

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-54-43>

УДК 338.3: 338.4

НОВІ ЗНАННЯ ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ДОМОГОСПОДАРСТВ

NEW KNOWLEDGE ABOUT THE EFFICIENCY OF USING INDIVIDUAL BIOGAS DIGESTORS FOR THE PROCESSING OF HOUSEHOLD WASTE

Пришляк Наталя Вікторівна,
доктор економічних наук, доцент,
Вінницький національний аграрний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0544-1441>

Білокінна Ілона Дмитрівна
кандидат економічних наук, старший викладач,
Вінницький національний аграрний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5816-1067>

Pryshliak Natalia
Vinnytsia National Agrarian University

Bilokinna Iлона
Vinnytsia National Agrarian University

Україна, як і багато інших країн, стикається з викликами стосовно виробництва та використання енергії, а також екологічного забруднення та викидів парникових газів. У цьому контексті, виробництво біогазу, яке базується на переробці органічних відходів у відновлювальну енергію, стає все більш актуальним і може мати значний потенціал для України. У статті досліджено останні знання щодо ефективності використання індивідуальних біогазових установок для переробки відходів домогосподарств. Акцентовано увагу на потенціалі індивідуальних біогазових установок як джерела альтернативної енергії та на їх технологічному розвитку, що сприяє покращенню їх продуктивності та надійності. Визначено відзначає соціальні та екологічні переваги використання біогазових установок, такі як зменшення викидів парникових газів та забруднення довкілля. Висвітлено виклики, що виникають у процесі використання таких установок та покликаність до подолання цих перешкод. Вказано на важливість розвитку індивідуальних біогазових установок як способу сприяти сталості та екологічному розвитку в сучасному світі.

Ключові слова: біогаз, відходи, індивідуальні біогазові установки, енергетична безпека.

Ukraine, like numerous other nations, grapples with complex challenges stemming from energy production, environmental degradation, and greenhouse gas emissions. Amid this intricate landscape, the promising avenue of biogas production, founded on the transformation of organic waste into renewable energy, stands out as an increasingly pertinent and potentially transformative solution for Ukraine. This article conducts a comprehensive examination of the most recent insights into the efficacy of individual biogas plants for processing household waste. It prominently underscores the multifaceted potential inherent in individual biogas plants, both as a viable source of alternative energy and as a burgeoning technological frontier primed to enhance productivity and reliability. Furthermore, this study meticulously elucidates the social and environmental advantages associated with the deployment of biogas plants, particularly their role in curtailing greenhouse gas emissions and mitigating environmental pollution. While showcasing these benefits, the article judiciously delineates the inherent challenges encountered throughout the implementation of such installations, shedding light on the imperative necessity to surmount these obstacles. This research underscores the paramount significance of nurturing the growth and development of individual biogas plants as an instrumental pathway towards fostering sustainability and ecological progress in the contemporary world. By dissecting the potential, benefits, and challenges of biogas production at the individual level, this study offers critical insights and a compelling case study that holds implications not only for Ukraine but for nations worldwide seeking to harmonize energy production, environmental preservation, and the pursuit of a sustainable future. It has

been investigated that the development of biogas production technologies in Ukraine requires joint efforts of the state and business. This includes the creation of the necessary legislative framework, the provision of economic support for the installation of individual biogas plants and the development of directions for the further use of biogas.

Keywords: biogas, waste, individual biogas plants, energy security.

Постановка проблеми. Підвищені ціни на традиційні джерела енергії створюють значний тиск на енергетичну стійкість України. Цей негативний фактор посилюється дефіцитом палива і геополітичними напругами з Росією, які роблять нашу країну вразливою щодо постачання енергоресурсів. Відповідно, стає надзвичайно важливою не лише зменшення витрат на енергію, але й активний розвиток та впровадження альтернативних джерел енергії, які б допомогли українському суспільству забезпечити сталу та доступну енергетичну безпеку. Однією з важливих складових цього процесу є індивідуальні біогазові установки. Серед альтернативних джерел енергії, які можуть бути доступні на рівні окремих господарств, особливе місце відводиться індивідуальним біогазовим установкам. Ці технології дозволяють домогосподарствам виробляти свій власний біогаз з органічних матеріалів, таких як органічні відходи або рослинні залишки. Цей біогаз може бути використаний для опалення, приготування їжі та нагріву води на місці, що сприяє економії енергоресурсів та зменшенню залежності від зовнішніх постачань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тема виробництва біогазу активно обговорюється у вітчизняних наукових колах. Такі науковці як Паламарчук Я. В., Сакун Л. М., Різніченко Л. В., Велькін Б. О. [4], Токарчук Д. М. [10], Доронін А. В. [8] розглядали сучасний стан та перспективи розвитку біогазової галузі України. Черевко Г., Колодій А., Шугало В. [9] досліджували еколого-економічну ефективність переробки побутових відходів на біогаз. Калетнік Г. М., Паламарчук В. Д., Гончарук І. В., Ємчик Т. В., Телекало Н. В. [1], Ткач Н. М., Мірзоєва Т. В. [12] досліджували перспективи використання кукурудзи для виробництва біогазу, що позитивно впливає на енергоефективний та екологобезпечний розвиток сільських територій. Гончарук І. В. [13], Панцирева Г. В. [13], Вовк В. Ю. [13], Верхолюк С. Д. [13] в результаті дослідження довели, що раціональне використання природних ресурсів завдяки ефективному поводженню з відходами та формування концепції ресурсозберігаючого АПК за рахунок розроблення і впровадження біоорганічних техно-

