

ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 620.925:502.174

DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/181-31>**Вовк В.Ю.**аспірантка, науковий співробітник наукової тематики,
Вінницький національний аграрний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4029-5109>**Vovk Valeriia**

Vinnytsia National Agrarian University

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ З СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ВІДХОДІВ

Стаття присвячена дослідженню перспектив виробництва біогазу з сільськогосподарських відходів. Проаналізовано структуру кінцевого енергоспоживання АПК України протягом 2017–2020 рр. та встановлено, що переважаючу частку кінцевого споживання енергії займають нафтопродукти, електро- та теплоенергія і природний газ, енергія з біопалив та відходів має незначну питому вагу. Визначено, що найбільш ефективною безвідходною технологією у сільському господарстві є виробництво біогазу з відходів. Охарактеризовано потенціал виходу біогазу із основних сільськогосподарських відходів. Здійснено порівняння динаміки розвитку виробництва біогазу у деяких країнах ЄС (Німеччині й Польщі) та Україні протягом 2012–2020 рр. Обґрунтовано еколого-економічний ефект від впровадження біогазових проєктів в Україні, визначено основні переваги від використання біогазу з сільськогосподарських відходів для виробництва енергії в Україні порівняно з іншими ВДЕ.

Ключові слова: безвідходні технології, біогаз, сільськогосподарські відходи, агробіомаса, відновлювані джерела енергії, рослинництво, тваринництво.

ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF BIOGAS PRODUCTION FROM AGRICULTURAL WASTE

The article is devoted to the study of the prospects for the production of biogas from agricultural waste. The structure of the final energy consumption of the agro-industrial complex of Ukraine during 2017–2020 is analyzed and found that the predominant share of final energy consumption is occupied by oil products, electricity and heat and gas, energy from biofuels and waste has an insignificant share. Ukraine has highly developed agricultural sectors, which annually produce a large amount of waste and are a valuable secondary energy resource. It has been determined that the most efficient non-waste technology in agriculture is the production of biogas from waste. The number of farm animals and the volume of animal waste generation in 2018–2022 were studied. It was also found that the volume of biogas output depends on the type of raw material for production, based on this, the potential for biogas output from the main agricultural waste is characterized. A comparison was made of the dynamics of biogas production development in some EU countries (Germany and Poland) and Ukraine during 2012–2020. Substantiated environmental and economic effect from the introduction of biogas projects in Ukraine, and also noted that in addition to environmental and economic performance, such projects provide a significant social effect. The development of biogas projects to a large extent depends on the volume of investment in renewable energy in general and waste-free technologies in particular. It has been established that Ukraine has worsened its position in the rating of investment attractiveness in renewable energy sources in 2020 precisely because of a significant reduction in the amount of money invested in such projects. The main advantages of using biogas from agricultural waste for energy production in Ukraine in comparison with other renewable energy sources are determined. Biogas production is an attractive alternative in terms of energy production, given the almost inexhaustible raw material resources, the attention of the state is aimed at attracting more and more new opportunities for biogas production. It is concluded that biogas projects have a significant environmental and economic efficiency of implementation in Ukraine through the use of agricultural waste.

Key words: waste-free technologies, biogas, agricultural waste, agrobiomasses, renewable energy sources, crop production, livestock.

JEL classification: Q1, Q53

Постановка проблеми. Загальний розвиток будь-якої країни залежить від розвитку її промисловості, сільського господарства та сфери послуг. Тим не менш, екстенсивне збільшення виробництва не завжди є корисним з точки зору соціального та економічного добробуту. У ситуації постійного погіршення екологіч-

ного стану суспільства в цілому або регіону чи місцевої громади зокрема, мінімізація негативного впливу на навколишнє природне середовище стає першочерговим питанням. Сучасним вирішенням проблеми негативного впливу на навколишнє природне середовище є перехід на ресурсозберігаючі, екологічно безпечні,

безвідходні технології. Однак цей процес складний, капіталомісткий і передбачає відмову від більш традиційних засобів виробництва.

