

УДК 638.432:620.925(4-6)
DOI: 10.37128/2411-4413-2023-4-1

**ЄВРОПЕЙСЬКИЙ
ДОСВІД
ВИРОБНИЦТВА
БІОГАЗУ Й
БІОМЕТАНУ З
ВІДХОДІВ ЗА
ПРИНЦИПОМ
ЦИРКУЛЯРНОЇ
ЕКОНОМІКИ У
СІЛЬСЬКОМУ
ГОСПОДАРСТВІ**

ГОНЧАРУК І.В.,
*доктор економічних наук, професор кафедри
економіки та підприємницької діяльності,
проректор з науково-педагогічної, наукової
та інноваційної діяльності,
Вінницький національний аграрний університет
(м. Вінниця)*

У статті проаналізовано виробництво біогазу з відходів сільськогосподарської діяльності у контексті циркулярної економіки. Зазначено, що безвідходні технології виробництва біопалив можуть забезпечити до 50% усіх доходів фермерського господарства. Наведено види сировини, з якої здійснювали виробництво біогазу у країнах Європейського Союзу у 2022 році, та досліджено їхню структуру для окремих держав. Доведено, що у структурному співвідношенні видів сировини, яка використовується для виробництва біогазу в країнах ЄС, лідирують енергетичні культури й сільськогосподарські відходи.

Зображено обсяги виробництва біогазу й біометану у країнах ЄС у 2021 р. і визначено 16 країн, які є найбільшими виробниками біогазу й біометану щодо загального споживання газу серед країн Європейського Союзу. Здійснено комплексний аналіз схем підтримки й стимулювання виробництва біогазу й біометану у розрізі країн Європейського Союзу й інших європейських країн. Проаналізовано програмні документи у сфері енергетики Європейського Союзу, якими передбачено зниження споживання викопних джерел енергії, прискорене впровадження відновлюваних джерел енергії (далі – ВДЕ) задля скорочення викидів парникових газів на 55% до 2030 року й досягнення кліматичної нейтральності Європейського Союзу до 2050 року. Визначено, що у майбутньому найбільш перспективним видом біопалив буде біометан. Наведено потенціал виробництва біометану в країнах ЄС до 2030 року за технологіями виробництва. Запропоновано ряд заходів щодо політики стимулювання виробництва біометану, аби досягти зростання виробництва біометану у країнах Європейського Союзу у 2030 році – 40 млрд кубометрів, у 2050 році – 151 млрд кубометрів. Акцентовано увагу на додаткових видах сировини для виробництва екологічно чистого біометану (біомасу з маргінальних або забруднених земель і морські водорості), а також новітніх технологіях – гідротермальну газифікацію вологої сировини, зокрема органічні відходи й залишки. Запропоновано країнам ЄС включити до національних кліматичних й енергетичних планів заходи щодо стимулювання розвитку біометанової промисловості.

Ключові слова: біогаз, біометан, відходи, циркулярна економіка, сільське господарство, кліматична нейтральність.

Табл.: 1. Рис.: 7. Літ. 11.

**EUROPEAN EXPERIENCE OF BIOGAS AND BIOMETHANE
PRODUCTION FROM WASTE ACCORDING TO THE CIRCULAR
ECONOMY PRINCIPLE IN AGRICULTURE**

HONCHARUK Inna,
Doctor of Economic Sciences, Professor
of the Department of Economics and Entrepreneurship,
Vice-Rector for Scientific and Pedagogical,
Scientific and Innovative Activities,
Vinnitsia National Agrarian University
(Vinnitsia)

The article analyses the production of biogas from agricultural waste in the context of the circular economy. It is noted that waste-free biofuel production technologies can provide up to 50% of all farm incomes. The types of raw materials from which biogas production was carried out in the countries of the European Union in 2022 and their structure in different countries were investigated. It has been proven that in the structural ratio of the types of raw materials used for biogas production in the EU countries, energy crops and agricultural waste are leading.

The volumes of biogas and biomethane production in the EU countries in 2021 are depicted and 16 countries are identified, which are the largest producers of biogas and biomethane relative to the total gas consumption among the countries of the European Union. A comprehensive analysis of the support and stimulation schemes for biogas and biomethane production was carried out in the context of the European Union and other European countries. The program documents in the field of energy of the European Union, which provide the reduction of consumption of fossil energy sources, the accelerated introduction of renewable energy sources (hereafter – RES) in order to reduce greenhouse gas emissions by 55% by 2030 and the achievement of climate neutrality of the European Union by 2050, have been analyzed. It was determined that biomethane will be the most promising type of biofuel in the future. The potential of biomethane production in the EU countries until 2030 according to the production technologies is presented. A number of measures are proposed for the policy of stimulating biomethane production in order to achieve the growth in biomethane production in the countries of the European Union in 2030 – 40 billion cubic meters, in 2050 – 151 billion cubic meters. Attention is focused on additional types of raw materials for the production of ecologically clean biomethane (biomass from marginal or polluted lands and seaweed), as well as the latest technologies – hydrothermal gasification of wet raw materials, including organic waste and residues. EU countries are offered to include in their national climate and energy plans measures to stimulate the development of the biomethane industry.

Key words: biogas, biomethane, waste, circular economy, agriculture, climate neutrality.

Tabl.: 1. Fig.: 7. Ref.: 11.

Постановка проблеми. У багатьох сільських районах сільське господарство є одним з основних видів економічної діяльності, який має значний потенціал для виробництва ВДЕ з відходів рослинництва й тваринництва.

Біогаз і біометан виробляються з різних видів органічних залишків, перетворюючи відходи на цінний ресурс, що є основним принципом ефективної економіки замкненого циклу (циркулярної економіки). У сільській місцевості залишки тваринництва або біомаса від сільського господарства можуть бути перетворені на енергію, тоді як дигестат можна використовувати як органічне добриво. Це створює додаткові бізнес-моделі в аграрному секторі економіки, роблячи його більш конкурентоспроможним за витратами, і сприяє розвитку сталого землеробства.

Просування сталих й ефективних сільськогосподарських практик є важливим рушієм розвитку сільських територій, роблячи сільське господарство більш стійким і конкурентоспроможним за витратами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням дослідження економічної ефективності виробництва біогазу з відходів рослинництва й

тваринництва; забезпечення енергетичної автономізації аграрних підприємств України за рахунок виробництва й використання біопалив з агробіомаси, відходів АПК у своїх працях присвятили науковці Вінницького національного аграрного університету Я. Гонтарук [10], Т. Ємчик [11], Г. Калетнік [5, 9], Ю. Охота [5], Н. Пришляк [6, 7, 8, 9], Д. Токарчук [6, 7, 8, 9, 10, 11] й ін.

