

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-44>

УДК 338.2: 620.95(075.8)

УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ ПІДПРИЄМСТВ АПК ТА ДОМОГОСПОДАРСТВ

MANAGEMENT OF BIOGAS PRODUCTION FROM WASTE OF AGRICULTURAL ENTERPRISES AND HOUSEHOLDS

Фурман Ірина Володимирівнакандидат економічних наук, доцент,
Вінницький національний аграрний університет
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9923-555X>**Ксенчин Дмитро Олександрович**магістр,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8329-6170>**Furman Iryna**

Vinnytsia National Agrarian University

Ksenchyn Dmytro

Taras Shevchenko National University of Kyiv

Проаналізовано виробничі потужності з виробництва біогазу в Україні та визначено що станом на 2022 рік в Україні функціонує 61 підприємство з виробництва біогазу в межах яких працює 50 біогазових реакторів. Визначені основні проблеми з якими стикаються виробники біогазу, а саме нестабільність складу відходів, низька концентрація метану, високий рівень технологічності та інвестицій в виробництва та ін. Визначено, що розуміння цих проблем та ретельне планування може допомогти розробити стратегії для їхнього вирішення та забезпечити успішне функціонування виробництва біогазу. Визначено, що удосконалення сучасних технологій та розвитку штучного інтелекту значно покращить схему управління біоенергетичними кластерами орієнтованими на виробництво біогазу. Констатовано, що доцільно впровадити автоматизовану систему на основі штучного інтелекту для перерозподілу відповідальності за доставку побічної продукції та органічних відходів на біогазовий комплекс. Визначено, що вдосконалення управління розвитком виробництва біогазу з відходів АПК та домогосподарств має бути направлене на створення біоенергетичних кластерів та інтеграцію в їх систему засобів штучного інтелекту з метою оптимізацію технологічних процесів та розвитку системи державної підтримки з урахування імплементації досвіду країн ЄС.

Ключові слова: біогаз, відходи, управління, біогазові установки, переробка, біометан, біоенергетичні кластери, державна підтримка.

The purpose of the article is to develop measures to improve the management of biogas production from agricultural and household waste. In the research process, general scientific research methods are applied: monographic - analysis of the work of scientists on the subject of the research, which will allow establishing cause-and-effect relationships of the development of phenomena and processes that occur in the waste management system of enterprises and households and to identify innovative and progressive ways of solving existing problems through biogas production; deductive – during the theoretical understanding of the problem and clarification of individual concepts; economic analysis – when collecting, systematizing and processing information on the generation and management of waste of various origins and types in Ukraine. The production capacities for biogas production in Ukraine were analyzed and it was determined that as of 2022, 61 biogas production enterprises are operating in Ukraine, within which 50 biogas reactors are operating. The main problems faced by biogas producers are identified, namely the instability of the composition of waste, low methane concentration, high level of manufacturability and investment in production, etc. It is determined that understanding these problems and careful planning can help develop strategies to solve them and ensure the successful operation of biogas production. It was determined that the improvement of modern technologies and the development of artificial intelligence will significantly improve the management scheme of bioenergy clusters focused on biogas production. It



was established that it is expedient to implement an automated system based on artificial intelligence to redistribute responsibility for the delivery of by-products and organic waste to the biogas complex. It was determined that the improvement of management of the development of biogas production from agricultural and household waste should be aimed at the creation of bioenergy clusters and the integration of artificial intelligence tools into their system in order to optimize technological processes and develop the state support system, taking into account the experience of EU countries. It was determined that improving the management of biogas production can be ensured by: creating bioenergy clusters on the basis of territorial communities with the integration of artificial intelligence into the waste collection and processing system; implementation of Germany's experience in the field of supporting the creation of biogas plants; development of technologies for biogas production using automated waste collection and processing management systems.

Key words: biogas, waste, management, biogas plants, processing, biomethane, bioenergy clusters, state support.

Постановка проблеми. Існуюча практика утворення та поводження з відходами АПК та домогосподарств в Україні призвела до збільшення площ сміттєзвалищ та втрати корисного потенціалу відходів. Сьогодні територіальні громади в Україні в межах децентралізації отримали багато нових повноважень, зокрема, менеджмент відходів тепер знаходиться під їхньою юрисдикцією.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам створення ефективної системи управління виробництвом біогазу з відходів підприємств АПК та домогосподарств в сучасних умовах присвячені наукові праці Гончарук І. В. [1; 6], Токарчук Д. М. [3], Гончарук Я. В. [4–5], Купчука І. М. [5] та ін. Проте розробка заходів з вдосконалення управління виробництвом біогазу з відходів підприємств АПК та домогосподарств в умовах військового стану є надзвичайно необхідним, що зумовлює актуальність даного дослідження.