Тому сьогодні велика увага приділяється пошуку нових та вдосконаленню існуючих технологій шляхом підвищення рівня їх економічної ефективності та розширення сфери використання. Одним із найефективніших напрямів розвитку енергетики у світі є використання відновлюваних джерел енергії, а отже, збільшення їх частки в загальному обсязі енергоресурсів. Останнє зумовлено необхідністю зменшення кількості шкідливих викидів в атмосферу та зменшенням залежності від імпорту джерел енергії.

Важливим вектором розвитку відновлюваної енергетики вважається отримання біогазу з органічних залишків, які надходять із сільського господарства. Потенціал України з точки зору виробництва біогазу величезний, оскільки ця галузь є досить розвинутою, залишки якої створюють досконалу сировинну базу. Таким чином, енергія, отримана з біомаси, може стати відчутною заміною «традиційного» вуглецевого палива.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом проблеми виробництва та використання біогазу є предметом численних досліджень зарубіжних та вітчизняних вчених. Зокрема, І. Гончарук у своїх працях зазначає, що використання біогазових установок в Україні є перспективним для розв'язання проблем утилізації відходів, поліпшення екологічної ситуації, підвищення родючості ґрунтів, зменшення енергозалежності та розвитку сільських територій [1]; Г. Калетник, І. Гончарук та Ю. Охота приділяють увагу необхідності розвитку безвідходного біогазового виробництва для формування енергетичної автономії сільськогосподарських підприємств України [2]; Т. Ємчик (Гончарук) у своїх працях аналізує основні засади використання відновлюваних і альтернативних джерел енергії як важливого фактору підвищення енергетичної безпеки та зниження антропогенного впливу на навколишнє природне середовище [3]; Д. Токарчук, Н. Пришляк та Я. Паламаренко провели комплексну оцінку перспектив застосування відходів рослинництва на виробництво біогазу, а також авторами запропоновано рекомендації з оптимального використання відходів рослинництва на виробництво біогазу на основі даних про вихід енергії [4].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. У наш час неможливо передбачити екологічні кризи і не використовувати сучасні екобіотехнологічні технології переробки відходів, що утворюються у результаті сільськогосподарського виробництва. Проте перспективи успішного розвитку біогазової промисловості потребують більш фундаментального аналізу з урахуванням економічних, екологічних та соціологічних чинників.

Формулювання цілей статті. Метою дослідження є обґрунтування еколого-економічної ефективності виробництва біогазу з сільськогосподарських відходів.

Виклад основного матеріалу дослідження. За останні кілька років Україна зробила чимало кроків для суттєвого зменшення споживання енергії, розвитку сфери енергоефективності та відновлюваної енергетики, що наразі є основними заходами зі скорочення викидів парникових газів.

За даними Державної служби статистики України, у 2020 році у структурі енергоспоживання АПК України найбільшу частку займають нафтопродукти (1060 тис. т н.е.), електроенергія (325 тис. т н.е.), теплоенергія (174 тис. т н.е.) та природний газ (122 тис. т н.е.). Споживання енергії, виробленої з вугілля й торфу (5 тис. т н.е.) та біопалив і відходів (28 тис. т н.е.) становить незначну частку (табл. 1) [6].

Україна має високорозвинені галузі сільського господарства, які щорічно продукують велику кількість відходів. Сьогодні відходи сільського господарства вважаються цінним вторинним енергетичним ресурсом. Розвинуте сільськогосподарське виробництво має потужний потенціал для виробництва біогазу, який можна виробляти з широкого спектру органічних субстратів як тваринного, так і рослинного походження. Перевагою біомаси є її відновлюваність і відносно дешева вартість порівняно з традиційними видами палива. Вигоди від використання потенціалу біомаси та побутових відходів досить значні, оскільки сировина у вигляді підстилки та різних видів відходів доступна по всій Україні. Важливо також, що сучасні біопаливні заводи відносно компактні і можуть використовувати різні види сировини. Така універсальність дозволяє розміщувати їх у безпосередній близькості до об'єктів, які планується забезпечувати енергією чи теплом із цих ресурсів.

Таблиця 1

Кінцеве енергоспоживання АПК України за 2017–2020 рр.