Однак, недостатньо вивченими є питання щодо внеску сільського господарства у скорочення викидів вуглекислого газу за рахунок впровадження безвідходних технологій виробництва біопалив. Також недостатньо уваги приділено вченими питанням аналізу структури й видів сировини, з якої виробляють біогаз у країнах ЄС, а також схемам підтримки й стимулювання виробництва біогазу у розрізі країн Європейського Союзу. Потребує подальшого дослідження питання використання різних видів сировини та їхньої суміші, з яких доцільно виробляти біометан, який набуває все більшої популярності у сфері біоенергетики.

Формулювання цілей статті. Метою дослідження є проведення комплексного аналізу європейського досвіду виробництва біогазу й біометану з відходів за принципом циркулярної економіки у сільському господарстві й окреслення перспектив нарощування потенціалу виробництва біометану, за допомогою залучення додаткових видів сировини для його виробництва.

Виклад основного матеріалу дослідження. Виробництво біогазу є частиною циркулярної економіки (рис. 1), оскільки у процесі здійснення сільськогосподарської діяльності продукуються відходи, які використовуються як сировина для виробництва біогазу; вироблений біогаз використовують як джерело енергії або біогаз очищають до біометану. Також під час здійснення сільськогосподарських процесів аграрні підприємства використовують вироблений біогаз і дигестат. Такі безвідходні технології виробництва біогазу забезпечують не лише енергетичну автономізацію сільськогосподарських підприємств, а й дозволяють зменшити транспортування біогазу й відходів на великі відстані, а також мають локальний вплив на економіку сільських територій. Наприклад, у Німеччині виробництво біогазу чи біометану у структурі доходів одного фермера може становити до 50 %.



Рис. 1. Ілюстрація циркулярного використання біогазу

Джерело: власна розробка автора

Поєднання сільськогосподарської діяльності з виробництвом відновлюваної енергії за допомогою біогазу має багато переваг: це допомагає фермерам ефективно управляти відходами й залишками виробництва, зменшує викиди парникових газів від сільського господарства, а також покращує якість ґрунту й біорізноманіття у сільськогосподарських угіддях.

Проаналізуємо види сировини, з якої виробляється біогаз у країнах Європейського Союзу. На основі даних Європейської Біогазової Асоціації та різних оцінок учених, на рис. 2 можна побачити, що найбільшу частку у структурі сировини для виробництва біогазу у країнах Європейського Союзу у 2021 році займають енергетичні культури – 42%, другими й третіми за чисельністю є сільськогосподарські – 24% й органічні відходи – 16%, по 8% становлять промислові відходи й осад стічних вод, а також інша сировина – 2% [2, 3].

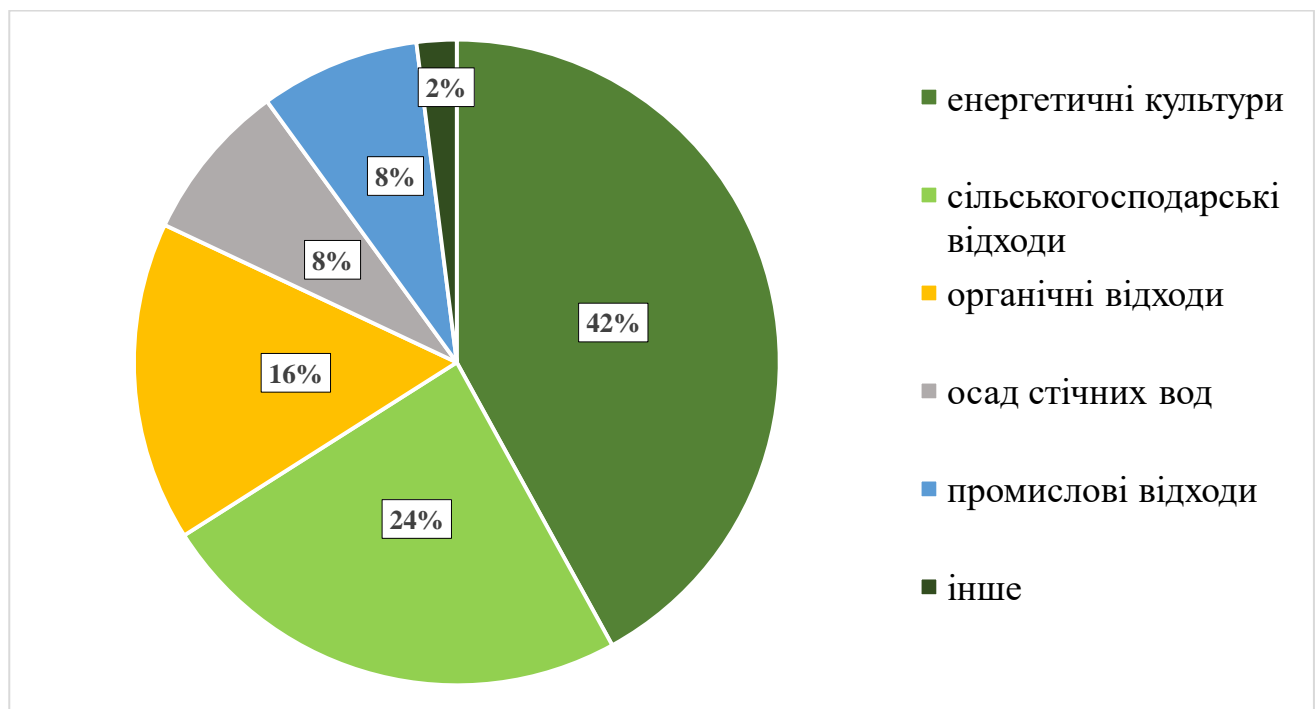


Рис. 2. Сировина, що використовувалася для виробництва біогазу в країнах ЄС у 2021 році

Джерело: [2, 3]

Склад субстратів біогазових установок суттєво відрізняється у різних європейських країнах. У Німеччині протягом останнього десятиріччя для виробництва біогазу найбільш поширеною сировиною були енергетичні культури (кукурудза на силос тощо), які становили понад 50%, оскільки забезпечували не лише найбільший вихід біогазу, а й мали сприятливі схеми підтримки з боку держави. Окрім Німеччини, велика частка у структурі сировини, з якої виробляють біогаз, припадає на енергетичні культури в Австрії, Італії та Польщі. Утилізація сільськогосподарських відходів, таких як гній, є особливо важливою у таких країнах, як Данія, Франція, а також Італія та Німеччина. У Бельгії найбільш актуальним є використання промислових органічних відходів харчової промисловості й виробництва напоїв [4].