логій вирощування сільськогосподарських культур для виробництва біопалив з агробіомаси та відходів галузі тваринництва мають вагомое значення в забезпеченні енергетичної незалежності галузі та формуванні продовольчої безпеки країни.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на достатню кількість наукових праць, присвячених виробництву біогазу в Україні та світі, проблематика ефективності використання індивідуальних біогазових установок для переробки відходів домогосподарств розкрита ще недостатньо і зумовлює актуальність даної наукової роботи. Дана робота присвячена дослідженню можливостей господарствам та підприємствам забезпечувати себе власною, відновлюваною енергією з вторинної сировини шляхом виробництва біогазу.

Формулювання цілей статті. Мета статті полягає в розгляді та аналізі нових наукових відкриттів та досліджень щодо ефективності використання індивідуальних біогазових установок для переробки відходів домогосподарств та надати чіткі уявлення про їхні можливості та обмеження, враховуючи результати SWOT-аналізу.

Виклад основного матеріалу дослідження. В умовах дефіциту енергоресурсів та погіршення екологічного стану навколишнього середовища пошук екологобезпечного способу їх переробки в тому числі на біогаз є необхідним та актуальним [7]. Біогаз представляє собою паливний газ, що виникає внаслідок природного процесу мікробного розкладання органічних речовин у вологому середовищі, де відсутній доступ кисню. Цей анаеробний процес відбувається у спеціальних герметичних реакторах, які можуть мати форму як циліндра, так і бути розташованими горизонтально або вертикально. Більш технічно кажучи, біогаз формується під час анаеробного бродіння органічних матеріалів у відсутності кисню в спеціальних реакторах, що можуть бути як горизонтальними, так і вертикальними циліндрами. Анаеробний процес бродіння відбувається у герметичних реакторах, які мають зазвичай циліндричну форму і можуть бути встановлені горизонтально або вертикально. Для досяг-

нення ефективного бродіння у внутрішньому просторі реактора необхідно підтримувати постійну температуру відповідно до вибраного режиму бродіння: мезофільного (де температура субстрату становить 35 ± 3 °C) або термофільного (де температура субстрату становить 53 ± 1 °C), а також регулярно перемішувати зброджуваний матеріал. Найбільш ефективними вважаються біореактори, які працюють у термофільному режимі, де виходить біогаз із кількістю 4,5 літра на кожен літр корисного об'єму реактора. Під час процесу бродіння виникає біогаз, що містить у собі від 40% до 70% метану, від 30% до 60% вуглекислого газу, приблизно 1% сірководню, і невелику кількість азоту, водню та аміаку. Об'ємна теплота спалювання біогазу становить 22 МДж/м³.

Залежно від джерела сировини, з якої отриманий біогаз, його можна класифікувати наступним чином:

1. Біогаз із відходів: тваринництва, включаючи гній великої рогатої худоби, свиней, послід птахів і таке інше; рослинництва, включаючи кукурудзяний силос, буряковий жом і подібні; підприємств харчової промисло-

вості, включаючи молочну сироватку, мелясну барду, пивну дробину і таке інше (рис. 1).

2. Біогаз із полігонів і сміттєзвалищ твердих побутових відходів.

3. Біогаз із осадів стічних вод очисних споруд. Для отримання біогазу субстрат спершу піддають подрібненню та гомогенізації, після чого піддають хімічній обробці. Рідку фракцію перекачують за допомогою помпи, а тверду фракцію завантажують в реактор за допомогою шнекового механізму. У реакторі цей субстрат перемішують разом із природними або штучно доданими мікроорганізмами і підтримують при постійній температурі. Біогаз, який утворюється в результаті бродіння, збирають у газгольдері. Після очищення від сірководню та вологи, цей біогаз можна використовувати для виробництва електроенергії або подальшого очищення від вуглекислого газу для отримання біометану. Отриманий біогаз повинен відповідати вимогам, встановленим у таких нормативних документах, як «ДСТУ 7721:2015 «Газоподібне паливо. Біогаз. Технічні вимоги і методи контролю», «ДСТУ 7509:2014 «Газоподібне паливо. Біогаз. Методи відбору проб», і «ДСТУ