№ п/п	Види палива й енергії	Роки					
		2018		2019		2020	
		тис.т.н.е	%	тис.т.н.е	%	тис.т.н.е	%
1	Вугілля й торф	7	0,37	7	0,37	5	0,30
2	Сира нафта	-	-	-	-	-	-
3	Нафтопродукти	1190	62,40	1244	66,24	1016	60,51
4	Природний газ	122	6,40	96	5,11	122	7,27
5	Атомна енергія	-	-	-	-	-	-
6	Гідроселектросенергія	-	-	-	-	-	-
7	Вітрова, сонячна енергія і т. п.	-	-	-	-	-	-
8	Біопаливо та відходи	37	1,94	28	1,49	28	2,26
9	Електроенергія	333	17,46	316	16,83	325	19,36
10	Теплоенергія	219	11,48	188	10,01	174	10,36
11	Усього	1907	100,0	1878	100,0	1669	100,0

Джерело: сформовано автором на основі даних Державної служби статистики України [6]

Дослідження Інституту економіки та прогнозування НАН України [7] показують, що за стабільного розвитку виробництва та використання біогазу його економічно доцільний потенціал може сягнути 9,9 млн. т н.е. до 2030 року. Використання біогазу замість викопного палива може призвести до скорочення викидів парникових газів у діапазоні 11,5–19,1 Мт CO₂ екв. Реалізація біогазових проєктів в Україні може призвести до численних позитивних макроекономічних наслідків, таких як додаткове зростання ВВП на 0,3% у 2025–2029 роках, структурні зміни, зокрема збільшення виробництва машинобудування та будівництва, а також уповільнення видобутку вугілля. Незважаючи на те, що біогазові проєкти практично не впливають на рівень реальних доходів підприємств, вони потенційно можуть сприяти зменшенню їх витрат, в тому числі на тепло та електроенергію.

Тваринницькі відходи (гній ВРХ та свиней, пташиний послід) є найбільш економічно ефективною сировиною для виробництва біогазу. Станом на 01.01.2022 р. поголів'я худоби в Україні налічувало 2,64 млн голів ВРХ, що на 0,89 млн голів менше, ніж у 2018 р.; 5,61 млн голів свиней – на 0,5 млн голів менше, ніж у 2018 р. та 202,2 млн голів птиці у 2022 р., що на 2,6 млн голів менше за аналогічний показник 2018 р. Щороку галузь тваринництва в Україні скорочується, про що свідчать дані, наведені у табл. 2.

За даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження, використання тільки 37% відходів від роботи тваринницьких і рослинницьких господарств дозволить отримати понад 10 млрд м³ газу. У табл. 3 наведено перелік потенційних субстратів

(відходів сільського господарства) для виробництва біогазу [8].

З огляду на викладене можна зробити висновок, що наявний потенціал виробництва біогазу з органічних відходів сільського господарства в Україні та суттєві переваги використання біогазових технологій для генерації енергії створюють сприятливі передумови для розвитку вітчизняного сектору агробіогазу. Відповідно до даних Біоенергетичної Асоціації України, середній показник виробництва електроенергії з біогазу у 2020 році становив близько 36,0 млн кВт-год. Економія капітальних витрат при використанні біогазових установок у підприємствах становить 30–40%.

За хімічним складом біогаз, який одержують у біогазових реакторах, близький до природного, без його доочистки (природний: метан (CH₄) – 80–90%, вуглекислий газ – до 10%; біогаз: метан (CH₄) – 65–70%, вуглекислий газ – до 30%. По теплоті згоряння 1 м³ біогазу еквівалентний: 0,8 м³ природного газу; 0,7 кг мазуту; 0,6 кг бензину; 0,85 л спирту; 1,6 кг дров; 1,4 кВт електроенергії. Загальна теплотворна здатність біогазу – від 5000 до 8000 ккал/м³. Таким чином, біогаз можна використовувати як природний газ: накопичувати, перекачувати, виробляти з нього електроенергію, використовувати як паливо для двигунів внутрішнього згоряння [9].

Аналізуючи динаміку виробництва біогазу в окремих країнах ЄС та в Україні, можна помітити різний спектр можливостей виробництва біогазу. У Німеччині, наприклад, цей процес набув стабільного розвитку та дав високі результати, про що свідчать показники встановлених потужностей та їх використання

Таблиця 2

Утворення побічної продукції тваринництва (гній, послід) в Україні, 2018–2022 рр.