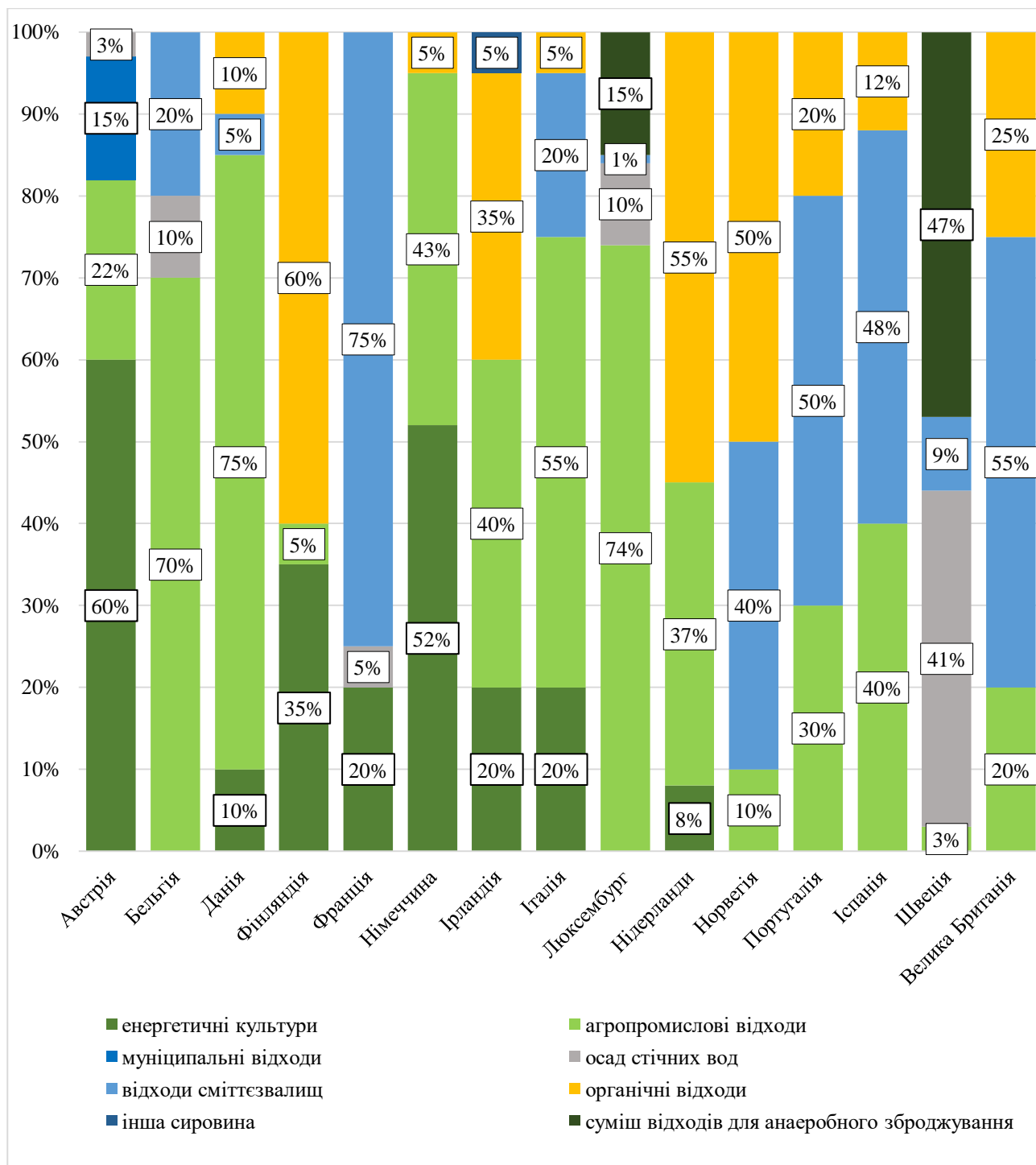


Рис. 3. Структурне співвідношення видів сировини, яка використовувалась для виробництва біогазу в країнах ЄС у 2021 році
Джерело: [4]

Сукупне виробництво біогазу й біометану в країнах ЄС у 2021 році склало 196 ТВт-год або 18,4 млрд кубометрів енергії. Це дорівнює загальному споживанню природного газу Бельгією та становить 4,5% споживання газу в Європейському Союзі у 2021 році. У той час як промисловість біогазу стагнувала протягом останнього десятиліття, виробництво біометану продовжує 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% (рис. 4) [3].

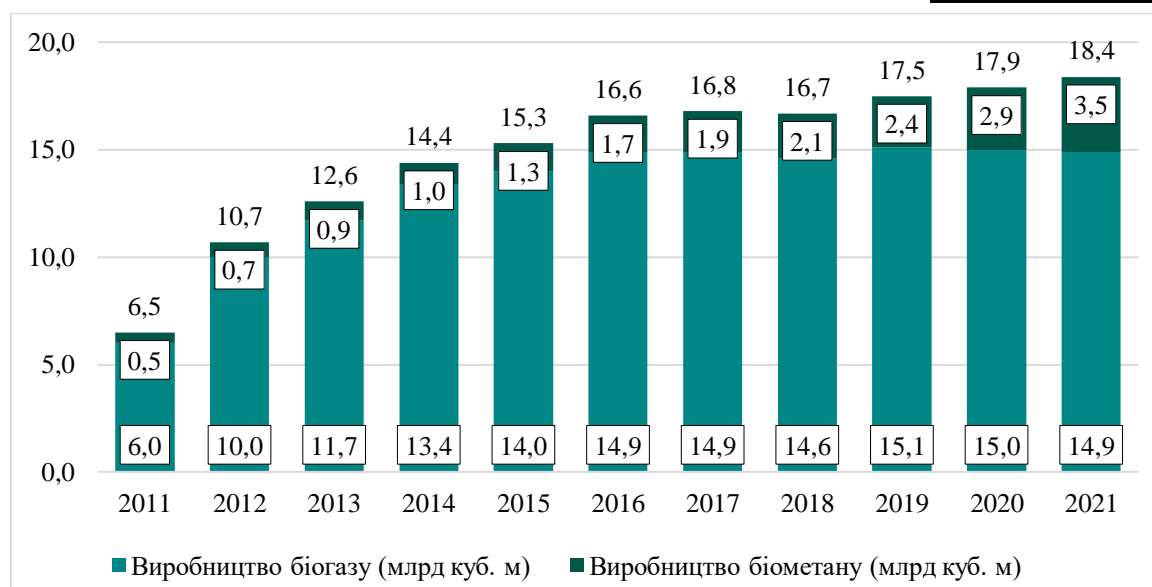


Рис. 4. Обсяги виробництва біогазу і біометану у країнах ЄС у 2021 р., млрд куб. м