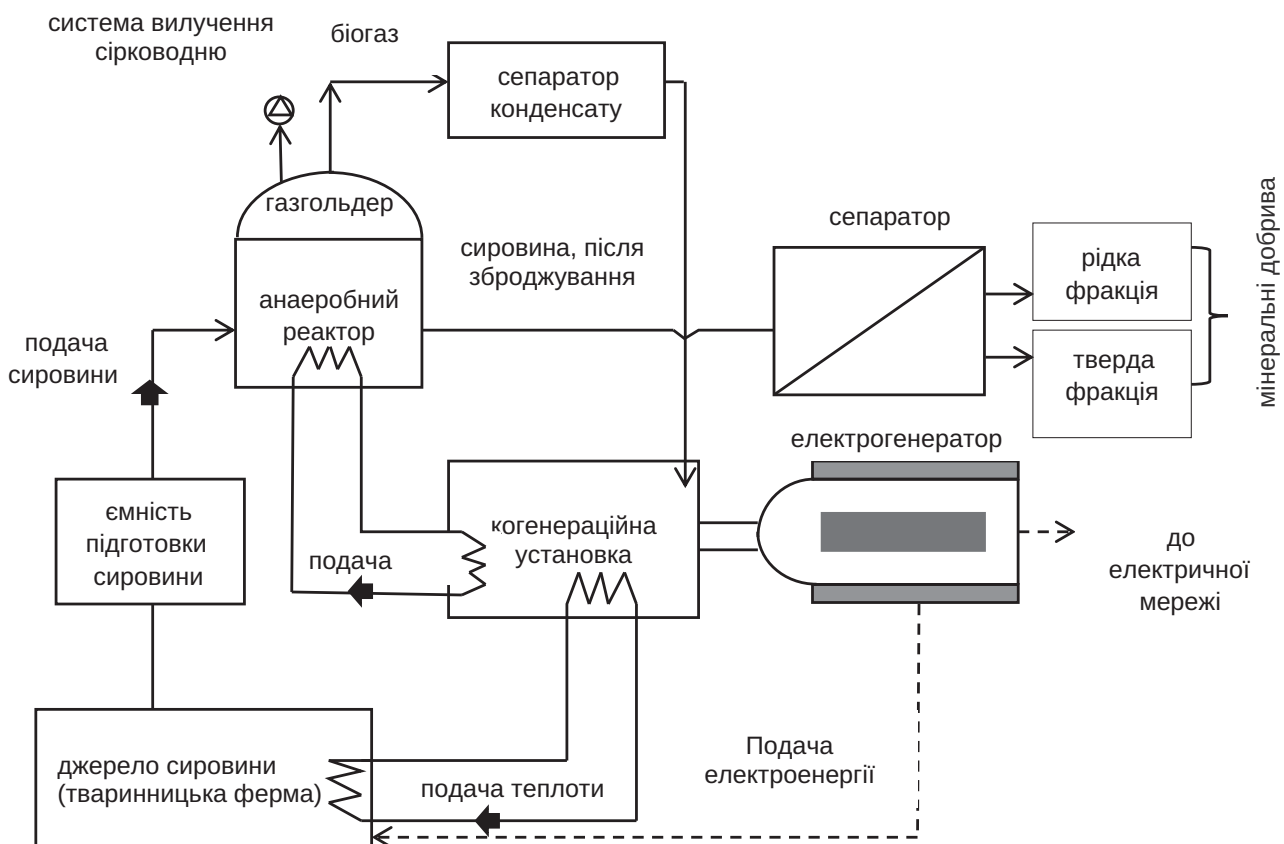


Рис. 1. Блок-схема виробництва біогазу

Джерело: сформовано авторами за даними опрацьованої літератури [1; 3; 5]

4516:2006 «Поновлювані джерела енергії. Установки біогазові».

Переробка органічної частки промислових і побутових відходів є значним резервом для покращання енергетичного забезпечення країни за рахунок їхньої переробки на біогаз. При цьому ще й позитивно вирішується питання поліпшення родючих властивостей сільськогосподарських ґрунтів за рахунок їхнього удобрення якісними органічними біодобривами, які утворюються після переробки зазначених відходів на біогаз [9].

На сьогоднішній день існують різні базові технології збагачення біогазу до біометану, включаючи мембранну сепарацію, абсорбцію (водяну, хімічну, фізичну), адсорбцію при змінному тиску (PSA) та криогенну очистку.

У біогазових технологіях, незважаючи на різноманітність, виділяють два основних класи:

1. Централізовані біогазові установки, які характеризуються великими розмірами і щоденним обсягом сировини, яка піддається ферментації, від 50 до 100 тонн і більше.

2. Індивідуальні біогазові установки, які значно менші за розміром та мають набагато менший обсяг перероблюваної сировини.