Вид сировини	Вихід гною або посліду, т/тваринно-місце/рік	Роки							
		2018		2020		2021		2022	
		млн голів	обсяг відходів, млн т	млн голів	обсяг відходів, млн т	млн голів	обсяг відходів, млн т	млн голів	обсяг відходів, млн т
Гній ВРХ	18,0	3,53	63,54	3,10	55,80	2,87	51,66	2,64	47,52
Гній свиней	3,6	6,11	22,00	5,73	20,63	5,88	21,18	5,61	20,20
Пташиний послід	7,5 / 100	204,8	15,36	220,5	16,54	200,7	15,05	202,2	15,17

Джерело: сформовано автором на основі даних Державної служби статистики України [6] та власних розрахунків

Таблиця 3

Потенціал виходу біогазу із сільськогосподарських відходів

Субстрат	Сухі речовини (СР), %	Сухі органічні речовини (СОР), %	Питомий вихід біогазу, м ³ /т СОР	Питомий вихід біогазу, м ³ /т
Побічні продукти рослинництва				
Силос кукурудзяний	32,0	95,0	700,0	212,8
Солома	30,0	90,0	600,0	162,0
Силос трав'яний	30,0	89,0	550,0	1416,9
Цукрові буряки	23,0	90,0	800,0	165,6
Кормові буряки	12,0	75,0	620,0	55,8
Макуха	28,0	94,0	680,0	179,0
Побічна продукція тваринництва				
Гній свиней	3,0	85,0	425,0	10,8
Гній ВРХ	25,0	80,0	350,0	70,0
Пташиний послід	24,0	85,0	425,0	86,7

Джерело: сформовано авторами на основі даних Біоенергетичної асоціації України [8]

для розвитку виробництва біогазу (табл. 4). Показники розвитку цієї галузі в Польщі значно нижчі, але характеризуються стабільністю та щорічним зростанням.

В Україні біогазові установки почали встановлювати лише у 2012 році, а виробництво було запущено у 2013 році. На той час європейські країни вже нарощували свій потенціал і виробництво біогазу. Маючи достатню кількість природних ресурсів для виробництва біогазу, Україна значно відстає від багатьох європейських країн, а тому проведення досліджень та вивчення їх досвіду є важливим для розвитку виробництва біогазу в країні. За даними IRENA, частка електроенергії, виробленої з біопалива, у світі зростає, хоча вона все ще залишається меншою порівняно з сонячною та вітровою енергією [10].

Ефективність виробництва біогазу з відходів тваринництва представлена на основі практичного функціонування біогазового комплексу як допоміжного виробництва на тваринницьких фермах із потужністю у 1000 т дасть можливість отримати прибуток на рівні 1,9 млн грн для свиного комплексів та 1,6 млн грн для молочно-тваринницьких ферм. Собівартість виробництва 1 тис м³ біогазу становить 13,2 тис грн та 11 тис грн відповідно. Економічний ефект від реалізації його за ринковою ціною, яка станом на жовтень 2022 р. становить для промисловості 54 тис грн/м³ (після очищення біогазу від CO₂) є суттєвим. Валовий прибуток від виробництва біогазу для агроформувань України може сягати від 5,08 до 24,86 млн грн. залежно від виду сировини. Для підприємства перевагами впровадження біогазових технологій є економія на витратах через виробництво електро- та теплової енергії з власної сировини, зменшення залежності від зовнішніх енергоносіїв, можливість забезпечувати енергією інших споживачів. При спалюванні 1 м³ біогазу можливо виробляти 2,5–3 кВт електроенергії і 4–5 кВт теплової енергії, при цьому близько 30% біогазу використовується на технологічні потреби установки. Проте, економічні вигоди від використання біогазу в кожному конкретному випадку залежатимуть від типу відходів, доступних для переробки, інвестиційних можливостей, наявності локального енергетичного ринку та державних ініціатив [11].

Загальний потенціал України оцінюється в 52 млрд м³ біогазу на рік. Враховуючи структуру підприємств та технічну і економічну доцільність, обсяг біогазового виробництва в Україні оцінюється в 1600 установок з

міні-ТЕЦ потужністю 100 кВт. Загальна встановлена потужність біогазової установки може сягати 820 МВт електроенергії [12].

