

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 183 “Технології захисту навколишнього середовища”

Тема: Розроблення технологічного рішення утилізації пташиного посліду в енергетичних цілях

Завідувач кафедри

Пляцук Л.Д.

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник роботи

Черниш Є. Ю.

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Консультанти:

з охорони праці

Фалько В.В.

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

з нормконтролю

Батальцев Є.В.

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Виконавець

студент групи

ТС.м-11 ТЗНС

Данилов Д.В.

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Суми 2022

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Данилова Дмитра Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розроблення технологічного рішення утилізації пташиного посліду в енергетичних цілях затверджена наказом по університету від “03” листопада 2022 р. № 1006-VI
2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 22 грудня 2022 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи) патентна база технологічних рішень біогазових реакторів; кількісний та якісний склад біогазу.
4. Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)
 - огляд еколого–санітарної регуляції діяльності птахофермерських комплексів та продукування відходів галузі;
 - визначення еколого–економічних переваг різних методів біообробки відходів;
 - експериментальне дослідження інтенсифікації анаеробного збродження за допомогою електролізу;
 - здійснення розрахунків основних параметрів виробництва біометану з пташиного посліду відповідно до розробленої формалізованої технологічної схеми;
 - моделювання кластерів інноваційних рішень в сфері впровадження біоенергетичних рішень з використанням електролізу;
 - визначення економічного потенціалу інтенсифікації процесу виробництва біогазу та біодобрива в технологіях анаеробного збродження пташиного посліду з використанням електролізу. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень) Птахоферма ТМ "Наша Ряба", Схема компостування, Схема ферментації, Схема темної ферментації, Порівняльний склад біогазу, Блок–схема огляду патентних баз даних за темою «Способи, що використовуються для отримання біогазу», TDS ORP pH аналізатори, Аналіз

результатів пошуку за роками, Аналіз результатів пошуку за галузями знань за тематикою досліджень в сфері використання біоенергетичних технологій, Загальна мережева візуалізація: 3 кластерів, 6464 links, 23529 total link strength (з використанням БД Scopus), Накладна візуалізація, де одиниця виміру є час з моменту публікації (з використанням БД Scopus), Перепелиний послід у твердофазному вигляді, Лабораторна установка електролізної обробки, Модифікована лабораторна установка електролізної обробки, Комбінації параметрів проведення case study, Мікрокопіювання пташиного посліду в рідкій фазі в 200 мл трубопровідної води, Якісний склад біогазу отриманого в процесі сумісного збродження перепелиного посліду та надлишкового активного мулу, Блок-схема процесу ферментації за теоретичною задачею, Характеристики мікротурбіни, економічне обґрунтування параметри біогазу, економічне обґрунтування розрахунки для метантенка, економічне обґрунтування енерговитрат, економічне обґрунтування прибутку, розрахунок для енергоємного субстрату.

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці			

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд за досліджуваною проблематикою	Вересень 2022 р.	
2	Робота над розділом «Теоретичне обґрунтування екологічних властивостей збродженого пташиного посліду»	Вересень 2022 р.	
3	Опис та розрахунок економічного потенціалу біогазового реактору	Жовтень 2022 р.	
4	Удосконалена технологія виробництва біометану	Листопад 2022 р.	
5	Інтенсифікація процесу за допомогою електролізу	Листопад 2022 р.	
6	Робота над розділом «Охорона праці та захист у надзвичайних ситуаціях»	27.11.22	
7	Робота над економічною частиною	30.11.22	
8	Оформлення роботи	05.12.22	

6. Дата видачі завдання 14.09.2022 року

Студент _____

Керівник проекту _____

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра.

Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 73 найменувань. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 69 с., у тому числі 8 таблиць, 16 рисунків, список використаних джерел на 8 сторінок.

Мета роботи – підвищення ефективності біогазифікації пташиного посліду для отримання екологічно безпечних біопродуктів.

Відповідно до поставленої мети було вирішено такі *завдання*: огляд еколого–санітарної регуляції діяльності птахофермерських комплексів та продукування відходів галузі; визначення еколого–економічних переваг різних методів біообробки відходів; експериментальне дослідження інтенсифікації анаеробного збродження за допомогою електролізу; здійснення розрахунків основних параметрів виробництва біометану з пташиного посліду відповідно до розробленої формалізованої технологічної схеми; моделювання кластерів інноваційних рішень в сфері впровадження біоенергетичних рішень з використанням електролізу.

Об'єкт дослідження – екологічна проблематика впливу відходів птахівницьких комплексів, зокрема пташиного посліду, на компоненти екосистеми.

Предмет дослідження – процес інтенсифікації біогазифікації пташиного посліду як методу обробки відходів з отриманням біоводню, біометану та інших корисних біопродуктів.

Методи дослідження. Методологічною основою роботи є використання експериментальних, теоретичних та статистичних методів досліджень.

