

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра екології та природозахисних технологій

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності

183 Технології захисту навколишнього середовища

Тема роботи: Використання побічних продуктів отримання біогазу в якості добрива в технологіях захисту навколишнього середовищам

Виконала:  
студентка Стеценко Єлизавета  
Олександрівна

Керівник:  
ст .викладач, к.т.н., Яхненко Олена  
Миколаївна

Залікова книжка  
№ 22510273

Підпис: \_\_\_\_\_  
дата, підпис

Підпис: \_\_\_\_\_

Консультант з охорони праці:  
старший викладач Фалько В.В.

Підпис: \_\_\_\_\_  
дата, підпис

Захищена з оцінкою  
\_\_\_\_\_  
оцінка, дата

Секретар ЕК  
старший викладач Батальцев Є.В.

Суми 2023

Сумський державний університет  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра екології та природозахисних технологій  
Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Зав. кафедрою \_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**  
**Стеценко Єлизавети Олександрівни**

1. Тема проекту (роботи) Використання побічних продуктів отримання біогазу в якості добрива в технологіях захисту навколишнього середовища  
затверджена наказом по університету від “21” \_\_листопада\_\_ 2023 р. №1315-VI  
Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 25 грудня 2023 року\_\_\_\_\_
2. Вихідні дані до проекту (роботи) патентна база щодо методів отримання біогазу і використання дигестату
3. Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)  
аналіз впливу надлишку використання мінеральних добрив на ґрунти  
аналіз потенціалу органічних відходів як альтернативного джерела енергії  
розгляд використання відходів та побічних продуктів сільськогосподарського, промислового та інших секторів як сировини для виробництва біогазу, їх вплив на склад дигестату  
розгляд технологічних аспекти виробництва біогазу і отримання дигестату  
аналіз властивостей дигестату та його впливу на ґрунтове середовище та родючість ґрунту  
визначення екологічних переваг використання дигестату на ґрунтове середовище в порівнянні з традиційними добривами  
Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)  
техногенні ризики при застосуванні мінеральних добрив, потенційні види сировини для біогазових установок, технологія отримання дигестату, Основні етапи зброджування органічних решток, виробництво дигестату в процесі метанового бродіння, підготовлення дигестату для використання, хімічний склад дигестату з біогазової установки в залежності від субстрату зброджування, зміна врожайності культур при використанні дигестату, Переваги дигестату як добрива, вплив дигестату на екологічні складові ґрунту, висновки по роботі

4. Консультанти по проекту (роботі), із значенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Фалько В.В.		

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Визначення основних завдань роботи	Вересень 2023 р.	
2	Робота з науковими джерелами	Вересень 2023 р.	
3	Робота по 1 і 2 розділу	Жовтень 2023 р.	
4	Робота по 3 розділу	Листопад 2023р.	
5	Робота по 4 розділу	Листопад 2023 р.	
6	Робота над розділом «Охорона праці та захист у надзвичайних ситуаціях»	27.11.23	
7	Оформлення роботи	20.12.23	

5. Дата видачі завдання 25.09.2023 року

Студент \_\_\_\_\_

Є. О. Стеценко

Керівник проекту \_\_\_\_\_

О.М Яхненко

## РЕФЕРАТ

### *Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра*

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 12 найменувань. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 52 с., у тому числі 8 таблиць, 5 рисунків, список використаних джерел на 2 сторінках.

*Мета роботи* – підвищення ступеня екологічної безпеки за допомогою впровадження раціонального використання дигестату.

Відповідно до поставленої мети було вирішено такі *завдання*: провести літературний огляд за досліджуваною тематикою; провести критичний аналіз використання дигестату як біодобрива задля зменшення навантаження на ґрунтовий покрив.

*Мета роботи*: реалізація технології захисту довкілля при використанні побічного продукту отримання біогазу в якості добрива

*Об'єкт дослідження* – дигестат як побічний продукт тримання біогазу

*Предмет дослідження* – використання дигестату в якості добрива для зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище

Ключові слова: ДИГЕСТАТ, БІОГАЗ, АНАЕРОБНЕ ВЗБРОДЖУВАННЯ, МЕТАНТЕНТ, БІОДОБРИВА, ОРГАНІЧНІ РЕШТКИ.

## ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРДОВИЩА ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДОБРИВ.....	7
1.1 Вплив основних груп неорганічних добрив на навколишнє середовище .....	7
1.2 Показники несприятливого впливу органічних добрив на навколишнє середовище .....	13
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЧНІ ВІДХОДИ ТА ПРОБЛЕМА ЇХ УТИЛІЗАЦІЇ .....	16
2.1 Органічні рештки та причини необхідності їх утилізації .....	16
2.2 Напрямки управління органічними відходами .....	18
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ БІОГАЗУ ТА ДИГЕСТАТУ .....	23
3.1 Варіанти альтернативних джерел енергії.....	23
3.2 Доцільність технології отримання біогазу.....	26
3.3 Технологія одержання біогазу і дигестату .....	29
РОЗДІЛ 4. ВИКОРИСТАННЯ ДИГЕСТАТУ В ЯКОСТІ БІОДОБРИВА .....	34
4.1 Характеристика дигестату .....	34
4.2 Використання дигестату в якості біодобрив.....	37
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	44
5.1 Техніка безпеки при роботі на біогазовій установці .....	44
5.2. Запобігання пожежі на біогазовій установці .....	45
ВИСНОВКИ .....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	51

Підп. і дата	
Інв.Медубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.Меподл.	

ОС 18510152

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		Лім.	Аркуш	Аркушів
		Розроб. Стеценко Є.О.			Використання побічних продуктів отримання біогазу в якості добрива в технологіях захисту навколишнього середовищам			
		Перев. Яхненко О.М					4	52
		Н.Контр. Батальцев				СумДУ, ф-т ТеСЕТ		
		Затв. Пляцук				гр. ТС.м.-21		

# РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРДОВИЩА ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДОБРИВ

## 1.1 Вплив основних груп неорганічних добрив на навколишнє середовище

Прогрес у сільськогосподарському виробництві й виробництві продуктів харчування в цілому залежить від ґрунтових, водних й енергетичних ресурсів, які зазвичай розглядаються як обмежені. Досягнення в аграрній області залежать також від поновлюваних біологічних ресурсів – культурних рослин, свійських тварин й мікроорганізмів.

Для досягнення високої продуктивності сільськогосподарських рослин, врожай яких є їжею для людини і кормом для худоби, широко використовується збагачення ґрунтів мінеральним азотом, фосфором, калієм тощо.

Розвиток сільського господарства на сьогоднішній день неможливий без використання добрив, які дозволяють підвищити родючість ґрунтів, збільшити врожайність, підвищити якість сільськогосподарської продукції. Саме за рахунок використання мінеральних добрив забезпечується приріст врожаю на 50 %, бо застосування мінеральних добрив для аграріїв частіше є дешевшим і доступнішим методом поновлення джерела необхідних рослинні елементів у ґрунті.

Отже повна відмова від використання мінеральних добрив, що іноді пропонують у якості одного з можливих шляхів розвитку сільського господарства, призведе до катастрофічного скорочення виробництва продовольства.

Нажаль недотримання науково обґрунтованих заходів під час застосування добрив, недосконалість способів їх використання призводить до негативного впливу мінеральних добрив на окремі компоненти біосфери.

Забруднення навколишнього середовища при використанні мінеральних добрив відбувається в основному через недосконалість властивостей і хімічного

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взаєм. інв. №	Підп. і дата	Інв. № подл.	ТС 22510273	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

складу добрив та порушення технології виробництва, зберігання та застосування мінеральних добрив.

Основними джерелами доступного для рослин азоту є газоподібний азот із атмосфери та нітратний й амонійний азот із ґрунту.

При нестачі азоту ріст рослин різко погіршується. Порівняно з іншими елементами живлення він найбільше сприяє росту вегетативних органів, утворенню зав'язі, збільшенню урожаю та підвищенню його якості. Важлива роль азоту в підвищенні енергії фотосинтезу.

Азот сприяє також активному росту коренів культурних рослин. Як нестача, так і надлишок азоту послаблює ріст коренів.

Надлишок азотних добрив блокує надходження доступної міді, а це призводить до зниження поживної цінності протеїну в кормах, негативно впливає на лежкість овочів та їхню якість для консервування.

Надмірне азотне живлення може викликати накопичення шкідливих для людини і тварин кількостей нітратів у рослинах.

Азотні добрива являють собою білий або жовтуватий кристалічний порошок (крім ціанаміду калію й рідких добрив), добре розчинні у воді, не поглинаються або слабо поглинаються ґрунтом (таблиця 1). Тому азотні добрива легко вимиваються, що призводить до забруднені ґрунтових вод та сусідніх водойм.

Частина азоту добрив (до 40%) використовується рослинами, частина втрачається з ґрунту внаслідок вимивання або звітрювання в результаті денітрифікації (до 30%), а також закріплюється в ґрунті в органічній формі (30%)

Нітратний азот міститься у ґрунтовому розчині в аніонній формі, в умовах інтенсивного поглинання його рослинами катіони, які залишаються в ґрунтовому розчині діють на нього як луги. Нітрати також можуть накопичуватися в ґрунті, вимиватися внаслідок розчинності та високої рухливості, а також виділятися з ґрунту у вигляді газоподібних форм азоту внаслідок денітрифікації.

Втрати внаслідок денітрифікації залежать не лише від кількості нітратів, але й від катіона. Так, із натрієвої селітри азоту втрачається більше, ніж із кальцієвої.

Інв.№доубл.	Підп. і дата
Взаєм.інв.№	Підп. і дата
Інв.№подл.	Вил

№ докум.	Підп.	Дата	ТС 22510273	Арк
Вил	Арк	Дата		

Значні втрати газоподібного азоту характерні для ґрунтів, не зайнятих рослинністю, і при поверхневому способі внесення добрив (особливо, сечовини). Підвищення температури також збільшує втрати газоподібних сполук азоту. Вночі, а також на затінених ділянках втрати азоту зменшуються, що пов'язано із зниженням температури повітря і ґрунту. Аміачний азот міститься в ґрунті у вигляді катіону, тому обмінно вбирається ґрунтовим вбирним комплексом, а аніони підкислюють ґрунтовий розчин.

Таблиця 1.1 – Загальна характеристика та властивості мінеральних азотних добрив

Добриво	Хімічний склад	Вміст азоту, %	Форма азоту	Вплив на ґрунт	Гігроскопічність
Натрієва селітра	NaNO <sub>3</sub>	Не менше 16	Нітратна	Підлужування	Слабка
Аміачна селітра	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	34	Нітратна, амонійна	Підкислення	Дуже сильна
Кальцієва селітра	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Не менше 17,5	Нітратна	Підлужування	Дуже сильна
Аміак рідкий		82	Амонійна	Підкислення	Дуже сильна

Азот в амідній формі у ґрунті швидко амоніфікується. Далі катіон амонію поглинається ґрунтовим вбирним комплексом.