У зв'язку з тим, що енергетична цінність гною різних видів тварин не однакова, то і вихід газу з 1 т його теж відрізняється. Скрізь для одержання біогазу в основному використовується гній тваринницьких комплексів. Відомо, що 1 гол. великої рогатої худоби в середньому за добу дає 45 кг гною, з якого можна виробити 2,5 м³ біогазу, вихід гною і газу від 1 гол. свиней – відповідно 6,5 кг та 0,3 м³, птиці – 0,137 кг і 0,02 м³. При цьому його собівартість становить 15–20 євро за 1000 м³.

Окрім цього, при виробництві біогазу утворюється побічна продукція перероблення органічної маси – органічне добриво дигестат. При сепарації дигестату утворюються тверда (шлам) і рідка (концентрат) фракції. Нині сумарне утворення дигестату на біогазових станціях в Україні складає близько 2 млн т і буде зростати зі збільшенням числа біогазових потужностей в Україні. Так, з 1 т силосу кукурудзи утворюється 780 кг дигестату, 1 т курячого посліду – 890 кг, 1 т жому – 910 кг, гною ВРХ – 920 кг, а гноївки свиней – 990 кг. На кожний мегават потужності біогазової установки за рік утворюється 40–50 тис. т такого дигестату [13].

Таким чином, середня біогазова установка, яка може бути розміщена на території тваринницького комплексу і переробляти близько 37 000 тонн/рік гною, після переробки може генерувати приблизно 35 000 тонн цінних біодобрив на рік. В одній тонні таких добрив міститься в середньому 3,5 кг загального азоту. Впровадження біогазових комплексів дає змогу не лише переробляти відходи рослинництва та тваринництва, а й позбутися необхідності створення умов для зберігання відходів.

У 2020 році Україна зайняла 14-у позицію серед 100 країн світу, які розвиваються, за привабливістю інвестицій у ВДЕ, що на 6 місць нижче, ніж у 2019 році (рис. 1). Вважаємо, що такий спад спричинений тим, що Україні інвестиції у ВДЕ у 2019 р. були найбільшими – 3,773 млрд дол, тоді як у 2020 р. скоротилися до 0,134 млрд дол. У ТОП-10 найпривабливіших ринків для інвестицій у ВДЕ у 2020 р. входять США, Німеччина, Китай, Франція, Іспанія, Індія, Австралія, Японія, Нідерланди та Бразилія. У той час як у розвинутих країнах фінансування активів для проєктів відновлюва-

Таблиця 4

Динаміка розвитку виробництва біогазу у деяких країнах та Україні, 2012–2020 рр.

Роки	Німеччина		Польща		Україна	
	Встановлена потужність, МВт	Виробництво електроенергії, ГВт·год	Встановлена потужність, МВт	Виробництво електроенергії, ГВт·год	Встановлена потужність, МВт	Виробництво електроенергії, ГВт·год
2012	4921	27,314	128	565	7	-
2013	5148	29,255	153	690	14	5
2014	5437	31,086	187	816	15	39,3
2015	5643	33,098	216	906	18	64,0
2016	5850	33,711	225	1027	21	89,0
2017	6147	33,879	229,2	1096	34	94,6
2018	6761	33,119	225,5	1128	46	176,0
2019	7068	32,910	232,9	1135	93	212,0
2020	7459	-	243,2	-	103	-

Джерело: розраховано за даними International Renewable Energy Agency (IRENA) [10]

