 кВт-год із однієї тонни сміття. У Великобританії цю технологію застосовують кілька сотень заводів. Вони здатні забезпечувати енергією понад півмільйона будинків. Деякі сміттєвози у містах Великобританії також працюють на електриці, отриманій завдяки сміттю. У рамках програми зі зменшення площі звалищ, розташованих у приміських зонах, уряд Лондона уклав договір з авіакомпанією British Airways. Британський авіаперевізник British Airways буде заправляти частину своїх літаків, що літають у США, біопаливом. Сировиною для біопалива стануть такі відходи, як підгузники, пластикові контейнери для їжі й обгортки від шоколадок.

*Джерело: сформовано авторами на основі [10, с. 105; 13]*

Щоб замкнути коло рециклінгу біовідходів, компост і дигестат від біогазових установок мають бути високої якості, щоб можна було використовувати їх як поліпшувач ґрунту та / або добриво. Для створення ринку органічних добрив і поліпшувачів ґрунту дуже важливим є управління якістю процесу й кінцевих продуктів, оскільки це може створити довіру до результатів. Розділення біовідходів у джерелі є основною умовою досягнення високоякісних результатів.

Станом на 2020 р. 24 європейські країни вже мали або розробляли національні стандарти якості компосту. З них 12 країн розробили системи управління якістю компосту й гарантії, створивши доступ до ринків із вищою доданою вартістю, таких як компост для горщиків [13].

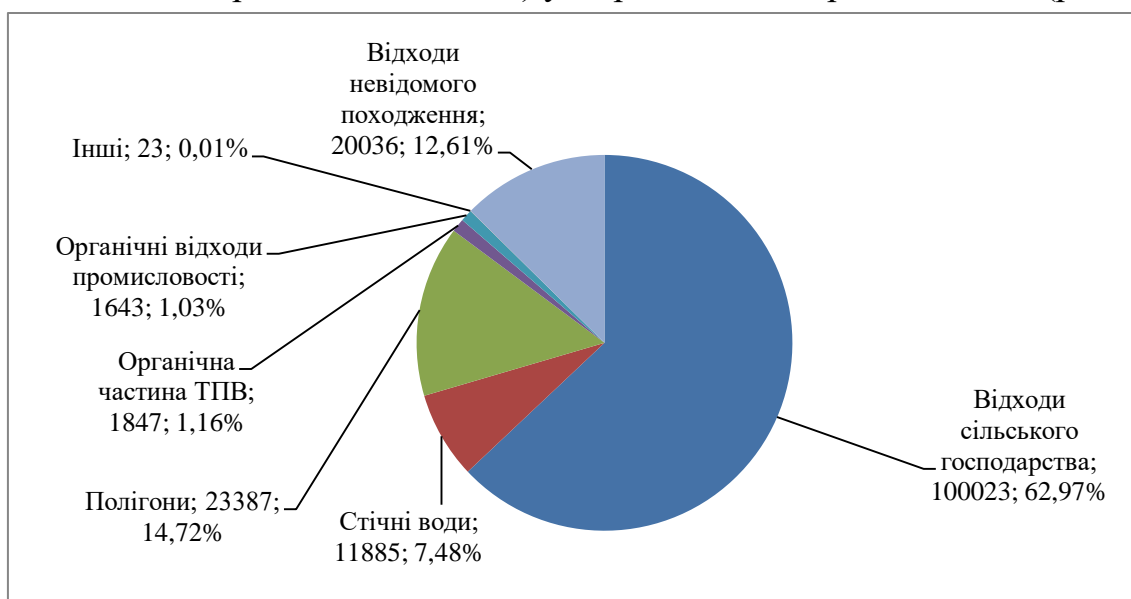
Внесення дигестату в ґрунти Європи, а особливо у ґрунти з низьким вмістом органічних речовин – покращує здатність ґрунту втримувати воду й поживні речовини, накопичувати вуглець, а також підвищує його родючість. Використання високоякісного компосту або дигестату для заміни мінеральних азотних, фосфорних і калійних добрив зменшує вплив на навколишнє середовище у результаті уникнення виробництва первинних мінеральних добрив.

За оцінками, 134000 тонн азоту й 44000 тонн фосфатів наразі втрачаються через біовідходи, які утилізуються у змішаних міських відходах у Європі [13].