Джерело: сформовано за даними [3]

У 2021 році найбільшими виробниками біогазу й біометану щодо загального споживання газу серед країн Європейського Союзу були 16 країн, які зображені на рис. 5.

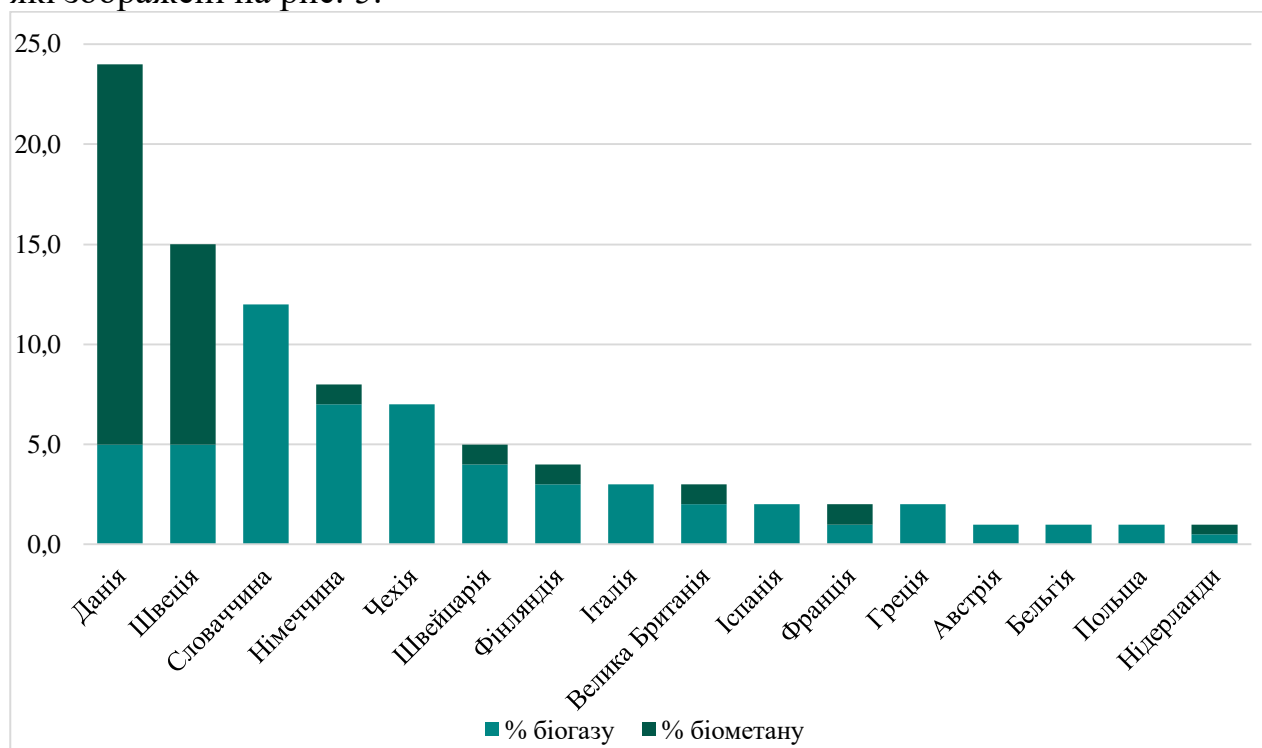


Рис. 5. Найбільші країни-виробники біогазу й біометану у країнах ЄС у 2021 р.,% щодо загального споживання газу

Джерело: сформовано за даними [3]

Протягом останнього десятиліття постачання електроенергії та тепла з біогазу було дуже важливим для ЄС, і його роль певною мірою залишатиметься ключовою завдяки наявним схемам підтримки й стимулювання виробництва біогазу й біометану у європейських країнах (табл. 1).