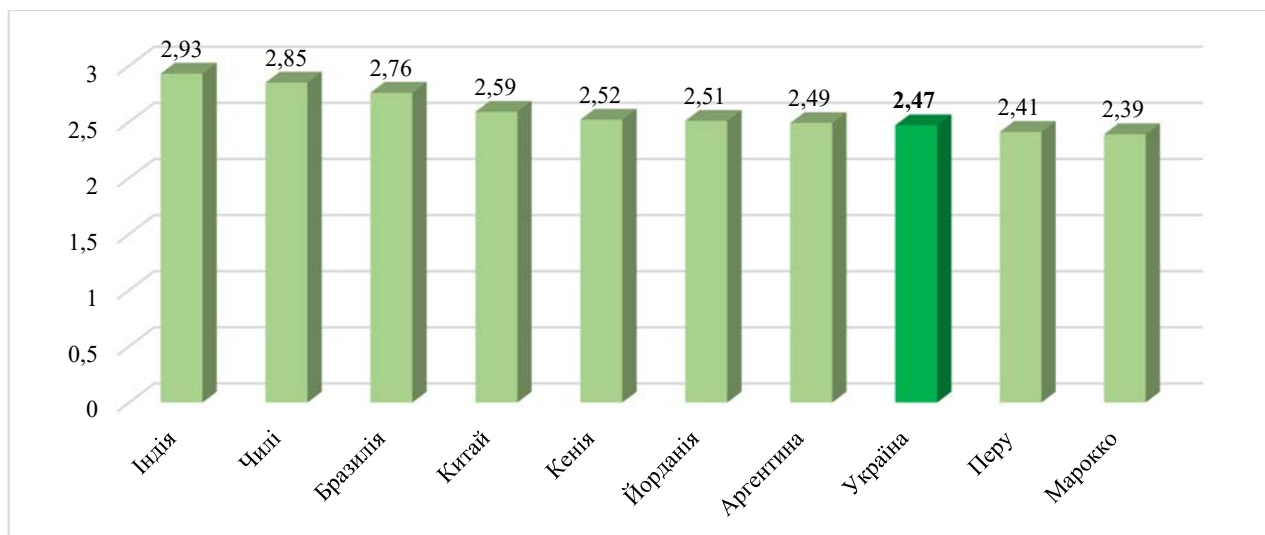


Рис. 1. Оцінка привабливості інвестицій у відновлювані джерела енергії серед країн, які розвиваються, 2020 р.

Джерело: складено на підставі щорічного звіту *ClimateScope* [14]

ної енергетики зросло на 24% зі 109 млрд дол у 2019 р. до 136 млрд дол у 2020 р., у країнах, що розвиваються рівень впав на 9% зі 159 млрд дол до 145 млрд дол. Інвестиції залишаються на 7% вищими у країнах, що розвиваються, але розрив набагато менший, ніж у попередні роки.

Використання біогазу з сільськогосподарських відходів для виробництва енергії в Україні має численні переваги порівняно з іншими відновлюваними джерелами енергії, зокрема:

1) виробництво біогазу і, таким чином, отримання енергії з цього джерела не залежить від погодних умов;

2) поєднання біомаси з сільськогосподарських підприємств, що працюють у різні сезони, з біомасою з переробних підприємств (наприклад, виробників цукру) дозволяє виробляти енергію протягом року;

3) органічні добрива як побічні продукти виробництва біогазу можуть бути використані в подальшому для органічного землеробства (використання органічних добрив в Україні зменшилось з 6,2 т/га у 1990 р. до 0,27 т/га у 2020 р.), при цьому площі внесення органічних добрив зменшилися з 5,5 до 0,8 млн га);

4) ефективне управління сільськогосподарськими відходами, таким чином допомагаючи зберегти якість ґранту та сільськогосподарські угіддя, які інакше використовувалися б для зберігання відходів;

5) можливість сприяти виробництву енергії ближче до місць виробництва сільськогосподарських відходів, таким чином зменшуючи транспортні витрати та викиди, одночасно оптимізуючи ефективність використання відходів (які з часом втрачають свою енергогенеруючу здатність);

6) стабілізація пікових навантажень у мережах передачі енергії та покриття можливих збоїв у виробництві

електроенергії, створених періодичними відновлюваними джерелами енергії, такими як вітер і сонце;

7) зменшення викидів метану, який має вищий потенціал глобального потепління, ніж CO_2 , є важливим з точки зору пом'якшення кліматичних змін;

8) створення нових робочих місць для працівників, зайнятих на підприємствах з переробки сільськогосподарської продукції, які в Україні зазвичай розташовані в малих містах і часто є основними/єдиними роботодавцями в цих регіонах.

Таким чином, переваги використання біогазу полягають не лише у виробництві альтернативної енергії, але й у тому, що це рішення безлічі екологічних проблем, оскільки завдяки належній утилізації та переробці сільськогосподарських відходів, виробництво біогазу може запобігти викидам метану та інших парникових газів у атмосферу.