Азотні добрива, внесені у великих дозах, змінюють властивості ґрунту: посилюється міграція по профілю ґрунту фульвокислот і гумінових кислот, катіонів кальцію та магнію, а також підкислюють ґрунт, що негативно впливає на кореневу систему рослин. При одноразовому внесенні високих доз азотних

Інв.Неподл.  
Підп. і дата  
Взаєм.інв.№  
Інв.№дубл.  
Підп. і дата

ТС 22510273

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата



добрив збільшуються втрати. поживних речовин, при цьому вимивається не лише азот добрив, але й ґрунту, оскільки під дією добрив посилюється рухливість поживних речовин ґрунту.

Нагромадження нітратів в сільськогосподарській продукції в основному залежить від дози і термінів внесення азотних добрив, довжини світлового дня і часу посіву насіння, а також від освітлення — на затінених ділянках вміст нітратів вищий.

Фосфор — один з найважливіших елементів живлення рослин, тому що входить до складу нуклеїнових кислот. Якщо азот у ґрунті може поповнюватися шляхом біологічної фіксації його з повітря, то фосфати – тільки внесенням в ґрунт у вигляді добрив (таблиця 1. 2).

Таблиця 1.2 – Загальна характеристика та властивості мінеральних фосфорних добрив

Добриво	Хімічний склад	Форма фосфорної кислоти	Вплив на ґрунт
Суперфосфат простий гранульований	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$	Водорозчинна	Підкислює
Суперфосфат подвійний гранульований	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$	Водорозчинна	Підкислює
Преципітат	$\text{CaHPO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$	Розчиняється в лимонно-кислому амонії	Слабко нейтралізує кислотність

Головні джерела фосфору – фосфорити, апатити, вівіаніт і відходи металургійної і м'ясної промисловості.

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взаєм. інв. №	Підп. і дата	Інв. № подл.
Впл	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510273

Арк

При внесенні фосфоритного борошна разом з фосфором у ґрунт потрапляють уран, радій та інші радіоактивні елементи, хоч і в незначних кількостях. Різні види суперфосфату містять різні кількості домішок важких металів. Так, залежно від виду добрива вміст кадмію коливається від 1 до 170 мг/кг.

При систематичному внесенні підвищених доз суперфосфату, що містить близько 1,5% водорозчинного фтору, останній накопичується у великих кількостях і забруднює не тільки ґрунт, але й рослини. Підвищені кількості фтору пригнічують дію ферментів у рослині, гальмують фотосинтез і порушують білковий обмін. Негативно впливає фтор і на активність ґрунтової мікрофлори. Забруднення фтором кормових рослин може негативно впливати на продуктивність сільськогосподарських тварин. При вмісті в питній воді фтору понад 2 мг/л в людини пошкоджується емаль зубів, виникають інші захворювання.

Застосування фосфорних добрив також має значні екологічні наслідки. Фосфорні добрива призводять до збільшення накопичення фосфору у водних об'єктах, нагромадження якого у водному середовищі в значних кількостях викликає евтрофікацію (заростання) водойм.

Калій відіграє значну роль в житті рослин. Найбільше його в молодих зростаючих органах, клітинному соку рослин, так як він сприяє швидкому нагромадженню вуглеводів.

Калій посилює використання аміачного азоту під час синтезу амінокислот та білку. Під впливом калію підвищується зимостійкість рослин.

Для отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур накопиченого в ґрунті обмінного калію недостатньо, тому необхідно вносити калійні добрива (таблиця 1.3).

При цьому необхідно загортати їх на достатню глибину, щоб запобігти фіксації калію, тобто переходу його в необмінний і недоступний рослинам стан, внаслідок наперемінного зволоження та висушування ґрунту.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

ТС 22510273

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата

Значна кількість хлору в багатьох калійних добривах негативно впливає на ріст і розвиток рослин.

Таблиця 1.3 – Загальна характеристика і властивості мінеральних калійних добрив

Добриво	Хімічний склад	Гігроскопічність	Вплив на ґрунт
Калій хлористий	KCl + NaCl	Низька гігроскопічність	Підкислює
Калій сірчаноокислий (сульфат калію)	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> —	Негігроскопічний	Підкислює

Внесення великих доз калійних добрив може зумовити підвищену концентрацію хлорид-іонів, витіснити кальцій і магній з ґрунтового вбирного комплексу, а також посилити їх міграцію по профілю ґрунту. А натрій (супутній калію у калійній солі й сильвініті), внесений у великих дозах, забруднює ґрунт, погіршує фізико-хімічні властивості багатьох ґрунтів, особливо чорноземних, каштанових і солонцюватих, так як посилює їх засолення. Знаходження калію у кормах в надмірній кількості може викликати отруєння тварин. Калій легко розчиняється у воді й при внесенні поглинається колоїдами ґрунту, тому він малорухомий, однак на легких ґрунтах легко вимивається.

До шкідливих домішок, що містяться в калійних добривах, можна також віднести хлор, що у великих дозах негативно впливає на врожай картоплі, винограду, тютюну, цитрусових і прядильних культур.

Отже, надмірне використання мінеральних добрив викликає:

- підвищення кислотності ґрунту;
- зниження суми поглинених основ;
- порушення співвідношення різних елементів живлення – калію, кальцію, заліза, магнію;

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взаєм. інв. №	Підп. і дата	Інв. № подл.

ТС 22510273

Арк

Вип. Арк. № докум. Підп. Дата

- підвищується рухливість важких металів (що призводить до збільшення їх кількості в продуктах рослинництва);
- накопичення у ґрунті і продукції рослинництва надлишкової кількості нітратів, які можуть викликати в організмі людини утворення канцерогенних нітрозосполук
- окрім того, виготовлення мінеральних добрив потребує використання великої кількості енергоресурсів та коштів.

Наприклад, для виробництва 1 т аміачної селітри потрібно стільки енергії, скільки її виділяється при спалюванні 5 т вугілля. У зв'язку з цим не втрачає актуальності пошук альтернативних методів ведення аграрного виробництва.

## 1.2 Показники несприятливого впливу органічних добрив на навколишнє середовище

Здавалось би якщо застосування хімічних добрив призводять до екологічних проблем, то використання взамін них органічних стане вирішенням цих проблем і вирішить проблему підвищення врожайності.

Одночасно з ростом об'ємів вирощування сільськогосподарських культур спостерігається стрімкий ріст масштабів тваринництва, що в свою чергу має прямий вплив на кількість відходів, які утворюється. В ідеалі ці відходи можливо компостувати і використовувати як цінні органічні добрива. Але часто вони є дорогими і з-за цього не мають дуже широкого попиту у фермерів. До того ж також стає причинами екологічних несприятливих впливів.

До несприятливих наслідків впливу органічних добрив на середовище можна віднести:

1 Забруднення природних водойм.

Гній (особливо безпідстилковий — рідкий), пташиний послід та інші органічні добрива при великому їх накопиченні і неправильному зберіганні є значними джерелами забруднення водоймищ фосфатами. Небезпека відходів

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

тваринництва для довкілля полягає у тому, що фосфор та азот, які входять до їх складу у високих концентраціях, спричиняють забруднення ґрунтових вод, а отже в подальшому і водойм та джерел, призводять до евтрофікації.

## 2 Забруднення атмосферного повітря.

При накопиченні великої маси гною і недотриманні умов його зберігання виникає небезпека не тільки забруднення водоймищ, але й утворення газоподібних органічних сполук азоту.

Вважається, що у сільському господарстві, відходи великої рогатої худоби (ВРХ) є найбільшими джерелами викидів метану, в той час як свиноферми і птахоферми продукують у великій кількості аміак, сірководень і ряд інших токсичних летких сполук.

У закритих гноєсховищах утворюється значна кількість метану, сірководню, аміаку, вуглекислого газу, індолу, скатолу та інших шкідливих речовин.

## 3 Зміна мікробіологічної активності ґрунту.

Органічні добрива найсильніше впливають на біологічну активність ґрунту. Внесення соломи та соломистого гною посилює денітрифікацію.

## 4 Погіршення фітосанітарного стану ґрунту.

У шлунок тварин разом з кормами потрапляє насіння бур'янів (польового осоту, лободи, щиріці, кульбаби, тонконога тощо), яке не перетравлюється і виділяється неушкодженим. Наприклад, в 1 т коров'ячого гною виявляли близько 2 млн. шт. насіння бур'янів, овечого — 15 тис. шт., гною свиней — 435 тис. шт., коней—22,5 тис. шт., пташиного посліду — 20 тис. шт.

При внесенні у ґрунт неперепрілого гною по полю розсівається насіння бур'янів, що завдає великої шкоди рільництву та овочівництву, тому перед внесенням у ґрунт органічні добрива треба знезаражувати, очищати від насіння бур'янів.

Гній слід знезаражувати термічно, мул і сапропель — тривалим витриманням у штабелях, компостуванням з негашеним вапном, аміаком рідким синтетичним, аміачною водою тощо.

Використовувати тверду фракцію гною для удобрення культур можна тільки

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

ТС 22510273

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата

після знезараження спеціальними засобами або біотермічної обробки у буртах протягом одного місяця влітку і протягом двох — взимку.

Коли температура всередині бурта досягне 60-70°C, вважають, що біотермічна обробка почалася.

#### 5 Мікробіологічне та бактеріальне зараження ґрунту.

Тварини, хворі на гельмінтози, виділяють у гній яйця гельмінтів (глистів).

Від хворих тварин у гній потрапляють різні мікроби, в тому числі збудники таких небезпечних хвороб, як ящур, бруцельоз, туберкульоз, сибірка, чума птиці, правець, сказ, сап, енцефаломієліт, інфекційна анемія, паратиф, колібацильоз, емфізематозний карбункул тощо. Такий гній забруднює мікроорганізмами ґрунт, воду, а інколи й повітря і стає небезпечним для здоров'я людини і сільськогосподарських тварин.

#### 6 Забруднення ґрунту важкими металами.

Надмір гною може бути джерелом забруднення ґрунту важкими металами, тому необхідно визначати їх хімічний склад

Отже пошук ефективних шляхів удобрення ґрунту без погіршення його властивостей та утилізації як тваринних і рослинних відходів стає все актуальнішим.

Найбільш доцільним способом утилізації тваринного гною є саме анаеробне зброджування з отриманням біогазу.

Окрім цього таким ж методом можна не тільки утилізувати відходи з рослинництва шляхом коферментації із відходами тварин, а й в свою чергу позитивно вплинути на кількість отриманого біогазу.

Побічний продукт зброджування, а саме дигестат, може бути використаний як повноцінне органічне добриво, що легко задіюється ґрунтовими редуцентами в коло кругообігу і роблять складові дигестату повноцінним добривом

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вил	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 22510273	Арк
-----	-----	----------	-------	------	-------------	-----

## РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЧНІ ВІДХОДИ ТА ПРОБЛЕМА ЇХ УТИЛІЗАЦІЇ

Щорічно в Україні накопичується близько 200 млн.т органічних відходів, з них 130 млн.т – у сільському господарстві, тому однією з центральних проблем екологічної конверсії у тваринництві і рослинництві є встановлення рівноваги між рослинницькою та тваринницькою галузями господарства.