Європейські схеми підтримки й стимулювання виробництва біогазу й біометану

№ з/п	Країна	Схеми підтримки
1	Австрія	<p>1. «Зелений» тариф для виробництва електроенергії за виконання декількох умов, які сприяють використанню переважно сільськогосподарських субстратів: ефективність установки повинна бути вище 60%; тарифи знижуються на 20%, якщо використовуються субстрати, відмінні від сільськогосподарських субстратів і гною; «зелений» тариф не надається, якщо сільськогосподарський субстрат та/або гній становлять менше 30% вхідних ресурсів і надаються спеціальні тарифи для установок, що очищають стічні води й звалищний газ.</p> <p>2. Тарифна надбавка надається, якщо використовується тепло (ефективно) або, якщо електроенергія виробляється з очищеного біогазу.</p> <p>3. Інвестиційні субсидії, які можуть становити до 30% від загальних витрат, надаються новим ТЕЦ.</p> <p>4. Система квот і податкові пільги діють для виробників біопалив</p>
2	Бельгія	<p>1. По всій країні діє механізм зелених сертифікатів, який працює з системою квот (наприклад, у Валлонії загальна кількість сертифікатів встановлюється урядом на щорічній основі, у Фландрії система більш складна – із запровадженими «коефіцієнтами діапазону»).</p> <p>2. Інвестиційні гранти надаються для проєктів, пов'язаних з дослідженнями й розробками щодо виробництва біогазу (сума й характеристики відрізняються від регіону до регіону).</p> <p>3. Автомобілі на природному газу можуть отримати бонус у 1000 євро по всій країні</p>
3	Данія	<p>Схема підтримки біогазу базується на преміальному тарифі, що складається з трьох компонентів, яку надає Energinet.</p> <p>Тариф 1 був запроваджений у 2016 році й щороку знижувався на 1/5 від початкової вартості, а дія тарифу припинилась у 2020 році.</p> <p>Тариф 2 індексується на ціну природного газу: чим вона вища, тим нижчий тариф.</p> <p>Тариф 3: Фіксований тариф</p>
4	Фінляндія	<p>1. Звільнення від податків (CO₂ й акцизів) на біометан.</p> <p>2. Інвестиційна підтримка залежить від проєкту й може становити до 30% від його загальної вартості й до 40%, якщо проєкт передбачає використання нової технології. Крім того, існує конкретна підтримка нових біогазових установок для фермерів, за умови, що принаймні 10% загального виробництва енергії використовується для виробництва тепла для власного споживання.</p> <p>3. Преміальні тарифи на виробництво електроенергії (цільова ціна 83,5 євро/МВт·год) плюс надбавка на тепло у розмірі 50 євро/МВт·год (для ТЕЦ).</p> <p>4. Квота на біопаливо: 2016 р. – 10%, у 2020 р. – 20%, 2030 р. – 40%. Вона підтримує виробництво біометану, оскільки «якщо біопаливо виробляється з відходів, залишків або неїстівної целюлози або лігноцелюлози, його енергетичний вміст зараховується двічі під час розрахунку кінцевої кількості біопалива» (RES Legal)</p>
5	Франція	<p>1. Тарифи: для ТЕЦ потужністю до 500 кВт діє «зелений» тариф і для ТЕЦ потужністю понад 500 кВт – преміальний тариф.</p> <p>2. Рівень «зеленого» тарифу на виробництво біометану надається на 15 років і залежить як від номінальної виробничої потужності, так і від типів вхідних ресурсів. Він коливається від 45 євро/МВт·год (великі звалища) до 135 євро/МВт·год (малі очисні споруди).</p> <p>3. Зелені сертифікати можуть бути валоризовані на ринку, але 75% вартості повинно бути повернуто уряду, якщо вони не валоризовані як паливо для транспорту (це єдиний конкретний механізм на користь біоавтомобілів на природному газі).</p> <p>4. Інвестиційні субсидії надаються для проєктів ТЕЦ через «фонд відходів», а для проєктів централізованого теплопостачання та інжекції – через «тепловий фонд».</p> <p>5. Звільнення від податку на CO₂ для біометану запроваджено у секторі постачання теплової енергії, але на даний момент не на транспорті</p>
6	Німеччина	<p>1. Підтримка перетворення електроенергії за допомогою пільгового тарифу для малих виробничих одиниць (потужністю менше 75 кВт), а також система аукціону для установок потужністю до 20 МВт і позики під низькі відсотки для підтримки інвестицій у сектор.</p> <p>2. У секторі теплопостачання необхідно досягти мінімальної частки «зеленої» енергії, що може сприяти централізованому теплопостачанню на основі ВДЕ, зокрема біогаз.</p> <p>3. У транспортному секторі запроваджено обмеження на викиди парникових газів і систему позик на автомобілі з низьким рівнем викидів. До 2016 року діяла податкова пільга, але її скасували</p>

7	Ірландія	1. REFIT (тариф на відновлювану енергію). Ця схема підтримки мала закінчитися ще у 2015 році, але була продовжена на перехідний період. На транспорті біопаливо має складати 6% від обсягу продажу пального на ринку
8	Італія	1. «Зелений» тариф (так званий тариф <i>onniscoprensiva</i>) на виробництво електроенергії для установок потужністю менше 0,5 МВт. Цей тариф, наданий на 20 років, є дуже сприятливим, оскільки він субсидує виробництво електроенергії від 85 до 233 євро. 2. Преміальні тарифи також надаються на 20 років, але щороку встановлена потужність обмежена (90 МВт у 2016 році, зокрема біомасу й біогаз), тому максимальне додаткове виробництво енергії щороку становить близько 800 ГВт-год за цим механізмом. 3. Для виробництва теплової енергії надаються кредити доступні за умови, що станція має потужність понад 5 МВт
9	Люксембург	1. Високий рівень «зеленого» тарифу (від 152 до 191 євро/МВт·год, що зменшується зі збільшенням розміру установки). Цей тариф був збільшений у 2014 році приблизно на 35%. 2. Інвестиційні гранти можуть покривати від 40% до 60% загальних інвестиційних витрат на будівництво ТЕЦ
10	Нідерланди	1. Преміальний тариф: основна схема підтримки для ВДЕ називається SDE+ (Sustainable Energy Incentive Scheme Plus) на основі виробництва енергії. Фактичний тариф залежить від типу технології, але коливається від 58 до 110 євро за МВт·год загалом для ТЕЦ. 2. Податкові пільги: до 36% інвестицій у біогазові установки можна вирахувати з податку на прибуток. 3. Квота на біопаливо: загальна частка ВДЕ у транспортному секторі встановлена на рівні 10%, тоді як постачальники палива встановлюють мінімум продажів біопалив. 4. Державно-приватні програми підтримки: «Зелена угода» і «Фонд зеленого газу» підтримують біогазові проекти фінансово й через свій досвід будівництва біогазових установок
11	Норвегія	1. Інвестиційна підтримка біометанових установок надана ENOVA, державною компанією, яка сприяє зменшенню викидів парникових газів; з додатковим спеціальним фінансуванням у розмірі 20 мільйонів норвежських крон / рік від Innovasjon Norge для пілотних біогазових установок (хоча цей фонд залишається невикористаним на 90%). 2. У 2015 році було запроваджено субсидію у розмірі 6,2 євро / вологу тонну гною, перероблену на ринку біогазу. 3. Звільнення від податку на CO ₂ для біометану. Деякі муніципалітети можуть збільшити попит на біометан у транспортному секторі через державні закупівлі
12	Португалія	1. До 2015 року діяв «зелений» тариф, тому біогазові установки, побудовані до цієї дати, все ще отримують його (приблизно 100-115 євро/МВт·год біогазу). До 2007 року стимули були ще вищими для заводів, що виробляють звальний газ. 2. Існувала квота на біопаливо (2017 р. – 9%, 2020 р. – 10%), але вона не впливає безпосередньо на виробництво біогазу
13	Іспанія	1. Діяла квота на біопаливо: ставка встановлена у 2016 р. – 4,3%, у 2020 р. – до 10%. 2. Використання біометану для транспорту й розвиток інфраструктури його застосування заохочується Королівським указом 639/2016, який передбачений на короткострокову перспективу
14	Швеція	1. Підтримка прямих інвестицій у місцеві довгострокові проекти, що сприяють скороченню викидів парникових газів (переважно спрямовані на муніципалітети, які впроваджували біогазові проекти як спільне рішення для управління відходами й чистішого громадського транспорту) і стимули для інноваційних технологій біогазу. 2. Звільнення від податків: по-перше, ВДЕ (зокрема біогаз до кінця 2020 р.) звільнялись від податків на енергію та вуглець, що стягуються з постачання, імпорту й виробництва викопного палива. По-друге, транспортний податок на «чисті транспортні засоби» не стягується протягом перших 5 років
15	Велика Британія	1. «Зелений» тариф для станцій з встановленою потужністю менше 5 МВт. 2. Існує звільнення від оподаткування, коли електроенергія виробляється за допомогою ВДЕ, але це не сприяє особливо біогазу. 3. Стимулювання виробництва теплової енергії з відновлюваних джерел: пропонується фіксований тариф на спалювання біогазу або введення біометану в мережу. 4. Виробництво біопалив підтримується через систему квот