Висновки. Підсумовуючи результати дослідження, слід зазначити, що Україна не залишає поза увагою глобальні виклики людства, зокрема, проблеми зміни клімату та адаптації до цих змін. Виробництво біогазу є привабливою альтернативою з точки зору виробництва енергії, враховуючи майже невичерпні сировинні ресурси, увага держави спрямована на залучення все нових і нових можливостей виробництва біогазу. Реалізація біогазових проєктів в Україні призведе до помірних структурних змін; спочатку вони матимуть форму уповільнення видобутку вугілля, природного газу та інших традиційних джерел енергії. Проте розширене використання біогазових проєктів потребує значної модернізації існуючих енергетичних мереж та інфраструктури, а також в Україні потрібно на рівні урядової програми стимулювати виробництво біогазу з аграрних відходів.

Список використаних джерел:

1. Гончарук І.В. Виробництво біогазу в аграрному секторі – шлях до підвищення енергетичної незалежності та родючості ґрунтів. *Агроевіт.* 2020. № 15. С. 18–29. DOI: 10.32702/2306&6792.2020.15.18.
2. 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. 11. № 3 (43). P. 513–522. DOI: 10.14505/jemt.v11.3(43).02.

3. Калетнік Г.М., Гончарук Т.В. Інноваційне забезпечення розвитку біопаливної галузі: світовий та вітчизняний досвід. *Бізнес Інформ*. 2013. № 9. С. 155–160.
4. Токарчук Д.М., Пришляк Н.В., Паламаренко Я.В. Перспективи використання відходів рослинництва на виробництво біогазу в Україні. *Агросвіт*. 2020. № 22. С. 51–57. DOI: 10.32702/2306&6792.2020.22.51.
5. Вовк В.Ю. Світовий досвід переходу до моделей циркулярної економіки на основі використання безвідходних технологій в АПК. *Економічний простір*. 2022. № 179. С. 91–99. DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/179-14>.
6. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 20.09.2022).
7. Трипольська Г., Дячук О., Подолець Р., Чепелев М. Біогазові проекти в Україні: перспективи, наслідки та регуляторна політика. *Економіка прогнозування*. 2018. № 2. С. 111–134.
8. Офіційний сайт Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України. URL: <https://sae.gov.ua/uk> (дата звернення: 21.09.2022).
9. Ходаківська О.В. Екологізація аграрного виробництва: монографія. Київ: ННЦ «ІАЕ». 2015. 350 с.
10. International Renewable Energy Agency (IRENA). URL: <https://www.irena.org/> (дата звернення: 18.09.2022).
11. Вовк В.Ю. Економічна ефективність використання безвідходних технологій в АПК. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2020. № 4 (54). С. 186–206. DOI: 10.37128/2411-4413-2020-4-13.
12. Ткаченко С.Й., Степанов Д.В., Степанова Н.Д. Аналіз соціальної та енерго- і природозбережної ефективності реалізації біогазової технології. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2020. № 2 (149). С. 34–41. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2020-149-2-34-41>.
13. Honcharuk I.V., Vovk V.Yu. Waste-free technology's for the production of biofuels from agricultural waste as a component of energy security of enterprises. *Development of scientific, technological and innovation space in Ukraine and EU countries: collective monograph*. Riga, Latvia: Publishing House "Baltija Publishing", 2021. P. 142–165. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-37>.
14. Climatescope 2021. URL: <https://global-climatescope.org/results/> (дата звернення: 12.09.2022).
15. Гонтарук Я.В. Перспективи розвитку енергозабезпечуючих кооперативів на селі. Міжнародний науково-виробничий журнал «Економіка АПК». 2019. № 11. С. 105–114. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201911105>.