Відходи виробництва та споживання слід розглядати не тільки як причину забруднення навколишнього середовища та негативного впливу на людину, але і як джерело вторинних матеріальних та енергетичних ресурсів.

Питання ефективного поводження з відходами в Україні набуває особливої актуальності у зв'язку з домінуванням у народному господарстві ресурсомістких та багатовідходних технологій. Водночас низькі тарифи на послуги з вивезення та накопичення відходів на звалищах не створюють стимулів для бізнесу та місцевої влади переробляти відходи. Євроінтеграційні процеси в Україні вимагають зміни політики поводження з відходами. Наразі Україна знаходиться на найнижчому рівні в ієрархії поводження з відходами з відсутністю або обмеженою системою запобігання утворенню відходів, переробкою в обмеженому обсязі та захороненням на полігонах як основним методом управління відходами.

### 2.1 Органічні рештки та причини необхідності їх утилізації

До органічних відходів належать будь-які біорозкладні речовини, отримані з рослин або тварин. Органічні відходи (кухонні, харчові, садові, городні) складають найбільшу масову частку побутових відходів, перевищуючи 50% та 25-30% у загальному об'ємі сміття.

У наших сучасних ресурсоемних суспільствах утилізація органічних залишків є актуальною екологічною проблемою. Збільшення обсягів органічних відходів, які утворюються в різних галузях промисловості, домогосподарствах і

Піпп. і дата	Інв. №дубл.								
Взаєм. інв. №									
Піпп. і дата									
Інв. №подл.									
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 22510273				Арк

сільському господарстві, вимагає стратегічного підходу до їх управління. Нездатність належного поводження з органічними залишками не тільки загострює проблеми, пов'язані з накопиченням відходів, але також значно сприяє погіршенню навколишнього середовища та пов'язаному з цим соціально-економічному тягарю.

Приклади органічних відходів включають:

- післяжнивні рештки
- їжа, яка залишилася. Прикладами є кавова гуща, серцевина яблук, яєчна шкаралупа та інші кулінарні відходи
- опале листя, обрізки рослин, гілки, зірвані бур'яни та інше сміття після ландшафтного дизайну
- корм для домашніх тварин
- тваринний гній
- відходи деревинної промисловості
- відходи харчової промисловості
- необроблена/нефарбована деревина, наприклад, мішалки для кави та зубочистки.
- папір/упаковка з плямами від їжі, як-от жирні коробки від піци та забруднені паперові тарілки.

Оскільки органічне сміття поступово біологічно розкладається з часом, то це процес виробляє значну кількість метану, потужного парникового газу, який затримує тепло в атмосфері та сприяє зміні клімату. Органічні відходи також можуть включати антибіотики, хімічні речовини та патогени, які під час розкладання потрапляють у ґрунт і підземні води. Це розкладання може відбуватися в різних середовищах, таких як звалища, компостні купи або природні екосистеми.

Звалища, куди потрапляє значна частина органічних відходів, стають розсадниками метану через анаеробні умови під час розкладання. Метан, який має

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 22510273

Арк



значно вищий потенціал глобального потепління порівняно з вуглекислим газом, суттєво сприяє зміні клімату, коли його неконтрольовано викидають в атмосферу.

Більше того, неефективна утилізація органічних залишків становить загрозу, окрім викидів парникових газів. Фільтрат, що утворюється під час розкладання, містить різноманітні забруднюючі речовини, які можуть проникати в ґрунт і водойми, що призводить до забруднення та потенційної небезпеки для здоров'я. Це забруднення часто впливає на екосистеми, погіршує якість води та створює ризик для здоров'я людей і тварин.

Терміновість вирішення питань утилізації органічних залишків ще більше підкреслюється обмеженістю ресурсів.

Органічні відходи за належного поводження зберігають величезний потенціал як цінний ресурс, а не як тягар. Він містить основні поживні речовини та органічні речовини, життєво важливі для здоров'я та родючості ґрунту. Неспроможність використовувати цей потенціал означає не помічати цінну можливість замкнути цикл у використанні наших ресурсів, увічнюючи лінійну модель «бери-зроби-викидай», яка напружує екосистеми та виснажує природні ресурси.

Визнаючи необхідність зміни парадигми в нашому підході до органічних залишків, стає обов'язковим прийняття стратегій, які не тільки пом'якшують вплив на навколишнє середовище, пов'язаний з їх утилізацією, але й використовують їх невід'ємну цінність. Цей імператив узгоджується з принципами циркулярної економіки та сталого розвитку, виступаючи за ефективне використання та переробку ресурсів для мінімізації утворення відходів і шкоди для навколишнього середовища.

## 2.2 Напрямки управління органічними відходами

Управління органічними відходами є важливим аспектом управління відходами та навколишнім середовищем через кілька причин:

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№одубл.	Підп. і дата
-------------	--------------	-------------	-------------	--------------

Вил	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 22510273

Арк

1. Викиди парникових газів: коли органічні залишки розкладаються в анаеробних умовах (з низьким вмістом кисню), наприклад на звалищах, вони виробляють метан, потужний парниковий газ. Метан сприяє зміні клімату та глобальному потеплінню. Правильне управління може допомогти вловити та використати ці гази за допомогою таких методів, як анаеробне зброджування.

2. Відновлення ресурсів: Органічні залишки багаті поживними речовинами та органічними речовинами. Належні методи утилізації, такі як компостування або анаеробне зброджування, дозволяють відновити цінні ресурси, які можна використовувати як добрива або кондиціонери ґрунту.

3. Забруднення ґрунту та води: Неналежна утилізація органічних залишків може призвести до вимивання шкідливих речовин у ґрунт та воду. Це може призвести до забруднення, дисбалансу поживних речовин і негативного впливу на екосистеми.

4. Економіка замкнутого циклу: Управління органічними відходами в екологічно чистий спосіб узгоджується з принципами економіки замкнутого циклу. Замість того, щоб розглядати їх як відходи, ці матеріали можна переробляти, повторно використовувати або перетворювати на енергію, сприяючи більш стійкій та ресурсоефективній системі.

5. Охорона здоров'я: Неналежна утилізація органічних відходів може залучити шкідників і створити середовище для розмноження хвороботворних мікроорганізмів, створюючи ризик для здоров'я населення. Ефективне управління зменшує ці ризики та сприяє здоровішому навколишньому середовищу.

Зберігання органічних продуктів на звалищах є проблемою громадського здоров'я. У зв'язку з цим утилізацію органічних відходів необхідно належним чином контролювати.

Перероблення органічних решток має безліч плюсів:

1. Відновлення ґрунту: Компост з органічних решток може служити відмінним джерелом поживних речовин для ґрунту, поліпшуючи його структуру та роблячи його більш плідним.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вил	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510273

Арк

2. Зменшення обсягу сміття: Використання органічних відходів для компосту зменшує обсяг сміття, яке потрапляє на сміттєзвалища, сприяючи збереженню простору та зниженню впливу на навколишнє середовище.

3. Відновлювальна енергія: Органічні рештки можуть бути використані для виробництва біогазу, що є відновлювальним джерелом енергії. Це сприяє розвитку сталої енергетики та зменшенню використання нафтопродуктів.

4. Зменшення викидів метану: Утилізація органічних відходів допомагає зменшити викиди метану, який утворюється при їхньому розкладанні на сміттєзвалищах.

5. Екологічна ефективність: Використання органічних решток в рамках екосистеми є природною та ефективною формою утилізації, що не порушує природний цикл розкладання.

6. Економія ресурсів: Використання компосту, отриманого з органічних решток, може зменшити потребу в хімічних добривах у сільському господарстві.

Такий підхід сприяє створенню більш стійких та екологічно відповідальних систем управління відходами.

Було розроблено кілька технологій і методів, таких як компостування та анаеробне зброджування, щоб поводитися з органічними залишками екологічно чистим і ресурсозберігаючим способом. Ці підходи не лише вирішують проблеми поводження з відходами, але й сприяють розвитку стійких практик у сільському господарстві, виробництві енергії та збереженні навколишнього середовища.

Органічні рештки можна утилізувати шляхом компостування, що має як багато плюсів, є й деякі мінуси:

1. Наявність забруднень: Органічні рештки можуть містити забруднюючі речовини, такі як хімічні речовини або залишки лікарських препаратів. Це може становити проблему при використанні компосту для сільського господарства або здоров'я ґрунту.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Піпп. і дата

ТС 22510273

Арк

2. Необхідність інфраструктури: Для використання органічних решток у виробництві компосту потрібна відповідна інфраструктура, яка може бути вартісною для впровадження і достатню територію

3. Час розкладання: Деякі органічні матеріали можуть потребувати тривалого часу для повного розкладання, що ускладнює процес використання їх у виробництві компосту.

4. Енергетичні затрати: Процеси переробки органічних решток можуть вимагати значних енергетичних витрат, залежно від методів, які використовуються.

5. Можливість запахів: Під час процесу розкладання органічних відходів можуть виникати неприємні запахи, що може бути проблемою для навколишнього середовища та людей, які проживають поруч.

Незважаючи на ці мінуси, багато з них можуть бути управлінні або зменшені шляхом ефективного планування та впровадження сучасних технологій у виробництво.

У світлі цих нагальних проблем дослідження інноваційних шляхів поводження з органічними залишками стає першорядним.

Анаеробне зброджування, процес, що лежить в основі виробництва біогазу, постає як стійке рішення, яке не тільки вирішує проблему утилізації органічних відходів, але й відкриває можливості для відновлення ресурсів і збереження навколишнього середовища.

Завдяки ефективному використанню енергетичного потенціалу органічних відходів при одночасному утворенні насичених поживними речовинами залишків, анаеробне зброджування пропонує трансформаційний шлях до більш сталого та циклічного підходу до управління відходами та використання ресурсів.

Екологічно доцільною та економічно вигідною є переробка органічних відходів на біогаз за допомогою біологічної конверсії – метанового бродіння. Впровадження анаеробної біотехнології в енергетичне господарство агропромислового комплексу одночасно вирішує кілька проблем:

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата					ТС 22510273	Арк

енергозбереження за рахунок використання місцевого джерела енергії та утилізація відходів з одержанням якісних органічних добрив.

—

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Піпп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 22510273	Арк
-----	-----	----------	-------	------	-------------	-----

## РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ БІОГАЗУ ТА ДИГЕСТАТУ

### 3.1 Варіанти альтернативних джерел енергії

До відомих видів альтернативної енергії належать

1) Сонячна енергія: Використовуючи енергію сонця, сонячна енергетика передбачає використання фотоелектричних елементів для перетворення сонячного світла в електрику. Сонячні батареї можна встановлювати на дахах будинків або на сонячних фермах для отримання чистої та відновлюваної енергії.