Усе більше споживчих товарів, в основному певні поліетиленові пакети, а також деякі інші продукти, позначаються як «придатні для компостування» або «біорозкладні». Стратегії використання компостованих мішків для збору біовідходів відрізняються у Європі. У деяких країнах і муніципалітетах, вони використовуються як засіб для полегшення збору й зменшення забруднення звичайним пластиком, тоді як їх використання не прийняте в інших. Їх біодеградація залежить від таких умов, як наявність вологи й кисню, тому їх використання потребує ретельного розгляду й узгодження з очисною інфраструктурою. Наприклад, такий пластик зазвичай не розкладається під час анаеробного зброджування. Крім того, продукти, придатні для промислового компостування, не обов'язково біологічно розкладаються у природі чи у домашніх компостних баках. Розробка чіткого й послідовного маркування та інструкцій щодо використання і утилізації біорозкладаного / компостуючого пластику надзвичайно важлива. Сьогодні з'являються нові можливості для перетворення біовідходів у цінні біопродукти й біопалива, зосереджуючись на чітко визначених потоках біовідходів харчової промисловості й сільського господарства. Чимало науковців досліджують численні проблеми, які необхідно вирішити у цій сфері. Оскільки між лабораторними дослідженнями і їх передачею у комерційне застосування у промислових масштабах часто існує розрив, покращення охоплення та застосування результатів досліджень потребує співпраці між дослідниками, промисловістю і урядами.

Як правило, європейські країни не обирають виключно один шлях обробки біовідходів. Замість цього вони вибирають комбінацію методів, оскільки це дає їм змогу використовувати різні види біовідходів із різних джерел [12].

Загалом виробництво біогазу з органічних відходів різного походження (біовідходів, що продукуються населенням (органічна фракція ТПВ), відходів сільського господарства, стічних вод) у Європі активно розвивається (рис. 1).



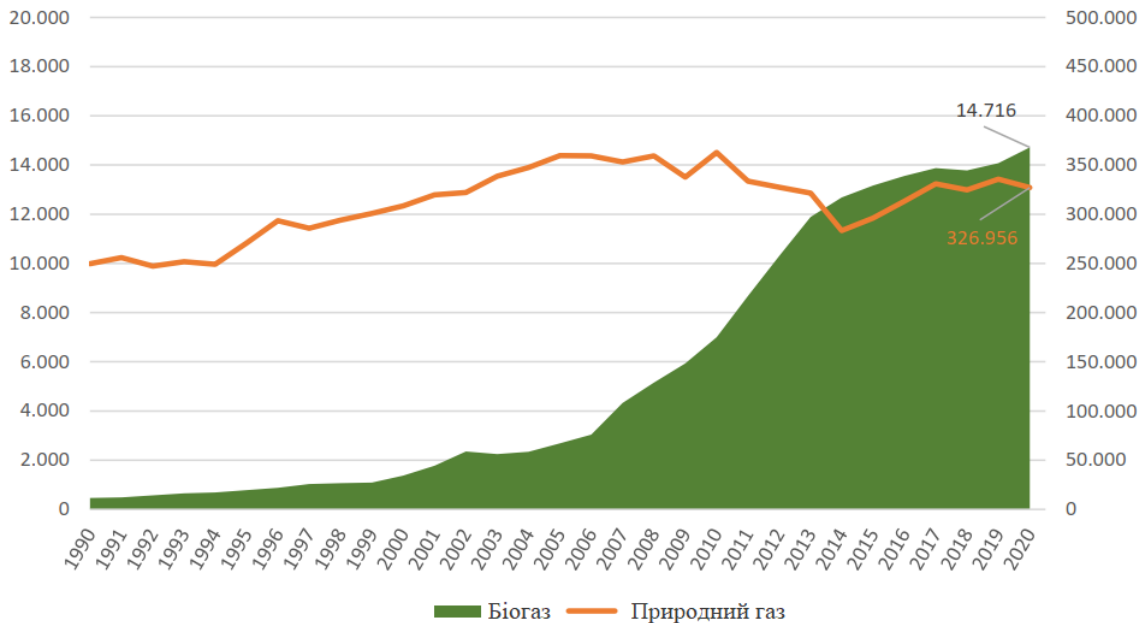
**Рис. 1. Виробництво біогазу з органічних відходів різного походження у Європі (ГВт/%), 2020 р.**

Джерело: [14]



У 2020 році валове внутрішнє енергоспоживання біогазу у ЄС-27 досягло 14,716 тис. т н.е., що є значним збільшенням порівняно з 1,376 тис. т н.е. у 2000 р. [14]. Внесок утилізації звалищного газу у виробництво біогазу був майже постійним протягом останнього десятиліття, і основний внесок у зростання надійшов від установок анаеробного збродження.