З 1 тонни гною великої рогатої худоби можна отримати від 50 до 65 м³ біогазу із вмістом метану приблизно 60%. З різних видів рослин можна отримати від 150 до 500 м³ біогазу із вмістом метану до 70%. Максимальний вихід біогазу, а саме 1300 м³ із вмістом метану до 87%, можна отримати з жиру.

Так, можна узагальнити, що інтенсивність процесу бродіння і, відповідно, утворення біогазу значно впливає чотири основні групи факторів: біологічні чинники (склад зброджуваної біомаси, склад мікрофлори, яка здійснює бродіння, умови життєдіяльності мікроорганізмів); фізичні чинники (температура процесу бродіння, тиск у біогазовій установці, гідравлічний режим); хімічні чинники: (концентрація і кислотність середовища, у якому відбувається бродіння, вміст летких жирних кислот в зброджуваній масі; бсяг і склад біогазу, що утворюється); організаційно-технологічні чинники (доза добового завантаження нових порцій зброджуваної маси, навантаження за беззольною речовиною, залишкові речовини).

Урахування цих чинників є важливим при плануванні і управлінні біогазовими установками для максимізації виробництва біогазу і оптимізації процесу бродіння.

Прикладом успішного розвитку технологій виробництва біогазу на індивідуальних уста-

новках може бути індійський досвід. В Індії індивідуальні біогазові установки, відомі як «Біогазові пічки» або «Гангапутра моделі», стали важливою частиною сільськогосподарського сектору. Ці установки використовують ковчегову технологію для обробки органічних відходів, таких як гній та кухонні відходи, і перетворення їх на біогаз для приготування їжі та освітлення. Ця ініціатива допомагає сім'ям знизити енергетичні витрати та покращити умови життя. Починаючи з 1970-х років, Індія ініціювала програми розвитку біогазових технологій, включаючи Національну програму управління біогазом і гноєм. Ця програма стала однією з найбільших і найвпливовіших у світі і її метою було сприяти виробництву біогазу.

Спочатку ініціатива орієнтувалася на розвиток біогазових установок на господарствах та в сільських регіонах, де органічні відходи і гноївка були допоміжними ресурсами. Завдяки цій програмі, багато індійських сімей отримали доступ до енергії, яка була здобута з відходів і допомогла поліпшити їхні умови життя.

Сьогодні Національна програма управління біогазом і гноєм залишається однією з передових ініціатив у світі щодо використання біологічних ресурсів для виробництва енергії. Індійський досвід слугує важливим прикладом того, як інноваційні технології можуть бути впроваджені на рівні окремих господарств та сприяти сталим екологічним і економічним розвитком. На сьогодні загальний обсяг виробництва біогазу в Індії складає 2,07 мільярди метрів кубічних на рік [1].

Індивідуальні біогазові установки також є дуже поширеними в Китаї, особливо в регіонах з теплим кліматом. У Китаї, особливо у сільських районах, індивідуальні біогазові установки широко використовуються для виробництва біогазу з гною, органічних відходів та сільськогосподарських залишків. «Китайські куполи» – це спеціальні конструкції, які відновлюють біогаз, і вони легко встановлюються та експлуатуються. Ця практика допомагає селянам отримувати доступ до енергії та підвищує їхні житлові та економічні умови. Такі установки можуть бути встановлені на будь-якому подвір'ї господарства, де є худоба, таких як корови, свині, кури і т. д. Крім того, вони використовують кухонні харчові відходи, траву, відходи з садівництва та городництва. У Німеччині індивідуальні біогазові установки зазвичай встановлюються на приватних фермах та господарствах.

Вони використовують гній, рослинні залишки та інші органічні матеріали для виробництва біогазу, який може бути використаний для генерації тепла та електроенергії. Німеччина є однією з провідних країн у розвитку біогазової енергетики. У Камбоджі індивідуальні біогазові установки допомагають сім'ям в сільській місцевості виробляти біогаз для приготування їжі та освітлення. Зазвичай вони базуються на простих технологіях, таких як біогазові ями, і використовують органічний матеріал, що дозволяє ефективно використовувати відходи та ресурси. У Непалі індивідуальні біогазові установки стали важливим джерелом енергії для сільських господарств та сімей. Вони використовують гній, кухонні відходи та інші органічні матеріали для виробництва біогазу. Ця ініціатива допомагає зменшити залежність від традиційних джерел енергії та сприяє сталішому розвитку у сільських громадах Непалу. У США індивідуальні біогазові установки також існують, хоча менш поширено. Зазвичай вони встановлюються на фермах і великих господарствах для обробки гною та інших органічних матеріалів. Вони можуть виробляти біогаз для тепла та електроенергії.