2) Енергія вітру: Вітрові турбіни вловлюють кінетичну енергію вітру та перетворюють її на електрику. Вітрові електростанції, розташовані як на суші, так і в морі, значно сприяють глобальному поштовху до сталого виробництва енергії

3) Гідроенергетика: Використовуючи енергію текучої води, гідроенергетичні системи виробляють електроенергію. Дамби та інша водна інфраструктура може бути використана для виробництва відновлюваної енергії у великих масштабах.

4) Геотермальна енергія: Це відновлюване джерело використовує внутрішнє тепло Землі. Геотермальні електростанції використовують пару або гарячу воду з-під поверхні Землі для виробництва електроенергії та забезпечення опалення для різних застосувань.

5) Енергія припливів і хвиль:

Використовуючи силу океанських припливів і хвиль, енергетичні системи припливів і хвиль спрямовані на виробництво електроенергії. Ці технології все ще знаходяться на ранніх стадіях, але є перспективними для прибережних регіонів.

6) Ядерна енергетика: Хоча ядерна енергетика суперечлива, це джерело енергії з низьким вмістом вуглецю, яке передбачає поділ атомів урану для виробництва тепла, яке потім перетворюється на електрику. Прогрес у ядерних технологіях досліджує безпечніші та ефективніші варіанти.

Піпп. і дата	
Інв.№одубл.	
Взаєм.інв.№	
Піпп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 22510273

Арк

7) **Енергія біомаси:** Енергія біомаси передбачає використання органічних матеріалів, таких як деревина, сільськогосподарські залишки та спеціальні енергетичні культури, для виробництва тепла та електроенергії.

Біогаз – стійка підгрупа енергії біомаси. Біогаз, отриманий з органічних матеріалів шляхом анаеробного зброджування, є помітним гравцем у сфері альтернативної енергетики. Органічні залишки, включаючи сільськогосподарські відходи, стічні води та харчові залишки, розщеплюються мікроорганізмами з утворенням суміші метану та вуглекислого газу. Цей відновлюваний газ можна використовувати для виробництва електроенергії, опалення та навіть як автомобільне паливо після очищення для отримання біометану.

Виробництво біогазу, зокрема з органічних відходів, є привабливим рішенням завдяки його здатності одночасно вирішувати проблеми управління відходами та забезпечувати відновлюване джерело енергії.

Оскільки зусилля щодо диверсифікації енергетичних портфелів і зменшення залежності від викопного палива продовжуються, поєднання цих альтернативних джерел може сприяти створенню більш сталої та стійкої глобальної енергетичної системи.

Кожне з цих альтернативних джерел енергії має унікальні характеристики, переваги та проблеми.

Проблема отримання альтернативних джерел енергії є критичною та багатогранною проблемою, яка набуває все більшого значення через занепокоєння щодо зміни клімату, погіршення навколишнього середовища та обмеженості традиційного викопного палива.

Ось деякі ключові аспекти цієї проблеми:

1) **Зміна клімату та вплив на навколишнє середовище:**

**Залежність від викопного палива:** більшість світової енергії все ще отримують з викопного палива, наприклад вугілля, нафти та природного газу. Спалювання цього палива виділяє парникові гази, сприяючи зміні клімату та забрудненню повітря.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

ТС 22510273

Арк

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

Погіршення навколишнього середовища: Видобуток і переробка викопного палива може призвести до збитку навколишньому середовищу, зокрема вирубки лісів, руйнування середовища проживання та розливів нафти.

2) Обмежена природа викопного палива:

Вичерпання ресурсів: Викопне паливо є обмеженим ресурсом, і його видобуток стає складнішим і дорожчим, оскільки легкодоступні запаси вичерпуються.

Геополітичні проблеми: залежність від обмеженої кількості країн у видобутку нафти та газу може призвести до геополітичної напруженості та економічної вразливості

3) Енергетична безпека:

Диверсифікація джерел енергії: використання одного чи кількох джерел енергії створює ризики для енергетичної безпеки.

Розробка альтернативних джерел допомагає диверсифікувати енергетичну суміш і зменшити залежність від конкретних регіонів або країн.

4) Технологічні виклики:

Зберігання енергії: багато відновлюваних джерел енергії, як-от сонце та вітер, працюють з перебоями. Розробка ефективних і економічно ефективних рішень для накопичення енергії має вирішальне значення для забезпечення стабільного та надійного енергопостачання.

Розвиток інфраструктури: Перехід до альтернативних джерел енергії вимагає значних інвестицій в інфраструктуру, включаючи нові електромережі та сховища.

5) Економічні міркування:

Цінтова конкурентоспроможність: Історично склалося так, що відновлювані джерела енергії були дорожчими за звичайне викопне паливо. Підвищення цінової конкурентоспроможності альтернативної енергії має важливе значення для широкого впровадження.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

ТС 22510273

Арк



Зміни роботи: відмова від традиційних джерел енергії може призвести до витіснення робочих місць у певних галузях. Управління цим переходом і створення нових робочих місць є важливими міркуваннями.

6) Політика та нормативно-правова база:

Стимули та субсидії: уряди відіграють вирішальну роль у просуванні альтернативної енергетики, надаючи стимули, субсидії та політику підтримки.

Політична воля: Політична воля та відданість є важливими для реалізації політик і правил сталої енергетики

7) Обізнаність громадськості та визнання:

Освіта та обізнаність: громадське розуміння та прийняття альтернативних джерел енергії є життєво важливими для успішного впровадження. Важливо інформувати громадськість про переваги та розвіювати помилкові уявлення.

Вирішення проблеми отримання альтернативних джерел енергії вимагає скоординованого та багатовимірного підходу, що включає технологічні інновації, політичні ініціативи, економічні стимули та залучення громадськості. У міру того, як прогрес продовжується, а міжнародне співтовариство співпрацює, стає все більш можливим подолати ці виклики та перейти до більш сталого та диверсифікованого енергетичного ландшафту.

Пошук альтернативних джерел енергії є складним, але критичним питанням.

### 3.2 Доцільність технології отримання біогазу

Анаеробне зброджування — це добре запроваджена, зріла технологія, яка використовується в усьому світі для виробництва біогазу. Отримання біогазу має тривалу історію; тисячі років тому для очищення каналізації та стічних вод використовувалися основні методи. З появою септиків і резервуарів Imhoff для очищення стічних вод наприкінці 19-го і на початку 20-го століть були створені більш досконалі та промислові методи.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

ТС 22510273

Арк



— Управління відходами: включення біогазових установок до системи управління відходами заохочує роздільне збирання органічних відходів і дозволяє уникнути прямого захоронення.

Застосування в сільському господарстві. Біогазові установки можна використовувати для обробки залишків сільського господарства, таких як гній, солома та залишки збирання врожаю. Багато господарств використовують цю технологію для отримання не лише палива, а й в першу чергу дигестату, що використовується як ефективне добриво.

Анаеробне зброджування є гнучкою технікою, яка може використовувати широкий діапазон сировини.

Приклади сировини включають:

- Осади стічних вод: Існує чотири типи осаду стічних вод: рідкий осад, неочищений осад стічних вод, компостований осад і осад, оброблений вапном.
- Відходи тваринного походження включають жири, кров, залишки їжі, вміст шлунка, вміст рубця, трупи, а також свійський, рибний і худобовий гній.
- Енергетичні культури: Як правило, енергетичні культури включають кукурудзу, кукурудзу, просо та конюшину. Це можуть бути цілі культури, що використовуються для спільного перетравлення, або сміття (стебла та стебла) після збирання врожаю.
- Міські відходи: Прикладами міських відходів є харчові відходи, фільтри для кави/чаю, органічні залишки, хлібобулочні та кухонні відходи
- Сільськогосподарські відходи: Фрукти, патока, стебла, рослинна солома та жом (залишки від подрібнення стебел цукрової тростини або сорго) є прикладами сільськогосподарських відходів.
- Промислові відходи: Прикладами промислових відходів є відходи виробництва харчових продуктів/напоїв, відходи молочних продуктів, відходи крохмальної/цукрової промисловості, відходи боєнь і відходи пивоварень [1].

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

ТС 22510273

Арк

### 3.3 Технологія одержання біогазу і дигестату

Технологія одержання біогазу та дигестату включає в себе процес анаеробного біологічного розкладання органічних матеріалів в спеціальних установках, відомих як біогазові або анаеробні переробні заводи.

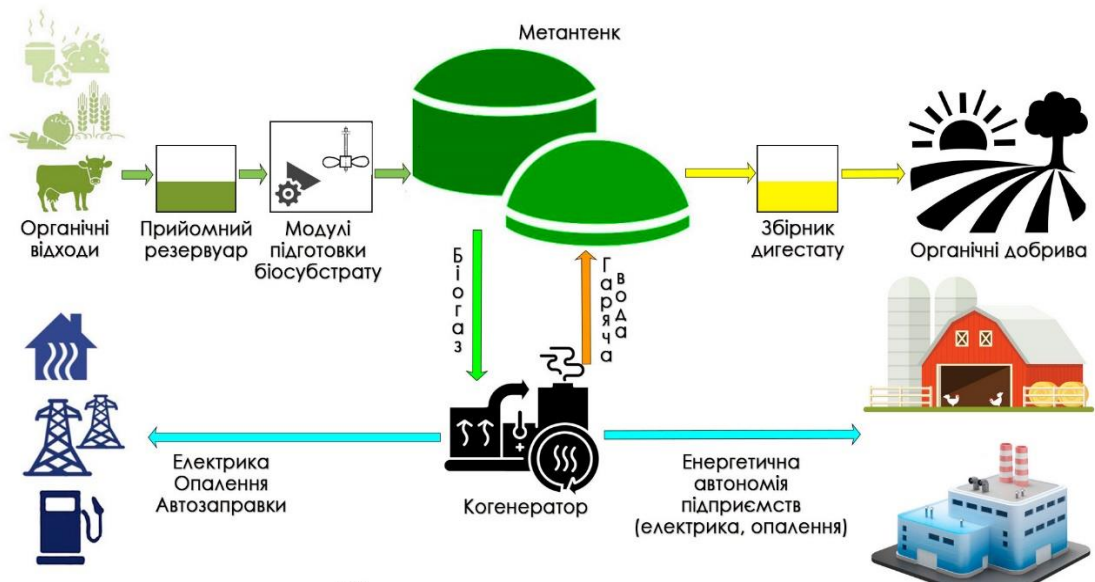


Рисунок 3.1 – Схема основних етапів отримання біогазу та дигестату в процесі метанового бродіння

Основні етапи цього процесу виглядають наступним чином (рисунок 3.1). :

1. Збір органічних відходів:

Органічні матеріали, такі як харчові відходи, рослинні залишки, навоз, тощо, збираються для подальшої обробки.

2. Підготовка відходів:

Органічні матеріали можуть бути подрібнені чи роздроблені для полегшення процесу біологічного розкладання.