Джерело: [4]

Однак сучасні тенденції на енергетичному ринку Європейського Союзу на найближче десятиліття свідчать про зростання виробництва біометану, який

є універсальним енергоносієм, придатним для низки секторів, включаючи транспорт, промисловість, енергетику та опалення.

У 2021 році Європейська комісія опублікувала REPowerEU. Цей план передбачає зниження споживання викопних джерел енергії, диверсифікацію енергопостачання та прискорене впровадження ВДЕ. Енергетична система Європейського Союзу має бути безпечною, доступною та стійкою. Збалансування цих трьох факторів для досягнення нульових викидів парникових газів є ключем до успішного енергетичного переходу. Амбітні цілі даного плану – скорочення викидів парникових газів на 55% до 2030 року й досягнення кліматичної нейтральності Європейського Союзу до 2050 року.

Ключовими для досягнення даних цілей визначено виробництво біометану на рівні 35 млрд кубометрів до 2030 року. Наразі виробництво біометану в ЄС є дуже низьким: сьогодні виробляється лише близько 10% цільових обсягів біометану. Потрібні значні зусилля для швидкого збільшення його виробництва, щоб досягти короткострокової диверсифікації та довгострокових цілей нульових викидів [1].

У Європейському Союзі існує значний потенціал для розширення виробництва екологічно чистого біометану в найближчі десятиліття. Якщо вжити допоміжних заходів і політики щодо стимулювання виробництва біометану, то потенціал його виробництва може зрости з 41 млрд кубометрів у 2030 році до 151 млрд кубометрів у 2050 році (рис. 6).

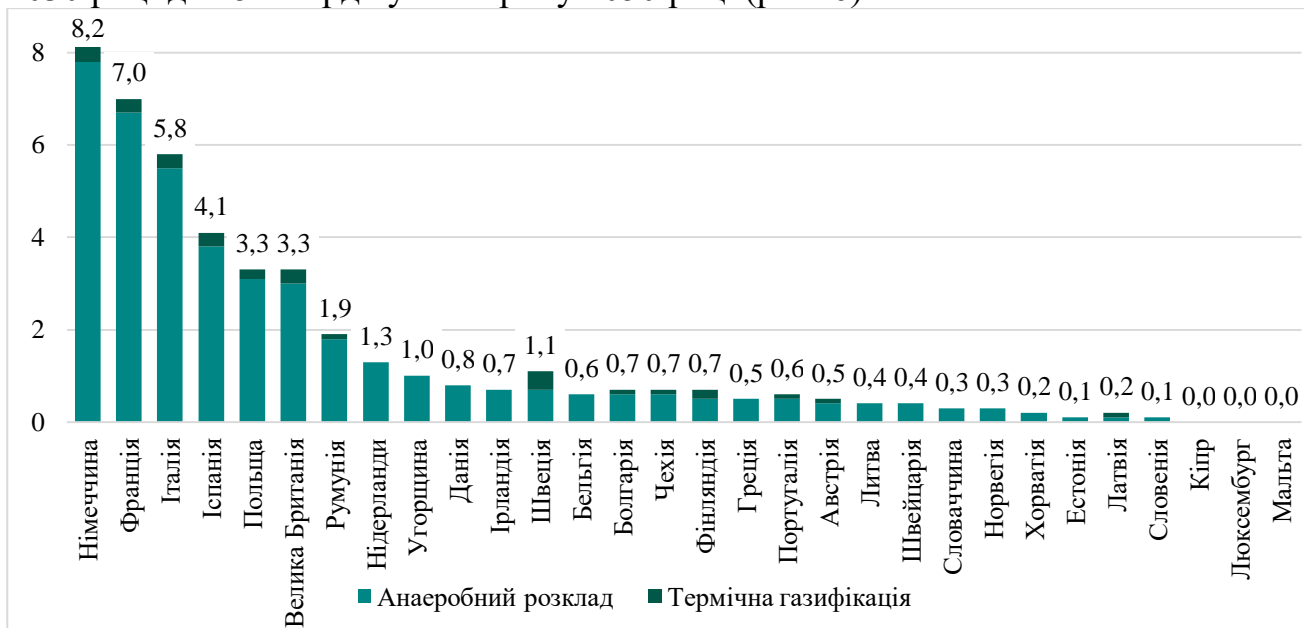


Рис. 6. Потенціал виробництва біометану в країнах ЄС до 2030 року за технологіями виробництва

Джерело: сформовано за даними [2]

Для розширення виробництва біометану необхідно забезпечити стійке й безперебійне постачання сировини для його виробництва.

Сільськогосподарські, харчові відходи й промислові стічні води є основними джерелами для виробництва біометану. Європейська комісія повинна визначити чіткий і стійкий підхід до використання сільськогосподарських культур для отримання біометану. Цей підхід має

містити відповідні визначення та вказівки щодо послідовного вирощування сільськогосподарських культур як частини сталої сільськогосподарської практики виробництва біометану.