Практика встановлення індивідуальних біогазових установок є корисною для вітчизняних домогосподарств, оскільки вона сприяє вирішенню двох проблем одночасно: утилізації органічних відходів та забезпеченню альтернативним джерелом енергії. Індивідуальна установка для виробництва біогазу може бути встановлена на будь-якому подвір'ї домогосподарства, яке має корів, свиней, курей і т. д. Для виробництва біогазу використовуються гної, кухонні харчові відходи, трава, відходи садівництва та городництва.

Будівельний майданчик для індивідуальної біогазової установки малої потужності вибирається нижче рівня промерзання ґрунту та зазвичай розташовується безпосередньо під приміщенням, де тримається худоба. Ці біогазові установки є дуже простими за конструкцією і, як правило, не потребують додаткових пристроїв для перемішування та нагрівання субстрату. Сировина самопливом потрапляє в реактор. Бункер для збирання зброженої маси з'єднаний з реактором, що виконує функцію компенсуючої будівлі для реактора, щоб зброжена маса відповідала дозі завантаження свіжої сировини. Відсутність системи перемішування субстрату призводить до потреби частіше зупинятися для очищення від бруду в нижній частині реак-

тора, ніж у випадку установок, де ця система передбачена.

Вихід біогазу залежить від вмісту сухої речовини та виду використовуваної сировини. У дослідженні [2] було підтверджено, що попереднє підігрівання субстрату до температури зброджування (37-40°C) підсилює процес подальшого розкладання. Оптимальний склад субстрату, який забезпечує найвищий вихід біогазу, містить 5% подрібненої суміші овочів, 85% води і 10% гною великої рогатої худоби.

Для широкого поширення таких установок в Україні, крім інформаційної роботи, справді потрібно фінансове стимулювання зі сторони держави, подібно до того, як це відбувається в Індії та Китаї. Наприклад, Китай розробив програму комплексного використання біогазу ще в 1958 році з метою утилізації гною та поліпшення санітарних умов у сільських районах. За підтримки уряду у 1970-х роках в сільських районах Китаю стали виготовляти установки для обробки каналізаційних стоків, які отримали назву «китайський купол». Вони виявилися легкими у використанні, і китайські фермери могли будувати та експлуатувати їх самостійно. Сьогодні подібні установки об'ємом 6–8 м³ виробляють біогаз, який забезпечує 80% потреб родини з чотирьох членів для приготування їжі та дому.

Експерти вважають, що причиною успіху китайського «біогазового феномену» є збалансована система державної підтримки. Такий підхід може бути цілком застосованим і в Україні, де створення стимулів та пільг для господарств, що виробляють біогаз, може сприяти розвитку цієї технології та сприяти покращенню екологічних та енергетичних показників у країні.

Виробництво індивідуальних біогазових установок в Україні має потенціал для розвитку і відзначається декількома ключовими перевагами та можливостями (табл. 1).

Загалом, виробництво індивідуальних біогазових установок в Україні має потенціал для зменшення викидів парникових газів, поліпшення якості ґрунту та забезпечення енергетичної незалежності господарств. Проте для досягнення цих цілей потрібна підтримка зі сторони держави, регулювання та інвестиції у розвиток цієї галузі.

Задля визначення сильних та слабких сторін, можливостей та загроз виробництва індивідуальних біогазових установок в Україні проведемо SWOT-аналіз (табл. 2). Це дозволить нам ретельніше оцінити перспективи цієї

Таблиця 1

Переваги, можливості та необхідні вимоги задля виробництва біогазу в індивідуальних біогазових установках в Україні

Переваги виробництва біогазу в індивідуальних біогазових установках	Необхідні складові
<p>1. Потенціал сировини: Україна має значний потенціал у вирощуванні сільськогосподарських культур та утриманні худоби, що створює велику кількість органічних відходів, ідеальних для виробництва біогазу.</p> <p>2. Екологічні переваги: Виробництво біогазу сприяє зменшенню викидів парникових газів та сприяє покращенню якості ґрунту, оскільки відходи після біогазового процесу можна використовувати як органічне добриво.</p> <p>3. Доступність технологій: Технології виробництва біогазу для індивідуальних господарств стають все більше доступними та ефективними, і їх можна адаптувати до різних розмірів господарств.</p> <p>4. Зменшення енергетичної залежності: Виробництво біогазу дозволяє господарствам зменшити залежність від традиційних джерел енергії та скоротити витрати на паливо.</p> <p>5. Розвиток регіональних господарств: Виробництво біогазу може створити можливість для розвитку малих підприємств, що спеціалізуються на обробці відходів та обслуговуванні біогазових установок.</p>	<p>1. Фінансова підтримка: Державна або регіональна фінансова підтримка для розробки та впровадження біогазових проектів на рівні домогосподарств. Це може включати в себе субсидії, кредити або гранти для створення таких установок.</p> <p>2. Податкові пільги: Встановлення податкових стимулів для господарств, які виробляють біогаз, може зробити цю технологію більш привабливою для інвесторів та фермерів.</p> <p>3. Освіта та навчання: Забезпечення належної освіти та навчання для фермерів і технічного персоналу, що відповідають за експлуатацію біогазових установок.</p> <p>4. Стандарти та регулювання: Розробка стандартів і регуляцій для забезпечення безпеки та якості біогазу та його виробництва.</p> <p>5. Розробка регіональних мереж: Завдання розвитку інфраструктури для збору та розподілу біогазу може сприяти подальшому розвитку цієї галузі.</p>