3. Зарядка в реактор:

Підготовлені відходи заряджаються в анаеробний реактор, де проходить процес біологічного розкладання.

4. Анаеробне розкладання:

Підп. і дата

Інв. № дубл.

Взаєм. інв. №

Підп. і дата

Інв. № подл.

ТС 22510273

Арк

Вил Арк № докум. Підп. Дата

У реакторі відбувається анаеробне розкладання органічних матеріалів за участю метаногенних бактерій. Під час цього процесу виробляється біогаз, головним складником якого є метан.

5. Збір та очистка біогазу:

Вироблений біогаз збирається та очищається від домішок, таких як волога, сірководень, аміак, інші інертні гази.

6. Утворення дигестату:

Під час процесу анаеробного розкладання утворюється дигестат, який представляє собою залишки нерозкладених органічних речовин. Цей матеріал може бути використаний як органічне добриво для сільського господарства.

Така технологія дозволяє ефективно використовувати органічні відходи для виробництва енергії та добрива, сприяючи відновлюваній енергетиці та зменшенню викидів парникових газів. Крім того, вона сприяє управлінню відходами та зменшенню негативного впливу на довкілля.

Типовою технологією виробництва біогазу з агросировини (гній, послід, силос кукурудзи, жом, пожнивні рештки, тощо) є метанове бродіння в біореакторах напівпроточного типу (рисунок 3.2).

У результаті розпаду органічної речовини, процесів мінералізації та вивільнення біогазу, в порівнянні з вхідною сировиною, утворюється дигестат (рисунок 3.3)

В отриманому дигістаті в порівнянні з вихідною органічною речовиною

Зменшується вміст сухої речовини, і відповідно підвищується вологість та знижується в'язкість.

Вологість дигестату, як правило, складає 94-96%, хоча може коливатися в діапазоні 92-99%.

Збільшується на 10-70% вміст аміачного азоту (безпосередньо доступного для живлення рослин).

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 22510273	Арк
-----	-----	----------	-------	------	-------------	-----

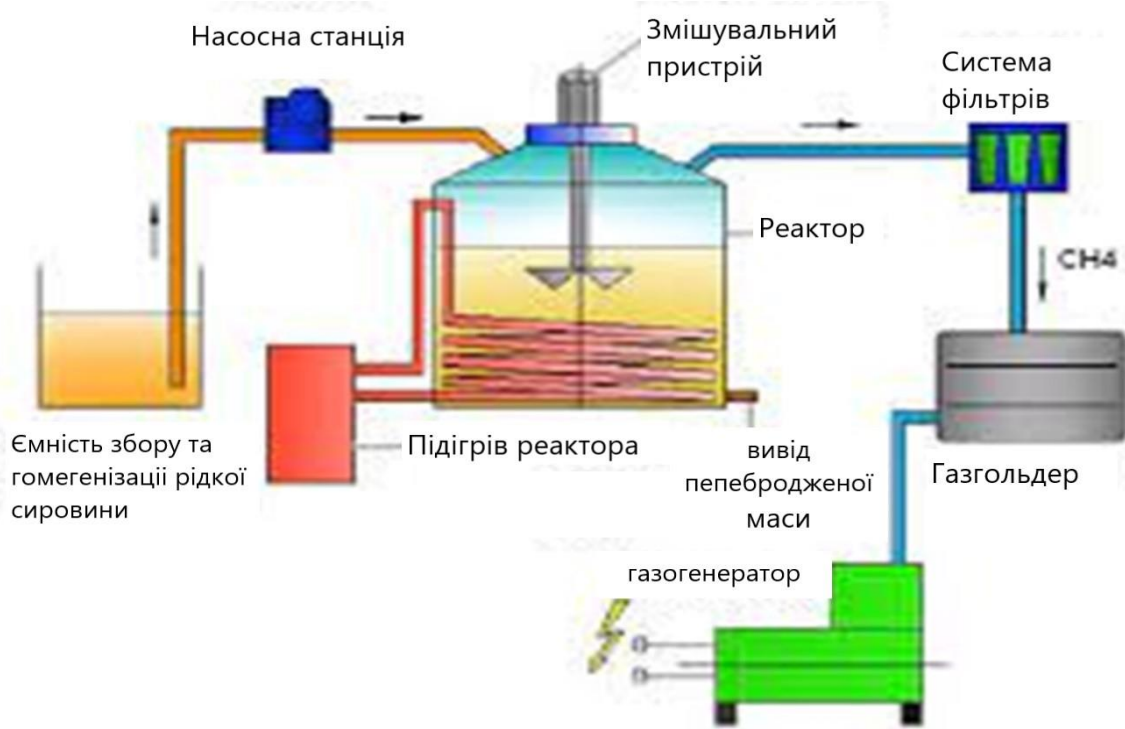


Рисунок 3.2 – Схема біореактору для отримання біогазу

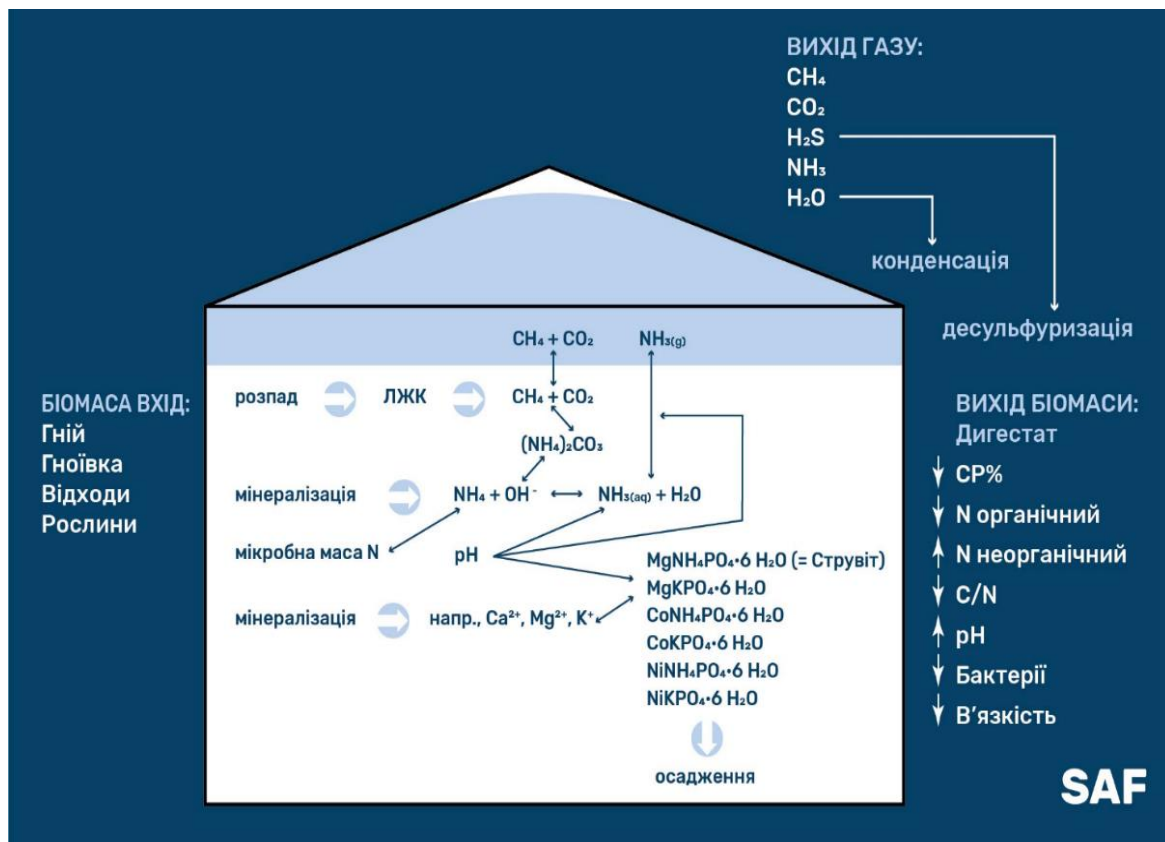


Рисунок 3.3 – Виробництво дигестату в процесі метанового бродиння [1]

Підп. і дата	Інв. № доубл.	Взаєм. інв. №	Підп. і дата	Інв. № поодл.

ТС 22510273

Арк

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Збільшення частки аміачного азоту залежить від його початкового вмісту в сировині – менший приріс в процесі бродіння характерний гноївці свиней та ВРХ, більший – харчовим відходам та рослинній сировині.

Зменшується співвідношення C/N за рахунок вивільнення частини вуглецю з біогазом. Оптимальне для процесу метанового бродіння співвідношення C/N на рівні 20-30 вважається оптимальним також для біоценозу ґрунту.

Зменшується вміст патогенної мікрофлори та життєздатного насіння бур'янів у результаті одночасного впливу температури (як правило 38-40°C) та кислотності в біореакторі протягом тривалого часу (не менше 25-30 діб).

У процесі метанового бродіння частина органічної речовини трансформується в біогаз, разом із чим у складі вихідної сировини зменшується вміст вуглецю (C), водню (H), кисню (O), сірки (S) та азоту (N).

З кожним виділеним 1 м<sup>3</sup> біогазу вхідна сировина втрачає у середньому 502 г вуглецю, 114 г водню, 517 г кисню, 5 г сірки та всього 0,06 г азоту (рисунок 3. 4).

Значна частина сірки може повертатися в дигестат, якщо очищення від сірководню передбачено в підкупольному просторі біореактора.

Якщо десульфуризація біогазу проходить в окремій споруді, ефективність видалення сірководню є значно вищою, а утворюваний сірковмісний продукт (у твердому або рідкому стані) може бути товарним продуктом, наприклад, для виробництва комплексних мінеральних або органо-мінеральних добрив.

Усі інші вхідні макро- та мікроелементи у складі нативних чи перетворених сполук містяться в утворюваному дигестаті.

Відтак, хімічний склад дигестату визначається, головним чином, сумішшю компонентів, що потрапляють в біореактор, включно з сировиною для виробництва біогазу та різного роду добавками (ферменти, мікро-нутрієнти, реагенти, вода, тощо).

Таким чином, дигестат має такі важливі для ґрунтів та агровиробництва характеристики:

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата
-------------	--------------	-------------	------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 22510273

Арк

- Містить комплекс необхідних для росту рослин макро- та мікронутрієнтів (N, P, K, S, Co, Mo, Zn, Fe, Mn та рід інших).
- Має високий вміст легкодоступного азоту для рослин (60-80% вмісту азоту загального).
- Має збалансований склад C/N (20-30).
- Має рівень рН, близький до нейтрального (6.5-8.0).
- Не містить (мінімальний вміст) життєздатного насіння бур'янів та патогенної мікрофлори (за умови дотримання необхідної тривалості та температури процесу).
- Поступово розкладаючись мікроорганізмами ґрунту стає джерелом поживних речовин збалансованого складу для рослин, запобігаючи утворенню надмірної кількості нітратів і забрудненню ним ґрунту та ґрунтових вод.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№одубл.	Підп. і дата	ТС 22510273	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		



## РОЗДІЛ 4. ВИКОРИСТАННЯ ДИГЕСТАТУ В ЯКОСТІ БІОДОБРИВА

### 4.1 Характеристика дигестату

Оскільки виробництво біогазу займає центральне місце в царині стійких технологій, увага виходить за рамки газоподібного виробництва на його побічний продукт— біогазовий дигестат. Ця багата на поживні речовини речовина є залишком у результаті процесу анаеробного зброджування та має величезний потенціал у різноманітних екологічних застосуваннях.