Виділення раніше не вирішених частин загальної проблеми. На сьогодні необхідним є розроблення механізмів переробки відходів АПК та домогосподарств для забезпечення енергетичної та продовольчої безпеки держави в умовах військового стану.

Формування цілей статті. Метою статті є розробка заходів з удосконалення управління виробництвом біогазу з відходів АПК та домогосподарств.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для реалізації Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року та Національного плану управління відходами до 2030 року, громадам необхідно активізувати напрями ефективної утилізації твердих побутових відходів (ТПВ) та відходів АПК, для чого необхідно враховувати європейські норми і стандарти у цій сфері, а також поширювати успішний український та закордонний досвід насамперед у напрямі виробництва біогазу з відповідних відходів.

Як свідчать дослідження І. Гончарук станом на 2022 рік в Україні функціонує 61 підприємство з виробництва біогазу, з них 50 біогазових реакторів, що знаходяться на їх балансі, що забезпечило отримання електроенергії на рівні 183,6 млн. кВт·год (рис. 1).

В той же час, Д. Токарчук, зазначає, що Україна володіє достатніми земельними площами, щоб гарантувати енергетичну безпеку при використанні сільськогосподарської сировини на виробництво біопалива, не загрожуючи безпеці продовольчій [3, с. 171].

Проте виробництво біогазу є порівняно новим видом діяльності та не використовує в повній мірі наявний потенціал відходів органічної фракції. Виробництво біогазу з відходів АПК та домогосподарств стикається з рядом проблем, які варто урахувати для успішного функціонування біогазових проектів. До основних проблем можна віднести:

1. Сировинні відходи та їхні властивості:
 - нестабільність складу відходів: склад відходів може змінюватися внаслідок сезонних чи різних виробничих умов, що може вплинути на процес виробництва біогазу;
 - низька концентрація метану: деякі відходи можуть мати низьку концентрацію метану, що робить їх менш ефективними для виробництва біогазу.
2. Технічні та інженерні виклики:
 - системи переробки: ефективна система переробки відходів в біогаз вимагає високотехнологічного устаткування та інженерних рішень;
 - контроль процесу: системи контролю та моніторингу процесу виробництва біогазу повинні бути надійними для забезпечення ефективності та безпеки.
3. Фінансові труднощі:
 - високі витрати на обладнання: інвестиції у високотехнологічне обладнання можуть бути значними, що може стати фінансовим викликом для підприємства;