References:

1. Honcharuk, I.V. (2020). Vyrobnnytstvo biohazu v aharnomu sektori – shliakh do pidvyshchennia enerhetychnoi nezalezhnosti ta rodiuchosti gruntiv [Biogas production in the agricultural sector is a way to increase energy independence and soil fertility]. *Ahrosvit – Agroworld*, vol. 15, pp. 18–29. DOI: 10.32702/2306&6792.2020.15.18.
2. 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*. vol. 11, № 3 (43), pp. 513–522. DOI: 10.14505/jemt.v11.3(43).02.
3. Kaletnik, G.M., & Honcharuk, T.V. (2013). Innovatsiine zabezpechennia rozvytku biopalyvnoi haluzi: svitovyi ta vitchyzniani dosvid [Innovative support of biofuel industry development: world and domestic experience]. *Biznes Inform – Business Inform*, vol. 9, pp. 155–160.
4. Tokarchuk, D.M., Pryshliak, N.V., & Palamarenko, Ya.V. (2020). Perspektyvy vykorystannia vidkhodiv roslynnytstva na vyrobnnytstvo biohazu v Ukraini [Prospects for using crop production waste for biogas production in Ukraine]. *Ahrosvit – Agroworld*, vol. 22, pp. 51–57. DOI: 10.32702/2306&6792.2020.22.51.
5. Vovk, V.Yu. (2022). Svitovyi dosvid perekhodu do modelei tsyrkuliarnoi ekonomiky na osnovi vykorystannia bezvidkhodnykh tekhnolohii v APK [World experience of transition to circular economy models based on the use of zero-waste technologies in AIC]. *Ekonomichnyi prostir – Economic space*, vol. 179, pp. 91–99. DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/179-14>.
6. Ofitsiynyi sait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy [Official site of the State Statistics Service of Ukraine]. Available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (accessed: 20.09.2022).
7. Trypolska, H., Diachuk, O., Podolets, R., & Chepeliev, M. (2018). Biohazovi proekty v Ukraini: perspektyvy, naslidky ta rehuliatorna polityka [Biogas projects in Ukraine: prospects, consequences and regulatory policy]. *Ekonomika prohnozuvannia – Economics of forecasting*, vol. 2, pp. 111–134.
8. Ofitsiynyi sait Derzhavnogo ahenstva z enerhoefektyvnosti ta enerhozberezhennia v Ukraini [Official site of the State Agency for Energy Efficiency and Energy Saving in Ukraine]. Available at: <https://sae.gov.ua/uk> (accessed: 21.09.2022).
9. Khodakivska, O.V. (2015). *Ekolohizatsiia aharnoho vyrobnnytstva: monohrafiia [Ecologization of agricultural production: a monograph]*. Kyiv: NNTs IAE, 350 p.
10. International Renewable Energy Agency (IRENA). Available at: <https://www.irena.org/> (accessed: 18.09.2022).
11. Vovk, V.Yu. (2020). Ekonomichna efektyvnist' vykorystannia bezvidkhodnykh tekhnolohij v APK [Economic efficiency of waste-free technologies in agro-industrial complex]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economics, finance, management: topical issues of science and practical activity*, vol. 4 (54), pp. 186–206. DOI: 10.37128/2411-4413-2020-4-13.
12. Tkachenko, S.Y., Stepanov, D.V., & Stepanova, N.D. (2020). Analiz sotsialnoi ta enerho- i pryrodoberezhnoi efektyvnosti realizatsii biohazovoi tekhnolohii [Analysis of the social and energy- and nature-saving effectiveness of the implementation of biogas technology]. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnogo instytutu – Bulletin of the Vinnytsia Polytechnic Institute*, vol. 2 (149), pp. 34–41. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2020-149-2-34-41>.
13. Honcharuk I.V., Vovk V.Yu. (2021). Waste-free technology's for the production of biofuels from agricultural waste as a component of energy security of enterprises. *Development of scientific, technological and innovation space in Ukraine and EU countries: collective monograph*. Riga, Latvia: Publishing House "Baltija Publishing", pp. 142–165. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-151-0-37>.
14. Climatescope 2021. Available at: <https://global-climatescope.org/results/> (accessed: 12.09.2022).
15. Hontaruk, Ya.V. (2019). Perspektyvy rozvytku enerhozabezpechuiuchykh kooperatyviv na seli [Prospects for the development of energy supply cooperatives in the countryside]. *Mizhnarodnyi naukovo-vyrobnnychiy zhurnal «Ekonomika APK» – International scientific and production journal «Economics of AIC»*, vol. 11, pp. 105–114. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201911105>.