Ключові аспекти застосування дигестату:

1. Органічне добриво: біогазовий дигестат є цінним органічним добривом, багатим поживними речовинами, такими як азот, фосфор і калій. Його застосування підвищує родючість ґрунту, сприяє більш здоровому росту рослин і зменшує потребу в хімічних добривах.

2. Поліпшення ґрунту: Органічна речовина в біогазовому дигестаті має більший ступінь розкладення в порівнянні зі звичайним органічним добривом, покращує структуру ґрунту та утримує воду, сприяючи здоров'ю ґрунту та запобігаючи його деградації.

3. Циркулярна економіка: Використання біогазу в сільському господарстві замикає цикл циклічної економіки, перетворюючи органічні відходи на ресурс і мінімізуючи вплив на навколишнє середовище традиційних методів утилізації відходів.

4. Зменшення залежності від синтетичних добрив: шляхом інтеграції переробленого біогазу в сільськогосподарську практику існує потенціал для зменшення залежності від синтетичних добрив, тим самим зменшуючи вплив на навколишнє середовище, пов'язаний з їх виробництвом і використанням.

Дигестат утворюється як ацидогенезом, так і метаногенезом, і кожен має різні властивості.

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взаєм. інв. №	Підп. і дата	Інв. № подл.	ТС 22510273	Арк
Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

Ці властивості є результатом як початкового джерела сировини, так і самих процедур (рисунок 4.1). Хімічний склад утвореного дигестату може відрізнятися залежно від використовуваної сировини.

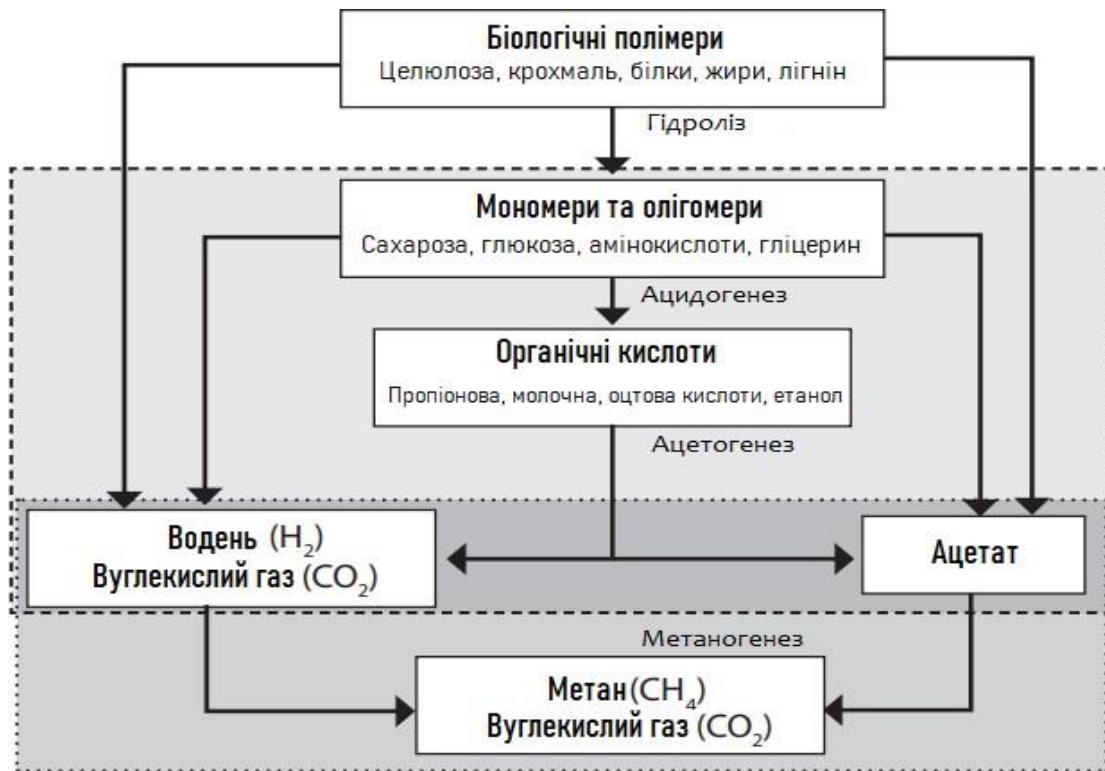


Рисунок 4.1 – Основні етапи утворення біогазу

#### 4.1.1 Ацидогенний дигестат

Під час цієї стадії бактерії-підкислювачі перетворюють водорозчинні хімічні речовини, включаючи продукти гідролізу, на коротколанцюгові органічні кислоти, такі як мурашина, оцтова, пропіонова, масляна та пентанова, спирти, такі як метанол і етанол, альдегіди, вуглець. діоксид і водень. Іншими продуктами кислотогенезу є аміак і сірководень.

Ці бактерії діють в діапазоні рН від 4,0 до 8,5. Цей процес також може з часом знизити рН всередині біодигестера, що призведе до того, що мікроби не зможуть функціонувати. З цієї причини рН необхідно ретельно контролювати [2].

Підп. і дата	Інв. № дубл.	Взаєм. інв. №	Підп. і дата	Інв. № подл.

Оскільки ацидогенез знаходиться на початку процесу анаеробного збродження, більша частина органічної речовини не повністю розкладається, залишаючи дигестат, який є волокнистим і складається зі структурної рослинної речовини, включаючи лігнін і целюлозу. Тому його часто називають твердим дигестатом.

Ацидогенний дигестат володіє високими вологоутримуючими властивостями. Дигестат також може містити мінеральні речовини (в першу чергу фосфор) і залишки бактерій.

#### 4.1.2 Метаногенний дигестат

Метаногенез є останнім етапом анаеробного збродження.

Під час цієї фази метаногенні археї виробляють метан із субстратів, утворених під час ацетогенезу. Ці субстрати в основному ацетат і водень.

Метаногенез також може відбуватися за допомогою іншого метаболізму, заснованого на взаємодії ферментуючих бактерій і метаногенів архей, синтрофного метаногенного шляху.

Під час синтрофних метаногенів бактерії, що належать переважно до класу Clostridia, окислюють ацетат до водню та CO<sub>2</sub>, які послідовно використовуються гідрогенотрофними археями для метаногенів. Метаногенні мікроби досить чутливі до змін рН і віддають перевагу діапазону від 5,0 до 8,5 залежно від виду [2]. Ось чому в деяких біодигестерах камери для різних етапів анаеробного збродження будуть розділені для оптимального виробництва біогазу.

До цього моменту більша частина органічної речовини розщепилася, залишивши після себе метаногенний дигестат, відомий як мул (іноді його називають розчином або рідким дигестатом).

Мул містить багато поживних речовин, таких як амоній і калій. Іншим побічним продуктом цього етапу є метан, який часто збирають і використовують як джерело палива.

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вил	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 22510273	Арк
-----	-----	----------	-------	------	-------------	-----

## 4.2 Використання дигестату в якості біодобрив

Експериментальне використання дигестату біогазу на ґрунтах відкриває перспективу вдосконалення сільськогосподарських практик та підвищення стійкості екосистеми.

У роботі було проаналізовано результати експериментів, спрямованих на вивчення впливу дигестату біогазу на різноманітність та плодючість ґрунтів.

При використанні дигестату в якості добрива було встановлено що, застосування може зменшити негативний вплив мінеральних добрив і сприяти розвитку сталого сільського господарства

Дигестат, отриманий з біогазового заводу, застосовувався на дослідних полях під люцерну та озиму пшеницю.

Висівали люцерну кормову сорту Комета та озиму пшеницю сорту Зита.

Для порівняння всі перераховані вище рослини висівали на контрольні поля і удобрювали мінеральними добривами.

Площа кожного поля становила 75 м<sup>2</sup>.

На третій рік збирання (2017) люцерну збирали одноразово. Досліджували зібрані рослини на вміст макроелементів. Добраджувальну рідину використовували в кількості 270 л на 75 м<sup>2</sup>. На полі, удобреному мінеральними добривами, під посів люцерни використовували: азоту – 20 кг·га<sup>-1</sup>, фосфору – 60 кг·га<sup>-1</sup>, калію – 80 кг·га<sup>-1</sup>.

Потім на полі, удобреному мінеральними добривами, під посів озимої пшениці використовували: азот – 140 кг·га<sup>-1</sup> (перша доза: передпосівна та під весняну передпосівну культивуацію, друга доза в період сходження, третя доза під час колосіння), фосфору – 62 кг·га<sup>-1</sup>, калію – 81 кг·га<sup>-1</sup>. Лабораторні дослідження були проведені на Окружній хіміко-сільськогосподарській станції в Любліні та в Центральній агроекологічній лабораторії Університету природничих наук у Любліні.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 22510273				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	

Досліджували постдигестичну рідину на вміст макроелементів і важких металів (табл. 4.1)

pH дигестату, який використовували для вирощування люцерни та озимої пшениці, становив 8,39.

Крім того, дигестат містить значну кількість макроелементів, тому його можна використовувати як добриво.

Зразки ґрунту досліджували до та після використання дигестату та після збору врожаю люцерни та озимої пшениці.

Результати аналізів представлені в таблицях 4.2 і 4.3.

Випробування ґрунту для вирощування люцерни показали дуже незначне підвищення реакції pH, від 7,46 до 7,50, потім воно впало до 7,34 після збору врожаю пшениці.

Подібна тенденція спостерігалась і при випробуванні ґрунту під вирощування озимої пшениці.

Реакція pH підвищилася з 7,59 до 7,60, а після збору врожаю її значення знизилося до 7,49.

Після збору врожаю озимої пшениці спостерігалось падіння значення pH реакції до 7,49, що є основною реакцією. Після збору врожаю озимого ріпаку значення pH реакції впало до 7,34, що є нейтральною реакцією.

При вирощуванні люцерни після внесення дигестату вміст фосфору підвищувався на 10,83 мг на 100 г ґрунту, калію – на 5,59 мг на 100 г ґрунту, магнію – на 3,74 мг на 100 г ґрунту.

Як і при вирощуванні пшениці, також після збирання врожаю люцерни спостерігалось зниження вмісту макроелементів.

За вирощування озимої пшениці вміст фосфору підвищився на 6,39 мг на 100 г ґрунту, калію – на 1,92 мг на 100 г ґрунту, магнію – на 5,4 мг на 100 г ґрунту.

Після збирання озимої пшениці спостерігалось зниження вмісту макроелементів.