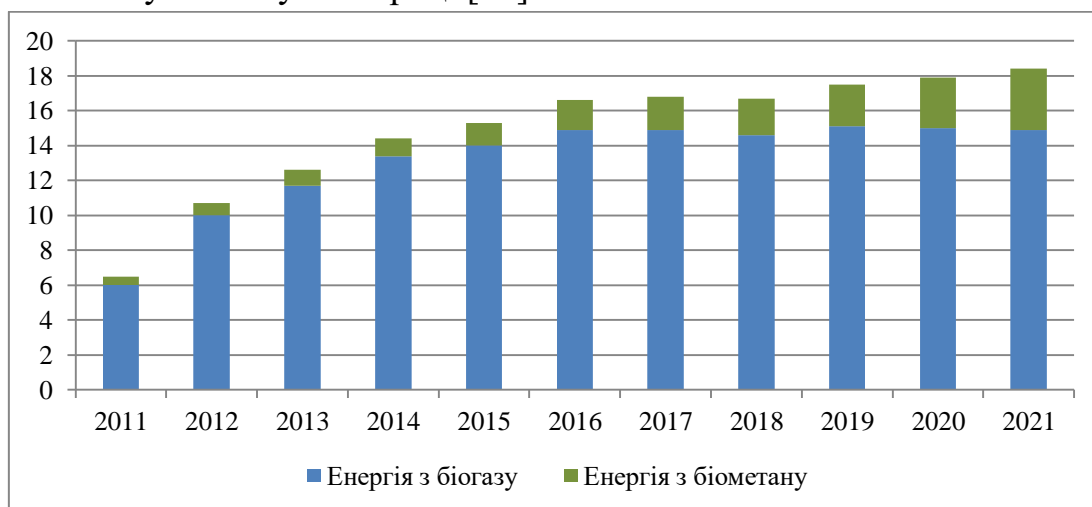
У 2020 році біогаз забезпечив 4,5 % загального внутрішнього валового енергоспоживання газу для ЄС-27 і становив 10,5 % споживання біоенергії у ЄС-27 (рис. 2) [14].



**Рис. 2. Еволюція валового внутрішнього енергоспоживання біогазу (ліва вісь) і природного газу (права вісь) у ЄС-27, у 1990-2020 рр., тис. т н.е.**

Джерело: [14]

Сукупне виробництво біогазу й біометану у 2021 році склало 196 ТВт-год або 18,4 млрд кубометрів енергії (рис. 3). Це еквівалентно загальному споживанню природного газу Бельгією та становить 4,5 % споживання газу в Європейському Союзі у 2021 році [15].



**Рис. 3. Комбіноване виробництво біометану й біогазу в Європі, 2011-2021 рр., млрд куб. м**

Джерело: [15]

У той час як у європейських країнах промислове виробництво біогазу періодично переживало стагнацію протягом останнього десятиліття, виробництво біометану продовжувало зростати. У 2020 році виробництво біометану в Європі становило 31 ТВт-год або 2,9 млрд кубометрів; цей показник зріс до 37 ТВт-год або 3,5 млрд кубометрів у 2021 році, що становить збільшення на 20 %.

Виробництво біометану й біогазу відносно загального споживання газу в 2021 році у шістнадцяти найбільших європейських країнах представлено на рис. 4.