Існують дві основні технології виробництва біометану. Анаеробне зброджування може переробляти різноманітний діапазон біогенної сировини, зокрема гній, енергетичні культури, сільськогосподарські, харчові відходи й відходи напоїв, осад стічних вод, а також органічну фракцію твердих побутових відходів. З іншого боку, газифікація може легше переробляти сировину з низькою здатністю до анаеробного біологічного розкладання, таку як деревна біомаса (наприклад, відходи лісового господарства, відходи деревини після обробки), сільськогосподарські й тверді побутові відходи, а також рідкі органічні відходи (наприклад, шлами).

До 2030 року більше 90% біометану буде вироблятися за допомогою анаеробного зброджування відходів і залишкової біомаси сільського господарства, харчової промисловості й міських відходів. Після 2030 року інші технології, такі як термічна газифікація, допоможуть ще більше збільшити потенціал виробництва біометану, щоб досягти понад 1000 ТВт-год на рік до 2050 року (рис. 7).

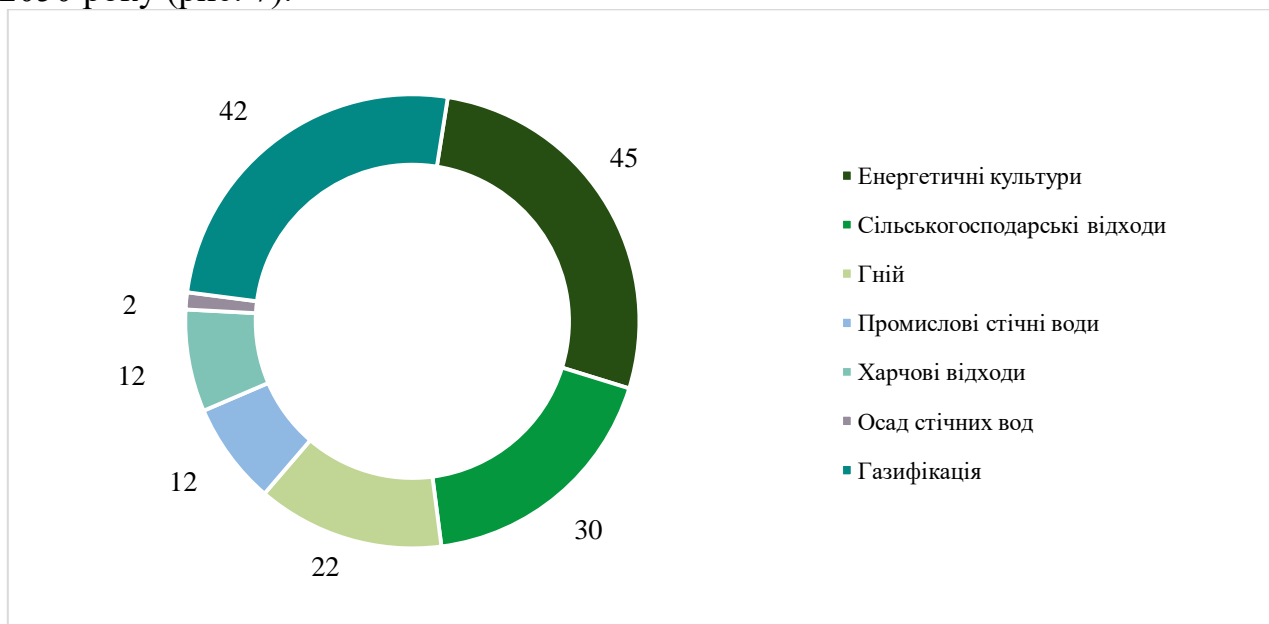


Рис. 7. Потенціал сировини для виробництва біометану за видами у країнах ЄС до 2030 року, млрд кубометрів

Джерело: сформовано за даними [2]

Ще більший потенціал біометану можна розкрити, розглядаючи додаткову сировину (наприклад, біомасу з маргінальних або забруднених земель і морські водорості, як зазначено у плані REPowerEU) і технології (наприклад, гідротермальна газифікація вологої сировини, зокрема органічні відходи й залишки) [2].

Висновки. Для забезпечення кліматичної нейтральності Європи сільське господарство може відіграти вагомую роль через впровадження безвідходних технологій виробництва біопалив (біогазу й біометану). Оскільки найбільш перспективним альтернативним видом палива у майбутньому у країнах

Європейського Союзу вважається біометан, то для збільшення його виробництва потрібно на рівні окремих країн вжити ряд заходів щодо стимулювання його виробництва й використання.

Збільшення видобутку біометану з 3 млрд кубометрів до 35 млрд кубометрів до 2030 року вимагає значної інтеграції в інфраструктуру газової мережі. Рекомендовані схеми для сприяння інтеграції містять оновлення стандарту якості транскордонного газу, визначення проєктів з об'єднання кількох джерел виробництва біогазу для центральної модернізації і створення біометанового заводу, мінімізацію витрат на підключення та інтеграцію до мережі, а також впровадження регіонального картографування (зонування) потенційного виробництва біометану в усіх державах-членах ЄС.

Державами-членами ЄС впровадження технологій щодо стимулювання виробництва й використання біометану мають бути додані до їхніх національних кліматичних й енергетичних планів і відповідних заходів (наприклад, надання дозволів, фінансування проєктів, сертифікація тощо) задля масштабування та розвитку власної біометанової промисловості. Україні, на шляху до європейської інтеграції, уже варто орієнтуватись на світові тенденції у галузі сталої енергетики й стимулювати також не лише виробництво біогазу, а й біометану з сільськогосподарських і харчових відходів.

Список використаних джерел

1. REPowerEU Plan. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033742483> (дата звернення: 02.12.2023).
2. Gas for Climate. URL: <https://gasforclimate2050.eu/pathway/> (дата звернення: 02.12.2023).
3. European Biogas Association. URL: <https://www.europeanbiogas.eu/SR-2022/EBA/> (дата звернення: 02.12.2023).
4. The biogas sector development: Current and future trends in Western and Northern Europe. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1198846/FULLTEXT01.pdf> (дата звернення: 02.12.2023).
5. Kaletnik G., Honcharuk I., Okhota Yu. The Waste-Free Production Development for the Energy Autonomy Formation of Ukrainian Agricultural Enterprises. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2020. Vol. XI, № 3 (43). P. 513–522. DOI: 10.14505/jemt.v11.3(43).02
6. Tokarchuk D. M., Pryshliak N. V., Tokarchuk O. A., Mazur K. V. Technical and Economic Aspects of Biogas Production at A Small Agricultural Enterprise with Modeling of the Optimal Distribution of Energy Resources for Profits Maximization. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2020. № 61 (2). P. 339–349. DOI: <https://doi.org/10.35633/inmateh-61-36>
7. Pryshliak N., Tokarchuk D.M. Socio-economic and Environmental Benefits of Biofuel Production Development from Agricultural Waste in Ukraine. *Environmental & Socio-economic Studies*. 2020. Vol. 8, Issue 1. P. 18–27. DOI: <https://doi.org/10.2478/environ-2020-0003>