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 22510273

Арк

Таблиця 4.1 Порівняння макроелементів і важких металів у дигестаті, що використовується для польових культур

Досліджувана речовина	Вміст в дигестаті
Фосфор, г*1 <sup>-1</sup>	0,18
Калій, г*1 <sup>-1</sup>	6,12
Кальцій, г*1 <sup>-1</sup>	0,45
Магній, г*1 <sup>-1</sup>	0,18
Нікель, мг*1 <sup>-1</sup>	—
Хром, мг*1 <sup>-1</sup>	0,42
Мідь, мг*1 <sup>-1</sup>	0,52
Цинк, мг*1 <sup>-1</sup>	2,08
Марганець, мг*1 <sup>-1</sup>	2,39
Залізо, мг*1 <sup>-1</sup>	74,66

Таблиця 4.2 Дослідження рН та вмісту макроелементів у ґрунті для вирощування люцерни

Розглянуті речовини в ґрунті	Перед застосуванням дигестату	Після застосування дигестату	Після збору врожаю
рН	7,46	7,50	7,34
Фосфор, мг на 100г ґрунту	34,19	45,02	40,58
Калій, мг на 100г ґрунту	8,30	13,89	10,55
Магній, мг на 100г ґрунту	14,49	18,23	15,01

Інв.Неподл. Підп. і дата  
 Взаєм.інв.№  
 Інв.№дубл.  
 Підп. і дата

ТС 22510273

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата

Таблиця 4.3 Дослідження рН та вмісту макроелементів у ґрунті під вирощування озимої пшениці

Розглянуті речовини в ґрунті	Перед застосуванням дигестату	Після застосування дигестату	Після збору врожаю
рН	7,59	7,60	7,49
Фосфор, мг на 100г ґрунту	49,48	55,87	52,41
Калій, мг на 100г ґрунту	16,01	17,93	16,78
Магній, мг на 100г ґрунту	13,28	18,68	17,05

Зниження вмісту макроелементів після збору врожаю пов'язане з хорошим засвоєнням макроелементів рослини. У таблиці 4.4 наведені зміни вмісту макроелементів у листі люцерни шостого збору. Найбільше підвищився вміст азоту на 0,11 в.п. Відносні процентні різниці склали: азот – 3,15 %, фосфор – 11,76 %, калій – 1,00 %, кальцій – 7,74 %, магній – 23,53 %.

Таблиця 4.4 Вміст макроелементів у листках люцерни шостого збору

Розглянуті речовини в ґрунті	Люцерну висівають на ґрунт, удобрений мінеральними добривами	Люцерну висівають на ґрунті, удобреному дигестатом
Азот, %	3.49	3.60
Фосфор, %	0,17	0,19
Калій, %	1,99	2.01
Кальцій, %	1.46	1.50
Магній, %	0,17	0,21

Підп. і дата  
 Інв. № дубл.  
 Взаєм. інв. №  
 Підп. і дата  
 Інв. № подл.

ТС 22510273

Арк

Вил Арк № докум. Підп. Дата

Зерно озимої пшениці збирали з полів, удобрених мінеральними добривами та дигестатом.

Вологість зерна, зібраного з поля, удобреного мінеральними добривами, становила 12,9 %, а з поля, удобреного дигестатом – 13,4 %.

Елементарною ознакою зерен пшениці, що визначає їх споживчу цінність, є вміст білка. Вміст білка в зерні пшениці озимої, зібраної з поля, удобреного мінеральними добривами, становив 10,84 %, а з поля, удобреного дигестатом, – 11,01 %.

Відносний відсоток різниці за вмістом білка в зернах пшениці становить 1,56 %. Зміни вмісту макроелементів у зерні пшениці озимої представлені в табл. 4.5.

Спостерігалось незначне процентне збільшення вмісту макроелементів. Відносні процентні відмінності становили: азот – 3,93 %, фосфор – 13,33 %, калій – 9,26 %, кальцій – 15,38 %, магній – 9,52 %.

Таблиця 4.5 Вміст макроелементів у зерні пшениці озимої.

Розглянуті речовини в ґрунті	Озиму пшеницю висівають на ґрунті, удобреному мінеральними добривами	Озиму пшеницю висівають на обґрунтовані, ухвалені дигестатом
Азот, %	1,78	1,85
Фосфор, %	0,45	0,51
Калій, %	0,54	0,59
Кальцій, %	0,13	0,15
Магній, %	0,21	0,23

Отже, дослідження проб ґрунту до та після внесення дигестату показало збільшення вмісту макроелементів у ґрунті, що свідчить про хорошу удобрювальну цінність дигестату.

Інв.Неподл. Підп. і дата. Взаєм.інв.№ Інв.№дубл. Підп. і дата

ТС 22510273

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата



Аналіз результатів дослідів виявив незначне відсоткове підвищення вмісту окремих макроелементів у люцерні та озимій пшениці.

Дослідження зерна пшениці озимої з ґрунту, удобреного дигестатом, також виявило підвищення вмісту протеїну порівняно з зерном пшениці озимої з поля, удобреного мінеральними добривами.

Удобрення полів дигестатом призводить до знищення можливих патогенів. Використання дигестату як добрива приносить відчутну користь у сільськогосподарському виробництві, але це також продукт, застосування якого може зменшити негативний вплив мінеральних добрив і сприяти розвитку сталого сільського господарства.

Покращення якості ґрунту:

Дигестат біогазу містить багато поживних речовин, таких як азот, фосфор, калій та органічний вуглець. Він сприяє підвищенню плодючості ґрунту та збільшенню його вмісту органічних речовин. Це може покращити структуру ґрунту, збільшити вологозбереження та стійкість до ерозії.

Підвищення врожаїв:

Використання дигестату біогазу може позитивно позначитися на врожаях. Його висока концентрація поживних речовин сприяє збільшенню плодючості ґрунту, що може призвести до підвищення врожаїв різних сільськогосподарських культур.

Екологічна ефективність:

Використання дигестату біогазу є екологічно сталим рішенням, оскільки він є продуктом відновлювальних джерел і використання його сприяє зменшенню викидів парникових газів та вторинних забруднень.

Ефективне біодобриво:

Дигестат біогазу є важливим компонентом сталого сільськогосподарського управління та може бути використаний як високоякісне біодобриво. Його склад поживних речовин дозволяє збалансувати харчування рослин і покращити їх здоров'я.

Підп. і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 22510273	Арк
-----	-----	----------	-------	------	-------------	-----

Перспективи використання:

Використання дигестату біогазу на експериментальних ділянках показало обіцяні результати і має потенціал для широкого впровадження в сільське господарство. Його використання може сприяти сталому землеробству та покращенню якості ґрунту в цілому.

Узагальнюючи, дигестат біогазу виявився корисним і ефективним біодобривом для землеробства, покращуючи структуру ґрунту та підвищуючи врожаї. Його використання може стати важливим елементом сталого сільськогосподарського виробництва та збереження навколишнього середовища.

—

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№одубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 22510273	Арк

## РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Техніка безпеки при роботі на біогазовій установці

Коли органічні відходи потрапляють на станцію зважування, починається процес перетворення їх на біогаз. Людина стикається з безліччю небезпечних ситуацій під час цього. Якщо людина не дотримується правил безпечного перебування на біогазовому підприємстві, вона може зазнати серйозних ушкоджень, а іноді навіть втратити життя під час вибуху. До цих небезпек на виробництві відносяться утоплення, пошкодження електричним струмом і підвищений шум від механізмів і агрегатів.

Біогаз є одним із перших найнебезпечніших елементів компанії. Біогаз — це суміш газів без кольору та запаху, тому його витік важко побачити. Щоб уникнути задихання під час перебування в приміщенні з біогазом, важливо пам'ятати, що у ньому відсутній кисень. Метан, пожежо-вибуховий газ, є основним компонентом.

Під час роботи установки отримання біогазу працівники повинні перевіряти цілісність ізолюючих шарів покриття обладнання, де відбувається зберігання та зброджування органічних відходів.

До території компанії не допускаються сторонні особи, які не мають відповідного дозволу.

Їм дозволяється перебувати на території підприємства лише під супроводом особи, яка має дозвіл.

На території компанії не повинно бути джерел відкритого вогню. Виняток із цього правила є факел, на якому спалюється зайвий газ.

У випадку пожежі слід використовувати вогнегасник або сухий пісок. Необхідно, щоб вогнегасник був легко доступний. [15].

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 22510273

Арк

У місцях, де знаходяться органічні відходи, працівники повинні мати респіратори для захисту дихальних шляхів.

Персонал повинен мати і проводити заміри концентрації метану в робочій зоні обладнання відповідно до графіка. Графік [12] вказує, що прилади для вимірювання повинні бути калібровані та повірені.

Оскільки хвороботворні мікроорганізми можуть випадково потрапити до повітря підприємства, на території підприємства повинні бути безпечні місця для прийому їжі, де люди можуть приймати їжу [12].

## 5.2. Запобігання пожежі на біогазовій установці

Виробничі інструкції та технологічні карти повинні бути розроблені для всього комплексу та кожної очисної споруди [15].

Кожен об'єкт повинен мати інструкції щодо пожежної безпеки [15]. Проходи та сходи не повинні бути захаращені водою чи маслом. Сходи та місця для обслуговування контейнерів, ємностей та інших пристроїв повинні мати надійні поручні та огорожі, щоб забезпечити безпеку працівників, які їх обслуговують.

Усі механізми, що застосовуються на очисних спорудах, повинні працювати відповідно до відповідних інструкцій. У приміщеннях очисних споруд, де існує ймовірність раптового надходження в повітря токсичних і вибухонебезпечних речовин, має бути передбачена аварійна витяжна вентиляція. У таких приміщеннях повинні бути встановлені автоматичні газоаналізатори з аварійною вентиляцією [16].

У кожному виробничому приміщенні повинні бути основні засоби пожежогасіння та пожежний інвентар.

Забороняється використовувати пожежний інвентар для побутового використання. Заборонено курити як на території, так і в приміщеннях.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Піпп. і дата	ТС 22510273					Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	

Усі виробничі приміщення повинні мати клас вибухонебезпечності відповідно до положення Технічного регламенту про вимоги пожежної безпеки. Всі пристрої в цих приміщеннях повинні бути встановлені таким чином, щоб вони були захищені від вибуху відповідно до категорії та класу вибухонебезпечності [18].

Перелік заходів безпеки включає:

1. Ємності для газу необхідно розміщувати на достатній відстані від житлових будинків, складів і громадських доріг. Мінімально допустимі такі відстані: від будинків з м'якою покрівлею – 10 м; від будинків з твердою покрівлею – 5 м.

2. Забороняється паління і розпалювання вогню поблизу газових резервуарів (в радіусі 10 м). Встановлюються спеціальні таблички з відповідними надписами.