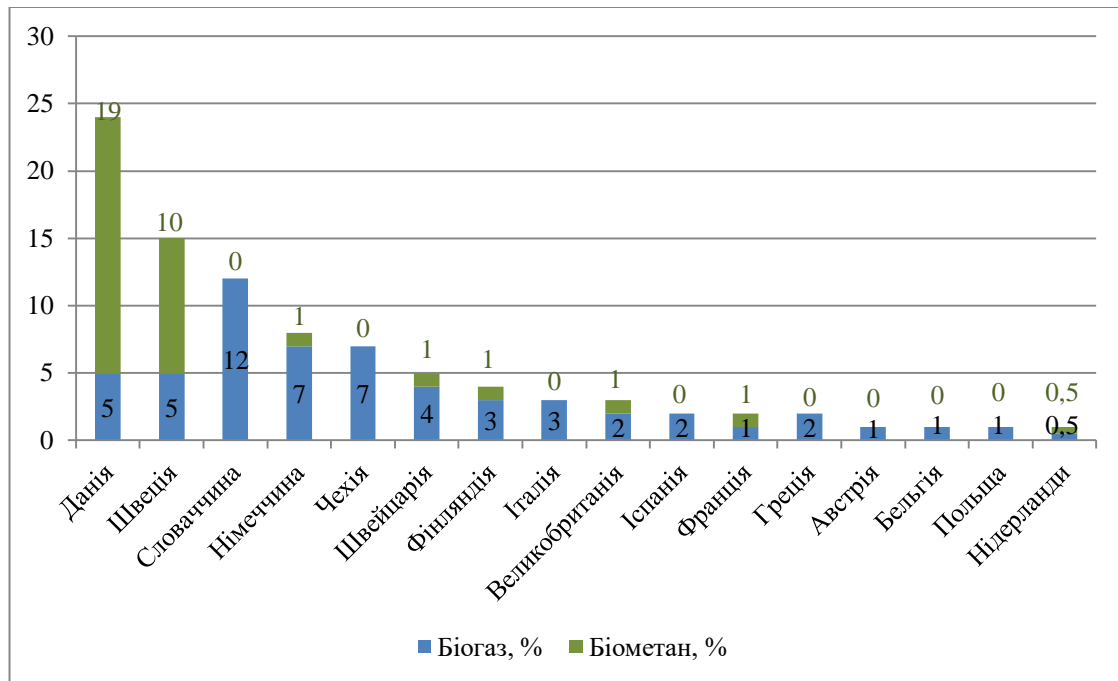


Рис. 4. Виробництво біометану й біогазу відносно загального споживання газу в 16 найбільших європейських країнах, 2021 р., %

Джерело: [15]

Так, у Данії 5 % загального споживання газу покривається за рахунок біогазу, 19 % – за рахунок метану, у Швеції – 5 % і 10 % відповідно.

Згідно з даними Європейської Біогазової Асоціації (далі – ЄБА), до 2050 року від 30 % до 40 % загального споживання газу в Європі може становити біометан. До 2050 року виробництво може зрости як мінімум у п'ять разів і перевищити 1000 ТВт-год, а за деякими оцінками – до 1700 ТВт-год [14].

В Україні на кінець 2021 року були побудовані й мали досвід експлуатації принаймні 77 біогазових підприємств, з них 31 – системи збирання та утилізації біогазу на полігонах ТПВ, решта – класичні біогазові установки, що працюють на сільськогосподарських і промислових відходах. Загалом протягом 2021 року було отримано близько 260 млн м<sup>3</sup> біогазу. Майже весь біогаз був використаний для виробництва електроенергії. Станом на серпень 2022 року виробництво біометану було відсутнім [18].

Проте, наша держава робить кроки для розвитку виробництва біометану, що наблизить нас до кращих європейських практик.

Зокрема, на законодавчому рівні у 2022 році в Україні:

- Уряд затвердив Порядок функціонування реєстру біометану;
- розпочалася розробка й запровадження реєстру гарантій походження біометану;
- Національна комісія з регулювання енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) внесла зміни до Кодексу газотранспортної системи й Кодексу газорозподільних систем, що дозволяє постачати біометан у мережі. Для цього збільшено молярну частку вмісту кисню у природному газі [19].

Одним із наслідків війни росії проти України стало різке зростання цін на енергію, зокрема, на природний газ у Європі. Після того, як росія почала використовувати енергію як зброю, ЄС оголосив курс на поступове позбавлення залежності від російських викопних ресурсів і почав диверсифікацію шляхів постачання газу [16], а також активніше стимулювати рециклінг відходів на виробництво біогазу й біометану. Очікується, що європейські країни прискорять досягнення поставлених цілей для зменшення енергетичної залежності від імпорту природного газу.