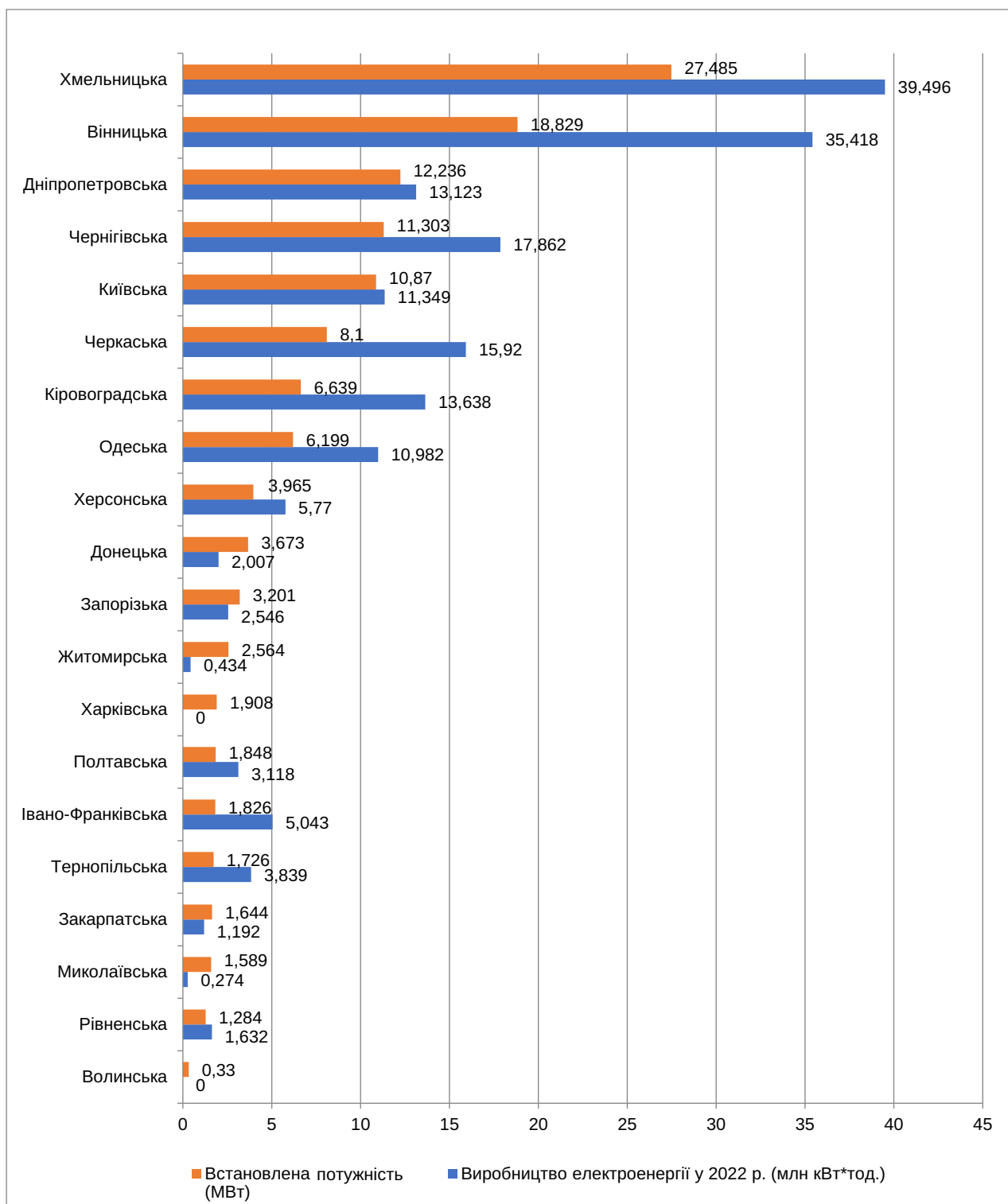


Рис. 1. Дані по роботі біогазових компаній в Україні, 2022 р.

Джерело: [1, с. 28; 2]

– низькі ціни на енергію: якщо ціни на енергію на ринку низькі, це може вплинути на економічну доцільність виробництва біогазу.

4. Екологічні питання:

– вплив на довкілля: виробництво біогазу повинно бути стійким до негативного

впливу на навколишнє середовище та повинно дотримуватися високих екологічних стандартів.

5. Питання управління відходами:

– система збору та транспортування відходів: організація ефективної системи

збору та транспортування відходів може бути складною задачею, особливо у великих міських районах.

6. Соціальний прийом:

– прийняття громадою: проекти виробництва біогазу можуть стикатися з опозицією місцевих громад чи інших зацікавлених сторін, які можуть мати питання щодо безпеки, запахів або власних прав.

7. Законодавчі обмеження:

– ліцензії та стандарти: вимоги до отримання ліцензій та дотримання високих стандартів можуть бути складними, особливо в контексті енергетичної та екологічної сфер.

Розуміння цих проблем та ретельне планування може допомогти розробити стратегії для їхнього вирішення та забезпечити успішне функціонування виробництва біогазу.

Існує кілька шляхів для вдосконалення управління виробництвом біогазу з відходів підприємств та домогосподарств. До найбільш дієвих напрямів можна віднести:

1. Технологічні вдосконалення:

– сучасні технології: використання новітніх технологій у зборі, обробці та конвертації відходів у біогаз може значно покращити ефективність виробництва;

– моніторинг та автоматизація: впровадження систем моніторингу та автоматизації для постійного контролю параметрів процесів може зменшити ризики та підвищити надійність.

2. Енергоефективність:

– оптимізація енергоспоживання: мінімізація енерговитрат у всьому виробничому процесі може зменшити вартість виробництва та зробити його більш стійким.

3. Оптимізація процесів:

– використання ресурсів: максимально ефективно використання різних типів відходів та ресурсів може підвищити виходи біогазу;

– інтеграція систем: інтеграція виробництва біогазу з іншими виробничими процесами або системами може оптимізувати використання ресурсів та матеріалів.