Джерело: сформовано авторами

галузі та ідентифікувати можливі шляхи для її подальшого розвитку. Зважаючи на потреби в енергетичній незалежності та збереженні навколишнього середовища, розгляд цієї альтернативної енергетичної технології стає надзвичайно важливим завданням для України.

Загальний висновок SWOT-аналізу показує, що виробництво індивідуальних біогазових установок в Україні має значний потенціал, особливо з урахуванням екологічних та енергетичних викликів сучасного світу. Однак для успішного розвитку галузі потрібні державна підтримка, фінансові інcentиви та освітня програма, щоб зменшити слабкі сторони та використовувати можливості.

Отже, виробництво біогазу має великий потенціал у різних аспектах, і це дійсно актуальна і перспективна сфера досліджень та практичного впровадження. Ось деякі з головних переваг і важливих аспектів виробництва біогазу для України загалом:

Утилізація органічних відходів: виробництво біогазу дозволяє використовувати органічні відходи, такі як гноївка, рослинний залишок, та інші, що в іншому випадку можуть призвести до забруднення навко-

лишнього середовища та викидів парникових газів. Це сприяє зменшенню екологічного навантаження.

Сприяння боротьбі зі зміною клімату: виробництво біогазу допомагає зменшити викиди парникових газів, таких як метан, що утворюється під час розкладання органічних відходів. Це сприяє боротьбі зі зміною клімату та глобальному потеплінню.

Енергетична ефективність: біогаз може бути використаний для виробництва електроенергії та тепла, що робить його цінним джерелом палива для виробництва енергії.

Зменшення залежності від традиційних паливних ресурсів: виробництво біогазу дозволяє зменшити залежність від традиційних паливних ресурсів, таких як нафта та вугілля, що може бути особливо важливим у контексті зростання їхньої вартості та обмеженості резервів.

Розвиток регіонального господарства: виробництво біогазу на місцевому рівні сприяє розвитку регіонального господарства та створює робочі місця в сільських районах.

Висновки. Отже, у контексті високих цін, енергетичних викликів та геополітичних тур-

Таблиця 2

SWOT-аналіз виробництва індивідуальних біогазових установок в Україні

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
<p>1. Потенціал сировини: Україна має великий обсяг органічних відходів, таких як гній, сільськогосподарські залишки та кухонні відходи, які можна використовувати для виробництва біогазу.</p> <p>2. Екологічні переваги: Виробництво біогазу сприяє зменшенню викидів парникових газів та забруднення навколишнього середовища.</p> <p>3. Зменшення енергетичної залежності: Біогаз може служити альтернативним джерелом енергії, що допомагає зменшити залежність від імпортованих джерел енергії.</p> <p>4. Регіональний розвиток: Виробництво біогазу може створити робочі місця та сприяти розвитку регіональних господарств.</p>	<p>1. Високі початкові витрати: Встановлення біогазових установок може бути витратним процесом, що може зупинити багатьох фермерів та господарств.</p> <p>2. Низька освіченість: Багато фермерів і господарств можуть не мати необхідного рівня знань та навичок для виробництва біогазу.</p> <p>3. Бюрократичність та регулювання: Складність бюрократичних процедур та регулятивних обмежень може ускладнити процес отримання дозволів та фінансування.</p>
Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
<p>1. Державна підтримка: Уряд може надавати фінансову підтримку та стимулювати розвиток галузі шляхом субсидій та податкових льот.</p> <p>2. Зростання попиту: Зі зростанням свідомості про екологічні проблеми та зміну споживчих практик може збільшитися попит на біогазові установки.</p> <p>3. Технологічний розвиток: Постійний розвиток технологій у галузі біогазу може полегшити і підвищити ефективність виробництва.</p>	<p>1. Конкуренція з іншими джерелами енергії: Запровадження біогазових установок може конкурувати з іншими джерелами енергії, такими як вугілля або газ.</p> <p>2. Варіабельність сировини: Подання органічних відходів може змінюватися в залежності від сезону та географічного розташування, що може вплинути на стабільність виробництва біогазу.</p> <p>3. Економічна нестабільність: Економічні коливання та зміни цін на енергоресурси можуть вплинути на фінансову вигоду виробництва біогазу.</p>

Джерело: сформовано авторами

булентностей, активний розвиток і використання індивідуальних біогазових установок стає ключовою стратегією для забезпечення національної енергетичної стабільності та розвитку на рівні окремих господарств.