Протягом останнього десятиліття біогаз відігравав дуже важливу роль у забезпеченні оперативного джерела тепла й електроенергії, і очікується, що він продовжуватиме відігравати важливу роль у наступні роки. Однак останні статистичні дані ЄБА висвітлюють досить цікаву нову тенденцію. Дійсно, заводи з виробництва газу з біомаси, як правило, зосереджуються на виробництві біометану, а не біогазу, і очікується, що ця тенденція посилиться найближчим десятиліттям, оскільки біометан є універсальним енергоносієм, підходить для низки секторів економіки, включаючи транспорт, промисловість, енергетику й теплопостачання.

Важливо також відзначити, що збільшення виробництва біометану, як правило, відбувається за рахунок зростання продукування біогазу, оскільки біометан є більш очищеним біогазовим продуктом. Враховуючи можливість використання біометану в усій існуючій інфраструктурі викопного газу (що не стосується біогазу), ця тенденція також, ймовірно, посилиться у найближчі роки.

**Висновки.** Країни ЄС активно рухається 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.

Вагомим внеском у реалізацію принципів циркулярної економіки у країнах ЄС може бути використання органічної фракції відходів для отримання як відновлюваної енергії (біогазу) завдяки анаеробному зброджуванню, так і добрив (дигестату).

Аналіз європейського досвіду поводження з органічним відходами

показав, що їх використання як сировини для виробництва біогазу є досить популярним. Біогаз є заміником природного газу, а його споживання зменшує енергетичну залежність європейських країн.

Сьогодні як ніколи надмірна залежність Європейського Союзу від зовнішнього постачання енергії з росії перешкоджає енергетичній безпеці Європи. ЄС сповнений рішучості зменшити купівлю та використання (споживання) російського газу, одночасно продовжуючи зусилля щодо пом'якшення наслідків зміни клімату за допомогою прискорення виробництва й використання відновлюваної енергії. Сектор біоенергетики уже постачає 18,4 млрд кубометрів відновлюваного газу (біогаз, біометан) до Європи. До 2050 року він може забезпечити до 167 млрд кубометрів, покриваючи 35-62 % попиту на газ у 2050 році.

### Список використаних джерел

1. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098> (дата звернення: 05.03.2023).

2. Improving sustainability and circularity of European food waste management with a life cycle approach / Manfredi S. et al. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2015. 356 p.

3. Honcharuk I. Use of Wastes of the Livestock Industry as a Possibility for Increasing the Efficiency of AIC and Replenishing the Energy Balance. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*. 2020. Vol. 9, № 1. P. 9-14. DOI: <https://doi.org/10.2478/vjbsd-2020-0002>

4. Пришляк Н.В., Токарчук Д.М., Паламаренко Я.В. Передумови та організаційно-економічний механізм формування та реалізації стратегії поводження з відходами аграрних підприємств. *Економіка та держава*. 2021. № 3. С. 104-117. DOI: 10.32702/2306-6806.2021.3.104

5. Калетнік Г.М., Здирко Н.Г., Фабіянська В.Ю. Біогаз в домогосподарствах – запорука енергонезалежності сільських територій. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2018. № 8 (36). С. 7-22.

6. Waste management in the EU: infographic with facts and figures. 2023. URL: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180328STO00751/waste-management-in-the-eu-infographic-with-facts-and-figures> (дата звернення: 05.03.2023).

7. The waste recycling and management market in 2022. URL: <https://ecostar.eu.com/waste-recycling-management-industry-how-well-did-2022-go/> (дата звернення: 10.03.2023).

8. Plastics – the Facts 2022. URL: [https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/10/PE-PLASTICS-THE-FACTS\\_V7-Tue\\_19-10-1.pdf](https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/10/PE-PLASTICS-THE-FACTS_V7-Tue_19-10-1.pdf) (дата звернення: 10.03.2023).

9. Circular economy European Parliamentary Research Service. URL: <https://www.europarl.europa.eu/thinktank/infographics/circulareconomy/public/index>

.html (дата звернення: 05.03.2023).

10. Мельник О.С. Переробка та утилізація побутових відходів: європейські практики для України. URL: <https://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/8058/1/%D0%9C%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BA.pdf> (дата звернення: 05.03.2023).

11. Войціховська А., Кравченко О., Мелень-Забрамна О., Панькевич М. Кращі європейські практики управління відходами: посібник. Львів: Видавництво «Компанія «Манускрипт»», 2019. 64 с.