4. Екологічний підхід:

– управління відходами: вдосконалення системи управління відходами та їхнє використання в біогазовому процесі може зменшити екологічний вплив;

– використання поновлюваних ресурсів: застосування поновлюваних ресурсів для виробництва біогазу, таких як рослинні відходи, може поліпшити сталість виробництва.

5. Інформаційні технології:

– системи управління даними: використання систем збору та аналізу даних для прийняття рішень може покращити ефективність та прогнозування.

6. Стимулювання інновацій:

– дослідження та розвиток: підтримка досліджень і розробок у сфері виробництва біогазу може привести до новаторських технологій та методів.

Реалізація цих заходів може допомогти збільшити ефективність та сталість виробництва біогазу з відходів.

Як зазначає Я. Гонтарук, державна підтримка галузі виробництва біопалива може сприяти його розвитку. Це може включати фінансову підтримку, податкові пільги, створення сприятливого регуляторного середовища та інші заходи [4, с. 245].

Як зазначає І. Купчук розвиток виробництва біогазу з відходів може розвиватися на базі біоенергетичних кластерів. Відповідний кластер має бути сформований на основі розвитку співпраці територіальних громад з приватним бізнесом (на прикладі цукрового заводу) та матиме наступний механізм функціонування (рис. 2):

1) орган місцевого самоврядування (міська, селищна рада) проводить роз'яснювальну роботу з населенням з метою формування екологічної свідомості членів територіальної громади (роздільне сортування ТПВ тощо);

2) на базі комунального підприємства, що обслуговує полігони ТПВ, створюється сортувальна фабрика, на потужностях якої відбувається сортування відходів та часткове їх спалювання у відповідності до Базельської конвенції про контроль за транскордонним перевезенням небезпечних відходів та їх видаленням від 22.03.1989 р. (відходи, які не підлягають вторинній переробці);

3) органічні відходи з сортувальної фабрики, аграрних формувань територіальної громади та цукрового заводу передаються на відповідний біогазовий комплекс з метою подальшої переробки на біогаз та дигестат;

4) дигестат передається для подальшої очистки та реалізації сільськогосподарським підприємством як добрива (пропонується дигестат реалізувати сільськогосподарським підприємствам у рахунок вартості поставлених відходів);

5) аграрні формування реалізують цукрові буряки, вирощені на своїх площах, на цукровий завод;

6) біогазовий комплекс забезпечує цукровий завод паливно-енергетичними ресурсами [5, с. 69].

Зазначимо, що за допомогою удосконалення сучасних технологій та розвитку штучного інтелекту ми можемо значно покращити схему управління вказаним біоенергетичним кластером. До прикладу, доцільно впровадити автоматизовану систему на основі штучного інтелекту для перерозподілу відповідальності за доставку побічної продукції та органічних відходів на біогазовий комплекс. В цьому випадку система матиме здатність самостійно коригувати обсяги надходження продукції чи відходів відповідно до потреб комплексу так щоб виробництво було безперервним.

Тож маючи дані про найближчі поставки продукції в біогазовий комплекс можна прогнозувати його роботу. До прикладу, якщо визначити, що рівень заповнення невеликий і комплекс працює в холодну пору року, то тоді буде біогаз направлений на ТЕЦ для забезпечення теплом і енергією завод та сільськогосподарські підприємства. Якщо заповнення майже максимальне то можемо прогнозувати виробництва біогазу на продаж, чим можемо

отримувати фінанси для подальшого покращення данної схеми.

Також слід зазначити що в територіальній громаді можливо встановити датчики для відстеження рівня наповненості сміттям і невеликі сонячні панелі з акумулятором, які дадуть змогу данній системі функціонувати цілодобово, щоб сміттєвози могли оптимально побудувати свій маршрут. Крім того якщо використати досвід Барселони у вивозі сміття, вони збудували окрему підземку для сміття, яка одразу засмоктує вакуумом сміття в контейнер. Тобто оптимізувавши вивіз відходів з територіальної громади, маємо постійний потік на сортувальну фабрику.

Також доцільним є впровадженням технології компостування через застосування вермибіоти для виробництва біогумусу й біомаси на полігоні органічних побутових відходів із подальшою реалізацією біомаси місцевим підприємствам [6, с. 17].