Завдяки розглянутому міжнародного досвіду, ми можемо визнати, що індивідуальні біогазові установки не лише дозволяють господарствам зменшити свої витрати на енергію, але й сприяють зниженню викидів і покращенню екологічного стану нашої країни.

За результатами проведеного дослідження можна зробити кілька важливих висновків: (1) Біогаз є ефективним видом палива, що може бути отриманий із поновлюваних джерел. Він є надійним та перевіреним джерелом енергії.

(2) Ефективність виробництва біогазу суттєво залежить від кількох факторів, включаючи тип використовуваної сировини, конструкцію та розмір установок, а також параметри інтенсифікації біометаногенезу. (3) Розвиток технологій виробництва біогазу в Україні вимагає спільних зусиль держави та бізнесу. Це включає створення необхідної законодавчої бази, надання економічної підтримки для встановлення індивідуальних біогазових установок та розвиток напрямів подальшого використання біогазу. (4) Дослідження можливостей ефективного використання біогазу в майбутньому може сприяти подальшому розвитку цього джерела енергії та сприяти зменшенню екологічного впливу на навколишнє середовище.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Пришляк Н. В. Оцінка ефективності використання індивідуальних біогазових установок для переробки біовідходів селянських господарств. *Економіка АПК*. 2021. № 3. С. 5060.
2. Калетник Г. М., Паламарчук В. Д., Гончарук І. В., Ємчик Т. В., Телекало Н. В. *Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологічнобезпечного розвитку сільських територій*: монографія. Вінниця: ФОП Кушнір Ю. В. 2021. 260 с.
3. Паламаренко Я.В. Сучасний стан та перспективи розвитку біогазової галузі України. *Інвестиції: практика та досвід*. 2019. № 21. С. 5462.
4. Сакун Л. М., Різніченко Л. В., Велькін Б.О. Перспективи розвитку ринку біогазу в Україні та за кордоном. *Економіка і організація управління*. 2020. № 1 (37). С. 160170. DOI: <https://doi.org/10.31558/2307-2318.2020.1.16>
5. Стаднік М. І., Колісник М. А. Допустимий рівень споживання біогазу при виробництві електроенергії для тваринницької ферми. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2022. № 3 (118). С. 9094. DOI: <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2022-3-11>
6. Логоша Р. В., Паламарчук В. Д., Кричковський В. Ю. Економічна та біоенергетична ефективність використання дигестату біогазових станцій при вирощуванні сільськогосподарських та овочевих культур в умовах євроінтеграції України. *Бізнес Інформ*. 2022. № 9. С. С. 4052.
7. Мазур К. В., Гончарук Я. В. Перспективи виробництва біогазу з відходів підприємств та домогосподарств на полігонах твердих побутових відходів. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2022. № 2 (35). С. 6371.
8. Доронін А. В. Потенціал виробництва біогазу в галузі тваринництва України. *Продовольчі ресурси*. 2019. № 12. С. 202209. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/pr_2019_12_23
9. Черевко Г., Колодій А., Шугало В. Еколого-економічна ефективність переробки побутових і промислових відходів на біогаз. *Аграрна економіка*. 2019. Т. 12. № 1-2. С. 98107. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ae_2019_12_1-2_14
10. Токарчук Д. М., Пришляк Н. В., Паламаренко Я. В. Перспективи використання відходів рослинництва на виробництво біогазу в Україні. *Агросвіт*. 2020. № 22. С. 5157. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrosvit_2020_22_10
11. Рамш В. Ю., Потапенко М. В., Шаршонь В. Л. Техніко-економічна оцінка функціонально-однорідних груп біогазових установок. *Енергетика і автоматика*. 2022. № 6. С. 130137. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eia_2022_6_13
12. Ткач Н. М., Мірзоева Т. В. Обґрунтування економічної доцільності переробки зернових культур у біогаз. *Біоекономіка і аграрний бізнес*. 2021. Т. 12. № 2. С. 517. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/biagbu_2021_12_2_3
13. Гончарук І. В., Панцирева Г. В., Вовк В. Ю., Верховлюк С. Д. Дослідження екологічної безпеки та економічної ефективності дигестату як біодобрива. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 2. С. 8692.