12. Токарчук Д.М. Європейський досвід ефективного використання біовідходів. *Екологічно дружні технологічні рішення для місцевих громад щодо поводження з відходами: збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології»*, м. Київ, 23-24 листопада 2021 р. К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2021. С. 129-134.

13. Bio-waste in Europe – turning challenges into opportunities. EEA Report. 2020. № 04. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/bio-waste-in-europe> (дата звернення: 10.03.2023).

14. Calderón C., Geelen J., Jossart J.-M., Decorte M. Report Biogas. Bioenergy Europe Statistical Report, 2022. URL: [https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2022/07/SR22\\_Biogas\\_Fullversion.pdf](https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2022/07/SR22_Biogas_Fullversion.pdf) (дата звернення: 05.03.2023).

15. EBA Statistical Report 2022. European Biogas Association, 2023. URL: <https://www.europeanbiogas.eu/SR-2022/EBA/> (дата звернення: 05.03.2023).

16. Ціни на газ у Європі впали до 16-місячного мінімуму. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3653551-cini-na-gaz-u-evropi-vpali-do-16misacnogo-minimumu.html> (дата звернення: 05.03.2023).

17. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 06.03.2023).

18. Гелетуха Г., Кучерук П., Матвеев Ю. Перспективи виробництва біометану в Україні. *Аналітична записка БАУ*. 2022. № 29. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2022/09/UA-Position-paper-UABIO-29.pdf> (дата звернення: 05.03.2023).

19. В Україні за рік створили умови для розвитку виробництва біометану – Держенергоефективності. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/v-ukraini-za-rik-stvorili-umovi-dlya-rozvitku-virobnictva-biometanu/> (дата звернення: 05.03.2023).

### References

1. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. *eur-lex.europa.eu*. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098> [in English].

2. Manfredi, S., Cristobal Garcia, J., Torres De Matos, C., Giavini, M., Vasta, A., Sala, S., et al (2015). *Improving sustainability and circularity of European food waste management with a life cycle approach*. Publications Office of the

European Union, Luxembourg [in English].

3. Honcharuk, I. (2020). Use of Wastes of the Livestock Industry as a Possibility for Increasing the Efficiency of AIC and Replenishing the Energy Balance. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, 9 (1), 9-14. DOI: <https://doi.org/10.2478/vjbsd-2020-0002> [in English].

4. Pryshliak, N.V., Tokarchuk, D.M., & Palamarenko, Ya.V. (2021). Peredumovy ta orhanizatsiino-ekonomichniy mekhanizm formuvannia ta realizatsii stratehii povodzhennia z vidkhodamy ahrarnykh pidpriemstv [Prerequisites and organizational and economic mechanism of formation and implementation of waste management strategy of agricultural enterprises]. *Ekonomika ta derzhava – Economy and the state*, 3, 104-117. DOI: 10.32702/2306-6806.2021.3.104 [in Ukrainian].

5. Kaletnik, H.M., Zdyrko, N.H., & Fabiianska, V.Yu. (2018). Biohaz v domohospodarstvakh – zaporuka enerhonezalezhnosti silskykh terytorii [Biogas in households is the key to energy independence of rural areas]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economy, finances, management: topical issues of science and practical activity*, 8 (36), 7-22 [in Ukrainian].

6. Waste management in the EU: infographic with facts and figures. 2023. *europarl.europa.eu*. Retrieved from: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180328STO00751/waste-management-in-the-eu-infographic-with-facts-and-figures> [in English].

7. The waste recycling and management market in 2022. *ecostar.eu.com*. Retrieved from: <https://ecostar.eu.com/waste-recycling-management-industry-how-well-did-2022-go/> [in English].

8. Plastics – the Facts 2022. *plasticseurope.org*. Retrieved from: [https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/10/PE-PLASTICS-THE-FACTS\\_V7-Tue\\_19-10-1.pdf](https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/10/PE-PLASTICS-THE-FACTS_V7-Tue_19-10-1.pdf) [in English].

9. Circular economy European Parliamentary Research Service. *europarl.europa.eu*. Retrieved from: <https://www.europarl.europa.eu/thinktank/infographics/circulareconomy/public/index.html> [in English].