Стан розвитку виробництва біогазу з відходів підприємств та домогосподарств у країнах Європейського Союзу (ЄС) може варіюватися, але багато країн ЄС активно працюють над розширенням використання відновлюва-



Рис. 2. Модель територіального кластера орієнтованого на виробництво біогазу з відходів підприємств та домогосподарств (на прикладі цукрового заводу)

Джерело: [5, с. 70]

них джерел енергії, включаючи біогаз. Нижче наведені деякі приклади країн ЄС та їхніх ініціатив у цій області:

1. Німеччина:
 - Німеччина є лідером у виробництві біогазу в ЄС. Країна активно використовує технології біогазових установок для переробки відходів АПК, органічних відходів та біомаси у біогаз;
 - Федеральна програма підтримки відновлюваних джерел енергії та ефективності використання енергії надає фінансову підтримку проектам з виробництва біогазу.
2. Швеція:
 - Швеція високо оцінює використання біогазу як частини своєї стратегії зниження викидів парникових газів та розвитку відновлюваних джерел енергії;
 - заходи підтримки включають фінансові стимули та субсидії для розвитку біогазових проектів.
3. Данія:
 - Данія активно розвиває використання біогазу, зокрема виробництво метану з відходів та біомаси;
 - державні ініціативи та підтримка сприяють виробництву та використанню біогазу для опалення та транспорту.
4. Голландія:
 - Голландія вивчає можливості використання біогазу у сільському господарстві, транспорті та міському плануванні;
 - програми підтримки спрямовані на створення інфраструктури для транспорту та розвиток проектів біогазу.
5. Франція:
 - Франція розвиває проекти з використання біогазу для транспорту та виробництва електроенергії;
 - країна ставить перед собою амбіційні цілі зі збільшення частки відновлюваних джерел енергії, у тому числі біогазу, до певного року [7].

Ці країни та інші країни ЄСкладають значні зусилля у розвиток біогазового сектору, використовуючи відходи підприємств та домогосподарств для виробництва енергії та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Такі ініціативи часто спрямовані на зменшення викидів парникових газів, розвиток відновлюваних джерел енергії та створення стійкого енергетичного майбутнього.

Отже, створення біоенергетичних кластерів для виробництва біогазу з відходів сіль-

ськогосподарського сектору (АПК) та домогосподарств може бути доцільним за кількома причинами:

1. Економічна ефективність:
 - Спільне використання ресурсів: об'єднання кількох сільськогосподарських та господарських підприємств у кластер може дозволити спільно використовувати відходи та ресурси, що підвищить ефективність виробництва біогазу.
2. Синергія:
 - Інтеграція процесів: об'єднання різних етапів виробництва біогазу в одному кластері може підвищити ефективність та економію масштабу.
 - Спільні дослідження та інновації: кластери можуть сприяти обміну знаннями, технологіями та дослідженнями між учасниками, що сприяє інноваціям.
3. Спільне управління відходами:
 - Ефективне використання відходів АПК: виробництво біогазу з відходів сільськогосподарських підприємств може допомогти в ефективному управлінні відходами та зменшенні негативного впливу на навколишнє середовище.
4. Сталість постачання:
 - Надійність постачання сировини: біоенергетичні кластери можуть забезпечити стаке постачання сировини для виробництва біогазу, що дозволяє уникнути коливань у виробництві.
5. Екологічні переваги:
 - Зменшення викидів;
 - Використання біогазу в якості енергетичного джерела може допомогти зменшити викиди парникових газів та інших забруднюючих речовин.
6. Підтримка від влади:
 - Стимулювання розвитку відновлюваних джерел енергії: урядова підтримка та стимулювання розвитку біоенергетичних кластерів може створити сприятливі умови для їхнього розвитку.

Однак, при розгляді створення біоенергетичних кластерів, важливо враховувати місцеві умови, доступні ресурси, економічні фактори та екологічні вимоги. Проведення детального аналізу вигідності та вивчення місцевих ринкових умов може допомогти прийняти обґрунтоване рішення щодо створення біоенергетичного кластеру.

Отже, на нашу думку вдосконалення управління розвитком виробництва біогазу з відходів АПК та домогосподарств має бути

направлене на створення біоенергетичних кластерів та інтеграцію в їх систему засобів штучного інтелекту з метою оптимізацію технологічних процесів.

Висновки із цього дослідження і подальші перспективи в цьому напрямку.