REFERENCES:

1. Pryshliak N. V. (2021). Otsinka efektyvnosti vykorystannia indyvidualnykh biohazovykh ustanovok dlia pererobky biovidkhodiv selianskykh hospodarstv [Evaluation of the effectiveness of the use of individual biogas plants for the processing of biowaste of peasant households]. *Ekonomika APK – Economy of agro-industrial complex*, 3, 5060 [in Ukrainian]
2. Kaletnik H. M., Palamarchuk V. D., Honcharuk I. V., Yemchuk T. V., & Telekalo N. V. (2021). *Perspektyvy vykorystannia kukurudzy dlia enerhoefektyvnoho ta ekolohobezpechnoho rozvytku silskykh terytorii* [Prospects for the use of corn for energy-efficient and ecologically safe development of rural areas]. Vinnytsia: FOP Kushnir Yu. V. [in Ukrainian]
3. Palamarenko Ya. V. (2019). Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku biohazovoi haluzi Ukrainy [The current state and prospects for the development of the biogas industry in Ukraine]. *Investytsii: praktyka ta dosvid – Investments: practice and experience*, 21, 5462. [in Ukrainian]
4. Sakun L. M., Riznichenko L. V., & Vielkin B. O. (2020). Perspektivy rozvytku rynku biohazu v Ukraini ta za koronom [Sakun L. M., Riznichenko L. V., Velkin B. O. Prospects for the development of the biogas market in Ukraine and abroad]. *Ekonomika i orhanizatsiia upravlinnia – Economics and management organization*, 1 (37), 160170. DOI: <https://doi.org/10.31558/2307-2318.2020.1.16> [in Ukrainian].
5. Stadnik M. I., & Kolisnyk M. A. (2022). Dopustymyi riven spozhyvannia biohazu pry vyrobnytstvi elektroenerhii dlia tvarynnytskoi fermy [Permissible level of biogas consumption in the production of electricity for a livestock farm]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK – Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 3 (118), 9094. DOI: <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2022-3-11> [in Ukrainian].

6. Lohosha R. V., Palamarchuk V. D., & Krychkovskiy V. Iu. (2022). Ekonomichna ta bioenerhetychna efektyvnist vykorystannia dyhestatu biohazovykh stantsii pry vyroshchuvanni silskohospodarskykh ta ovochevykh kultur v umovakh yevrointehratsii Ukrainy [Economic and bioenergetic efficiency of the use of digestate of biogas plants in the cultivation of agricultural and vegetable crops in the conditions of the European integration of Ukraine]. *Biznes Inform – Business Inform*, 9, 4052 [in Ukrainian].
7. Mazur K. V., & Hontaruk Ya. V. (2022). Perspektyvy vyrobnytstva biohazu z vidkhodiv pidpriemstv ta domohospodarstv na polihonakh tverdykh pobutovykh vidkhodiv [Prospects for the production of biogas from the waste of enterprises and households at solid household waste landfills]. *Skhidna Yevropa: ekonomika, biznes ta upravlinnia – Eastern Europe: Economy, Business and Management*, 2 (35), 6371 [in Ukrainian].
8. Doronin A. V. (2019). Potentsial vyrobnytstva biohazu v haluzi tvarynnytstva Ukrainy [Biogas production potential in the livestock industry of Ukraine]. *Prodovolchi resursy – Food resources*, 12, 202209. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/pr_2019_12_23 [in Ukrainian].
9. Cherevko H., Kolodii A., & Shuhalo V. (2019). Ekoloho-ekonomichna efektyvnist pererobky pobutovykh i promyslovykh vidkhodiv na biohaz [Environmental and economic efficiency of processing household and industrial waste into biogas]. *Ahrarna ekonomika – Agrarian economy*, 12, 1–2, 98107. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ae_2019_12_1-2_14 [in Ukrainian].
10. Tokarchuk D. M., Pryshliak N. V., & Palamarenko Ya. V. (2020). Perspektyvy vykorystannia vidkhodiv roslynyntstva na vyrobnytstvo biohazu v Ukraini [Prospects for using crop production waste for biogas production in Ukraine]. *Ahrosvit – Agroworld*, 22, 5157. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrosvit_2020_22_10 [in Ukrainian].
11. Ramsh V. Yu., Potapenko M. V., & Sharshon V. L. (2022). Tekhniko-ekonomichna otsinka funktsionalno-odnorodnykh hrup biohazovykh ustanovok [Technical and economic assessment of functionally homogeneous groups of biogas plants]. *Enerhetyka i avtomatyka – Energy and automation*, 6, 130137. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eia_2022_6_13 [in Ukrainian].
12. Tkach N. M., & Mirzoieva T. V. (2021). Obgruntuvannia ekonomichnoi dotsilnosti pererobky zernovykh kultur u biohaz [Justification of the economic feasibility of processing grain crops into biogas]. *Bioekonomika i ahrarnyi biznes – Bioeconomy and agrarian business*, 12, 2, 517. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/biagbu_2021_12_2_3 [in Ukrainian].
13. Honcharuk I. V., Pantsyрева H. V., Vovk V. Iu., & Verkholiuk S. D. (2023). Doslidzhennia ekolohichnoi bezpeky ta ekonomichnoi efektyvnosti dyhestatu yak biodobryva [Study of ecological safety and economic efficiency of digestate as a biofertilizer]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced nature management*, 2, 8692 [in Ukrainian].