10. Melnyk, O. S. (2020). Pererobka ta utylizatsiia pobutovykh vidkhodiv: yevropeyski praktyky dlia Ukrainy [Processing and disposal of household waste: European practices for Ukraine]. *repo.snau.edu.ua*. Retrieved from: <https://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/8058/1/%D0%9C%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%BA.pdf> [in Ukrainian].

11. Voitsikhovska, A., Kravchenko, O., Melen-Zabramna, O., & Pankevych, M. (2019). *Krashchi yevropeyski praktyky upravlinnia vidkhodamy [Best European waste management practices]*. Lviv: Vydavnytstvo «Kompaniia «Manuskrypt»» [in Ukrainian].

12. Tokarchuk, D.M. (2021). Yevropeyskyi dosvid efektyvnoho vykorystannia biovidkhodiv [European experience of effective use of bio-waste]. *Ekolohichno druzhni tekhnolohichni rishennia dlia mistsevykh hromad shchodo povodzhennia z vidkhodamy – Environmentally friendly technological solutions for local communities in waste management: Proceedings of the National Forum «Waste Management in*

Ukraine: Legislation, Economy, Technologies» (pp. 129-134). Kyiv: Tsentr ekolohichnoi osvity ta informatsii [in Ukrainian].

13. Bio-waste in Europe – turning challenges into opportunities (2020). EEA Report, 04. Retrieved from: <https://www.eea.europa.eu/publications/bio-waste-in-europe> [in English].

14. Calderón, C., Geelen, J., Jossart, J.-M., & Decorte, M. (2022). Report Biogas. Bioenergy Europe Statistical Report. Retrieved from: [https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2022/07/SR22\\_Biogas\\_Fullversion.pdf](https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2022/07/SR22_Biogas_Fullversion.pdf) [in English].

15. EBA Statistical Report 2022. European Biogas Association (2023). *europeanbiogas.eu*. Retrieved from: <https://www.europeanbiogas.eu/SR-2022/EBA/> [in English].

16. Tsiny na haz u Yevropi vpaly do 16-misiachnoho minimum [Gas prices in Europe fell to a 16-month low]. *ukrinform.ua*. Retrieved from: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3653551-cini-na-gaz-u-evropi-vpali-do-16misacnogo-minimumu.html> [in English].

17. Ofitsiinyi sait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy [Official website of the State Statistics Service of Ukraine]. *ukrstat.gov.ua*. Retrieved from: <https://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].

18. Heletukha, H., Kucheruk, P., & Matvieiev, Yu. (2022). Perspektyvy vyrobnytstva biometanu v Ukraini [Prospects of biomethane production in Ukraine]. *Analychna zapyska BAU – Analytical note of BAU*, 29. Retrieved from: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2022/09/UA-Position-paper-UABIO-29.pdf> [in Ukrainian].

19. V Ukraini za rik stvoryly umovy dlia rozvytku vyrobnytstva biometanu – Derzhenerhoefektyvnosti [In Ukraine, the conditions for the development of biomethane production were created during the year – the State Energy Efficiency Agency]. *ecopolitic.com.ua*. Retrieved from: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/v-ukraini-za-rik-stvorili-umovi-dlya-rozvitku-virobnictva-biometanu/> [in Ukrainian].

### **Відомості про авторів**

**ТОКАРЧУК Діна Миколаївна** – кандидат економічних наук, доцент кафедри адміністративного менеджменту та альтернативних джерел енергії, Вінницький національний аграрний університет (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, e-mail: [tokarchyk\\_dina@ukr.net](mailto:tokarchyk_dina@ukr.net)).

**ТОМЛЯК Таїса Сергіївна** – доктор філософії в галузі права, доцент кафедри права, Вінницький національний аграрний університет (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, e-mail: [tomlak.taya@gmail.com](mailto:tomlak.taya@gmail.com)).

**ТОКАРЧУК Dina** – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of the Administrative Management and Alternative Energy Resources, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3, Soniachna Str., e-mail: [tokarchyk\\_dina@ukr.net](mailto:tokarchyk_dina@ukr.net)).

**ТОМЛЯК Taisa** – Doctor of Philosophy in Law (PhD), Associate Professor of the Department of Law, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3, Soniachna Str., e-mail: [tomlak.taya@gmail.com](mailto:tomlak.taya@gmail.com)).