Вдосконалення управління виробництвом біогазу може бути забезпечене шляхом:

- створення біоенергетичних кластерів на базі територіальних громад з інтеграцією в систему збору та переробки відходів засобів штучного інтелекту;
- імплементацією досвіду Німеччини в сфері підтримки створення біогазових виробництв;
- розробка технологій з виробництва біогазу з застосуванням автоматизованих систем управління збору та переробки відходів.

В той же час, виробництво біогазу з відходів підприємств АПК та домогосподарств зможе дати наступні ефекти для економіки:

- підвищити енергетичну незалежність держави в середньостроковій перспективі;
- знизити витрати домогосподарств та агропромислових формувань на енергетичні ресурси;
- знизити обсяг викидів парникових газів;
- забезпечити сільськогосподарських виробників органічними добривами.

Подальші дослідження передбачають розробку рекомендацій щодо оцінки потенціалу територіальних громад для виробництва біогазу та організації такого виробництва в громадах України на базі біоенергетичних кластерів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Honcharuk I., Tokarchuk D., Gontaruk Y., Kolomiets T. Production and Use of Biogas and Biomethane from Waste for Climate Neutrality and Development of Green Economy. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25. Issue 2. P. 20–32. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/175876>
2. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
3. Фурман І. В., Токарчук Д. М. Продовольча безпека та економічні засади виробництва біопалива. *Економічний аналіз*. 2018. № 1. С. 168–174
4. Гонтарук Я. В., Ясінська Б. О. Оцінка біоенергетичного потенціалу Ілінецької територіальної громади. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2023. № 8(08). С. 242–247. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-120>
5. Купчук І. М., Гонтарук Я. В., Присяжнюк Ю. С. Перспективи підвищення рівня енергетичної автономії переробних підприємств АПК України за рахунок виробництва біогазу. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2022. № 3 (118). С. 59–73. DOI: <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2022-3-8>
6. Гончарук І. В., Фурман І. В., Дмитрик О. В. Комплексна переробка твердих побутових відходів як шлях вирішення екологічних проблем Ілінецької територіальної громади. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2022. № 1 (59). С. 7–20. DOI: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2022-1-1>
7. European Biogas Association. URL: <https://www.europeanbiogas.eu/SR2022/EBA/> (дата звернення: 03.02.2024).

REFERENCES:

1. Gontaruk, Y., Kolomiets, T., Honcharuk, I., and Tokarchuk, D. (2024). Production and Use of Biogas and Biomethane from Waste for Climate Neutrality and Development of Green Economy. *Journal of Ecological Engineering*, 25(2), pp. 20–32. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/175876> (in Ukrainian)
2. Ofitsiyniy sait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy [The State Statistics Service of Ukraine]. Retrieved from: <http://www.ukrstat.gov.ua>
3. Furman I. V., Tokarchuk D. M. (2018) Prodovolcha bezpeka ta ekonomichni zasady vyrobnytstva biopalyva [Food security and economic principles of biofuel production]. *Ekonomichnyi analiz*. Vol. 1. P. 168–174. (in Ukrainian)
4. Hontaruk Ya. V., Yasinska B. O. (2023) Otsinka bioenerhetychnoho potentsialu Ilinetskoj terytorialnoi hromady [Assessment of the bioenergy potential of the Ilinets territorial community]. *Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka*. Vol. 8(08). P. 242–247. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-120> (in Ukrainian)
5. Kupchuk I. M., Hontaruk Ya. V., Prisyazhnyuk Yu. S. (2022) Perspektyvy idvyshchennia rivnia enerhetychnoi avtonomii pererobnykh pidpriemstv APK Ukrainy za rakhunok vyrobnytstva biohazu [Prospects for increasing the level of energy autonomy of processing enterprises of the agro-industrial complex of Ukraine due to biogas production]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*. No. 3 (118). P. 59–73. DOI: 10.37128/2520-6168-2022-3-8

6. Honcharuk I. V., Furman I. V., Dmytryk O. V. (2022) Kompleksna pererobka tverdykh robotovykh vidkhodiv yak shliakh vyrishennia ekolohichnykh problem Ilyinetskoï terytorialnoi hromady [Complex processing of solid household waste as a way to solve environmental problems of Ilyinets territorial community]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky*, vol. 1 (59), pp. 720. (in Ukrainian)

7. European Biogas Association. europeanbiogas.eu. Retrieved from: <https://www.europeanbiogas.eu/SR-2022/EBA> (in Ukrainian)