3. Регулярно перевіряють рівень води в резервуарі газгольдера циліндричного типу. Зимою необхідно попереджувати утворення крижаної кірки. Ремонт резервуарів і трубопроводів повинні проводити тільки спеціалісти (організація виготовлювач обладнання), що особливо важливо для усіх робіт, які виконуються з відкритим полум'ям і зварюванням на газгольдері і трубопроводах.

4. Попередження виходу метану і змішування його з повітрям в обмеженому просторі включає в себе забезпеченість герметичності газопровідних ліній і вентиляцію редуційних клапанів з відводом повітря назовні.

5. Видалення повітря із газопровідних ліній здійснюється шляхом пропускання по них газу до його використання.

6. Установка вогнегасників здійснюють на газопровідних лініях, які проходять поблизу газоспалювальних установок.

7. Забезпечення відповідних вентиляцій в зоні газопровідних ліній.

8. Обладнують вентиляційний отвір під стелею приміщення для виходу назовні газу, щільність якого менша щільності повітря.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата

ТС 22510273

Арк

9. Укладають газопровідні лінії з позитивним або зворотним нахилом, з обладнанням на нижньому кінці лінії водовідокремлювача (біогаз містить водяну пару).

10. Здійснюють захист газопровідних ліній і особливо водовідокремлювачів і вогнегасників від замерзання, оскільки це може перервати подачу газу, пошкодити газопровідну лінію і привести до значного збільшення тиску в метантенку або газгольдері, розрахованому на низький тиск.

11. Видалення всіх потенційних джерел іскроутворення із зони біогазової установки і газопровідних ліній.

12. Резервуари для зберігання газу, що призначаються для зарядки балонів, повинні бути розраховані натиск 170 кг/см<sup>2</sup>.

Вимоги безпеки під час обслуговування установки наступні:

- До обслуговування біогазової установки допускаються особи не молодше 18 років, тільки після проходження інструктажу з охорони праці на робочих місцях. Запис про проведення інструктажів проводиться в журнал з обов'язковим підписом проінструктованих робітників і особи, що проводила інструктаж.

- Інструктаж з охорони праці з обслуговуючим персоналом повинен проводитися щодня перед заступанням зміни на роботу. Особи, які виконують роботи по обслуговуванню біогазової установки, проходять медичний огляд не рідше 1 разу на 6 місяців. Вагітні жінки до роботи по обслуговуванню біогазової установки не допускаються.

- Під час роботи з біогазової установкою необхідно пам'ятати про вибухонебезпеку метану і стежити за герметичністю газгольдера і його комунікації. При виявленні витоку газу роботу потрібно припинити, усувати дефект повинні тільки фахівці, які мають допуск до роботи з вибухонебезпечними речовинами.

- Порожні цистерни і резервуари біогазової установки оглядаються не менше ніж двома фахівцями, які знають заходи безпеки і забезпечені шланговими

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата
-------------	--------------	---------------	-------------	--------------

протиногазами, гумовими рукавичками і страхуючими мотузками. Після роботи необхідно провітрити спецодяг в спеціально відведеному для цього приміщенні.

При експлуатації біогазової установки необхідно звертати увагу на наступне:

Вдих біогазу у великих кількостях на протязі тривалого часу може викликати отруєння, так як сірководень, який міститься в біогазі, дуже отруйний. Неочищений біогаз пахне тухлими яйцями, але після очистки не має ніякого запаху. Тому всі приміщення, де стоять побутові прилади, які використовують біогаз, треба регулярно провітрювати. Газові труби повинні регулярно перевірятися на герметичність і захищатися від пошкоджень. Витік газу необхідно виявляти за допомогою мильної емульсії або спеціальних приладів. Застосування відкритого вогню для виявлення витіку газу забороняється. Біогаз у суміші з повітрям в пропорції від 5% до 15% при наявності джерела спалаху з температурою 600°C або вище може призвести до вибуху. Відкритий вогонь небезпечний при концентраціях біогазу у повітрі понад 12%. Таким чином, забороняється куріння та розведення вогню біля установки. Під час проведення зварювальних робіт відстань до газового обладнання повинна бути не менше 10 метрів. Після зливу сировини з біогазових установок для проведення ремонту реактор повинен провітрюватися, так як існує небезпека вибуху суміші біогазу і повітря.

Тиск газу, який подається по газопроводу до місця споживання, не повинен перевищувати 0,15 МПа, а перед газовими приладами має бути не більше 0,13 кг/см<sup>2</sup>. Реактор повинен бути обладнаний засувками, гідрозатворами, які у випадку необхідності могли б відключити його від магістрального скиду надлишкового тиску у газовій систему у випадку перевищення ним норми.

Електрообладнання, яке використовується, повинно бути заземлене. Опір проводу для заземлення має бути не більше 4,0 Ом.

Інв.№подл.	
Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№одубл.	
Підп. і дата	

Вил	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 22510273	Арк
-----	-----	----------	-------	------	-------------	-----

## ВИСНОВКИ

Дослідження використання побічних продуктів отримання біогазу у якості добрива в технологіях захисту навколишнього середовища виявилось значущим кроком у розвитку сталого сільськогосподарського виробництва та охорони довкілля.

Нижче подаються ключові висновки, які впливають із проведеного дослідження:

1. Біогазові побічні продукти можна використовувати як добрива. Добрива, одержані з побічних продуктів біогазового виробництва, мають високий вміст поживних речовин, таких як азот, фосфор, та калій. Це робить їх ефективними для використання у рослинництві та забезпечує комплексне живлення рослин.

2. Покращення якості ґрунту:  
Використання дигестату сприяє покращенню структури ґрунту, збільшенню вмісту органічних речовин і плідності. Це допомагає зберігати вологу, запобігати ерозії та покращувати загальний стан ґрунтового покриву.

3. Стале використання ресурсів:  
Використання побічних продуктів біогазу у якості добрив дозволяє перетворити відходи в цінні ресурси, сприяючи збереженню природних ресурсів та зменшенню викидів шкідливих речовин в атмосферу.

4. Екологічна стійкість:  
Використання дигестату є екологічно стійким рішенням, оскільки воно допомагає зменшувати ефект парникового газу, використовуючи органічні матеріали для виробництва енергії та добрив.

5. Вплив на врожайність:  
Результати дослідження показують позитивний вплив використання дигестату на врожайність сільськогосподарських культур. Ефективне використання цих добрив

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вул	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 22510273

Арк



може впливати на збільшення врожаїв і забезпечення продуктивності господарства.

6. Соціальна акцептованість:

Застосування екологічно чистих та сталих технологій у сільському господарстві може підвищити соціальну акцептованість та підтримку серед сільських громад.

Загальним висновком є те, що використання побічних продуктів отримання біогазу в ролі добрив виявляється обіцяючою стратегією для сталого розвитку сільськогосподарського виробництва та ефективного захисту навколишнього середовища. Дані дослідження вказують на те, що ця технологія може мати значний потенціал для реалізації концепцій сталого землеробства та ведення екологічно відповідального сільського господарства.

Інв.Неподл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Піпп. і дата

Вил	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 22510273	Арк
-----	-----	----------	-------	------	-------------	-----

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Корчемний М.О., Федорейко В.С., Щерюань В.В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. – Тернопіль: Підручники та посібники, 2001. – 984 с
2. Kuznetsov IN, Ruchaj NS. Obtaining protein-containing fodder additive for complex processing of distillery spent wash. Agriculture – Problems and Perspectives. 2012;18:156-65.
3. Khyzhnyak MI, Ts'on' NI. Distillery spent wash as a valuable feed additive and organic fertilizer in agriculture. Fisheries Science of Ukraine. 2010;2:122-30
4. Pathe P, Rao N, Kharwade M, Lakhe S, Kaul S. Performance evaluation of a full scale effluent treatment plant for distillery spent wash. Int J Environ Stud. 2002;59(4):415-438. DOI: 10.1080/00207230212743
5. Енергоавтономність виробництва на основі біологічних видів палива / В. М.Молодик, Г. А. Голуб, В. О. Лук'янець [та ін.] // Вісн. аграр. науки. – 2008. – № 11. – С.39–44
6. Топілін Г.Є., Уминський С.М., Інютін С.В. Принципи одержання біогазу і добрив з органічних відходів агровиробництва. - Аграрний вісник Причорномор'я, збірник наукових праць, Технічні науки. Вип. 48. Одеса, 2009- 196 с.С.104-109.
7. Abubaker, J. Biogas residues as fertilisers – effects on wheat growth and soilmicrobial activities / J. Abubaker // Applied Energy. – 2012. – Vol. 99. – P. 126–134.
8. Tiwari, V.N. Effect of crop residues and biogas slurry incorporation in wheat on yield and soil fertility / V.N. Tiwari, K.N. Tiwari, R.M. Upadhyay // J. Indian Soc. Soil Sci. –2000. – Vol. 48. – P. 515–520.
9. What is digestate? / A. Schievano [et al.] // Anaerobic Digestion: Opportunities for Agriculture and Anvironment, Milano, January 24–25, 2008 / Regione Lombardia,Universita Degli studi di Milano: Ed. by F.
10. Adani, A. Schievano, G. Bossalie. – Italy,2009. – P. 7–18.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

						<b>ТС 22510273</b>	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			

11. Оліферчук, В. П. Отримання біогазу шляхом ана-еробного збродження осадів стічних вод на каналізаційних очисних спорудах / В. П. Оліферчук, М. Т. Матвієнко // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. – Т. 22, № 11. – С. 114–118.

12. Torben Ravn Pedersen. Digestate as fertilizer – recycling of nutrients. The environmental impact and the value as a fertilizer / Nordic Biogas Conference, 2016

13. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів / В.П.Патика, В.М.Макаренко, Л.І.Моклячук, Л.П.Середа та ін. – К.: Основа, 2005. – 300 с.

14. Агроекологія: Навч. посібник / М.М.Городній, М.К.Шикула, І.М.Гудков та ін.; За ред. М.М.Городнього. – К.: Вища шк., 1993. – 416с.

15. Лістрова І.П. Перехід на біоорганічне землеробство – основа відновлення родючості земель // Проблеми екології та екологічної освіти / Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. – Кривий Ріг: Видавничий дім, 2008. – С. 108-112.

16. Уминський С. М. Продукування біогазу та органічних добрив з відходів агровиробництва / С. М. Уминський, С. М. Інютин // Техніка і технології АПК. – 2013. – № 11. – С. 19-24

17. Ратушняк Г. Обґрунтування технологічних параметрів біогазових установок / Г. Ратушняк, К. Анохіна. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 24 с.

18. Angelidaki I. Biomethanation and Its Potential / I. Angelidaki, D. Karakashev, D. Batstone. // Methods in Enzymology. – 2011. – №5. – С. 327–351.

19. Cavicchioli R. Cold-adapted archaea / Cavicchioli. // Nature Reviews Microbiology. – 2006. – №4. – С. 331–343.

20. Ferry J. Methanogenesis: Ecology, Physiology, Biochemistry, & Genetics / Ferry. // Chapman & Hall Inc, New York. – 2009. – С. 69–103

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№покл.	