8. Pryshliak N., Lutsiak V., Tokarchuk D., Semchuk I. The Empirical Research of the Potential, Awareness and Current State of Agricultural Waste Use to Ensure Energy Autonomy of Agricultural Enterprises of Ukraine. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2020. № 11 (7). P. 1634–1648. DOI: [https://doi.org/10.14505/jemt.v11.7\(47\).04](https://doi.org/10.14505/jemt.v11.7(47).04)

9. Kaletnik G., Pryshliak N., Tokarchuk D. Potential of Production of Energy Crops in Ukraine and Their Processing on Solid Biofuels. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2021. Vol. 22. Issue 3. P. 59–70. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/135447>

10. Honcharuk I., Tokarchuk D., Gontaruk Y., Hreshchuk H. Bioenergy recycling of household solid waste as a direction for ensuring sustainable development of rural areas. *Polityka Energetyczna*. 2023. Vol. 26. Issue 1. P. 23–42. DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/161467>

11. Honcharuk I., Yemchyk T., Tokarchuk D., Bondarenko V. The Role of Bioenergy Utilization of Wastewater in Achieving Sustainable Development Goals for Ukraine. *European Journal of Sustainable Development*. 2023. Vol. 12. № 2. P. 231–244. DOI: <https://doi.org/10.14207/ejsd.2023.v12n2p231>

References

1. REPowerEU Plan. *eur-lex.europa.eu*. Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033742483> [in English].

2. Gas for Climate. *gasforclimate2050.eu*. Retrieved from: <https://gasforclimate2050.eu/pathway/> [in English].

3. European Biogas Association. *europeanbiogas.eu*. Retrieved from: <https://www.europeanbiogas.eu/SR-2022/EBA/> [in English].

4. The biogas sector development: Current and future trends in Western and Northern Europe. *diva-portal.org*. Retrieved from: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1198846/FULLTEXT01.pdf> [in English].

5. Kaletnik, G., Honcharuk, I., & Okhota, Yu. (2020). The Waste-Free Production Development for the Energy Autonomy Formation of Ukrainian Agricultural Enterprises. *Journal of Environmental Management and Tourism*, XI, 3 (43), 513–522. DOI: 10.14505/jemt.v11.3(43).02 [in English].

6. Tokarchuk, D.M., Pryshliak, N.V., Tokarchuk, O.A., & Mazur, K.V. (2020). Technical and Economic Aspects of Biogas Production at A Small Agricultural Enterprise with Modeling of the Optimal Distribution of Energy Resources for Profits Maximization. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 61 (2), 339–349. DOI: <https://doi.org/10.35633/inmateh-61-36> [in English].

7. Pryshliak, N., & Tokarchuk, D.M. (2020). Socio-economic and Environmental Benefits of Biofuel Production Development from Agricultural Waste in Ukraine. *Environmental & Socio-economic Studies*, 8, 1, 18–27. DOI: <https://doi.org/10.2478/enviro-2020-0003> [in English].

8. Pryshliak, N., Lutsiak, V., Tokarchuk, D., & Semchuk, I. (2020). The Empirical Research of the Potential, Awareness and Current State of Agricultural Waste Use to Ensure Energy Autonomy of Agricultural Enterprises of Ukraine.

Journal of Environmental Management and Tourism, 11 (7), 1634–1648.
DOI: [https://doi.org/10.14505/jemt.v11.7\(47\).04](https://doi.org/10.14505/jemt.v11.7(47).04) [in English].

9. Kaletnik, G., Pryshliak, N., & Tokarchuk, D. (2021). Potential of Production of Energy Crops in Ukraine and Their Processing on Solid Biofuels. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 22, 3, 59–70.
DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/135447> [in English].

10. Honcharuk, I., Tokarchuk, D., Gontaruk, Ya., & Hreshchuk, H. (2023). Bioenergy recycling of household solid waste as a direction for ensuring sustainable development of rural areas. *Polityka Energetyczna*, 26, 1, 23–42.
DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/161467> [in English].

11. Honcharuk, I., Yemchyk, T., Tokarchuk, D., & Bondarenko, V. (2023). The Role of Bioenergy Utilization of Wastewater in Achieving Sustainable Development Goals for Ukraine. *European Journal of Sustainable Development*, 12, 2, 231–244. DOI: <https://doi.org/10.14207/ejsd.2023.v12n2p231> [in English].

Відомості про автора

ГОНЧАРУК Інна Вікторівна – доктор економічних наук, професор кафедри економіки та підприємницької діяльності, проректор з науково-педагогічної, наукової та інноваційної діяльності, Вінницький національний аграрний університет (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3, e-mail: vnaunauka2021@gmail.com).

HONCHARUK Inna – Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Economics and Entrepreneurship, Vice-Rector for Scientific and Pedagogical, Scientific and Innovative Activities, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3, Soniachna Str., e-mail: vnaunauka2021@gmail.com).

УДК 631.344.5

DOI: 10.37128/2411-4413-2023-4-2

**УПРАВЛІННЯ
ЕКОЛОГІЧНИМИ
ПАРАМЕТРАМИ
ГАЛУЗІ
ОВОЧІВНИЦТВА ЗА
КРИТЕРІЄМ
ПОКАЗНИКА
ВИКОРИСТАННЯ
ТА ВІДТВОРЕННЯ
РОДЮЧОСТІ
ГРУНТУ**

ЛОГОША Р.В.,
доктор економічних наук, професор,
завідувач кафедри аграрного менеджменту та
маркетингу

ГАРБАР Ж.В.,
доктор економічних наук,
доцент кафедри аграрного менеджменту
та маркетингу,
Вінницький національний аграрний університет
(м. Вінниця)

У статті наведені результати пошуку оптимального балансу між рентабельністю сільського господарства й збереженням природних ресурсів. Представлена спроба збалансувати продуктивність природних ресурсів і збереження навколишнього природного середовища, що забезпечує високу ефективність використання ресурсів без зниження