Запропоновано удосконалення біогазової технології шляхом використання пташиного посліду з додаванням еліктролізної установки.

Ключові слова: БІОГАЗ, ПТАШИНИЙ ПОСЛІД, ЕЛЕКТРОЛІЗ, ЗБРОДЖЕННЯ, ІНТЕНСИФІКАЦІЯ, БІОДОБРИВА, АНАЕРОБНЕ ЗБРОДЖЕННЯ

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Розділ 1. Екологічна проблематика поводження із відходами птахівництва...10	10
1.1 Еколого–санітарна регуляція діяльності птахофермерських комплексів...10	10
1.2 Огляд методів та технологій поводження із пташиним послідом.....18	18
Розділ 2. Методи дослідження технології анаеробного збродження пташиного посліду.....25	25
2.1 Експериментальний комплекс інтенсифікації анаеробного збродження пташиного посліду.....25	25
2.2 Методи дослідження показників анаеробного збродження.....30	30
2.3 Теоретичне обґрунтування екологічних властивостей зброженого пташиного посліду.....31	31
Розділ 3. Розроблення екологічно безпечного біотехнологічного рішення утилізації пташиного посліду.....37	37
3.1 Експериментальне дослідження інтенсифікації процесу виробництва біогазу та біодобрива в технологіях анаеробного збродження пташиного посліду.....37	37
3.2 Розроблення комплексного рішення виробництва біогазу та біодобрива в технології анаеробного збродження пташиного посліду.....45	45
Розділ 4. Економічне обґрунтування.....49	49
Розділ 5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....52	52
5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів на біогазовому підприємстві.....52	52
5.2 Розрахунок значень критеріїв за вибухопожежною та пожежною небезпекою для метану.....58	58
5.3. Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.....59	59
Висновки.....62	62
Список використаних джерел64	64

Подп. и дата		Инв.№дубл.		Взаим.инв.		Подп. и дата		ТС 21510178		
Инв.№подл.	Розроб.	Данилов	Підп.	Дата	Розроблення технологічного рішення утилізації пташиного посліду в енергетичних цілях			Лит.	Аркуш	Аркушів
Затв.	Перев.	Черниш							4	71
Н.Конт	Батальцев							СумДУ, ф–т ТеСЕТ гр. ТСм.–11		
Затв.	Пляцук									

ВСТУП

Актуальність теми. Несанкціоновані зони зберігання відходів птахівництва є істотним джерелом не тільки забруднення ґрунтів, водойм та підземних вод, але й причиною емісії парникових газів, прискореного зростання та розвитку яєць та личинок гельмінтів та мух, патогенних мікроорганізмів.

Однією з головних причин виникнення екологічної небезпеки від накопичення посліду є низька якість виконання технологічних операцій з видалення посліду з птахівницьких приміщень, а також його неправильного зберігання, транспортування та найголовніше використання як органічний компонент при виробництві добрив.

Технологічні рішення інтенсифікації анаеробного зброджування органічних відходів відіграють важливу роль у регуляції клімату, шляхом циклічного урівноваження викидів парникових газів в процесі утилізації, а також формування навколишнього середовища (наприклад, структури ґрунту) для розвитку біоти у ґрунті та у воді за напрямом досягнення цілей сталого розвитку. Відповідно, розроблені шляхи утилізації пташиного посліду можна віднести до технологій захисту навколишнього середовища.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності біогазифікації пташиного посліду для отримання екологічно безпечних біопродуктів. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- огляд еколого-санітарної регуляції діяльності птахофермерських комплексів та продукування відходів галузі;
- визначення еколого-економічних переваг різних методів біообробки відходів;
- експериментальне дослідження інтенсифікації анаеробного збродження за допомогою електролізу;

Підп. и дата
Инв.№дубл.
Взаим.инв.
Підп. и дата
Инв.№подл.

Из	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510178

Арк.

5

– здійснення розрахунків основних параметрів виробництва біометану з пташиного посліду відповідно до розробленої формалізованої технологічної схеми;

– моделювання кластерів інноваційних рішень в сфері впровадження біоенергетичних рішень з використанням електролізу;

– визначення економічного потенціалу інтенсифікації процесу виробництва біогазу та біодобрива в технологіях анаеробного збродження пташиного посліду з використанням електролізу.

Об'єктом дослідження є екологічна проблематика впливу відходів птахівницьких комплексів, зокрема пташиного посліду, на компоненти екосистеми.

Предметом дослідження є процес інтенсифікації біогазифікації пташиного посліду як методу обробки відходів з отриманням біоводню, біометану та інших корисних біопродуктів.

Методи дослідження. Досягнення поставленої в роботі мети було реалізовано з використанням експериментальних, теоретичних та статистичних методів досліджень:

- об'єм виробленого біогазу вимірювали методом витискання;
- компонентний склад біогазу вимірювали за допомогою газоаналізатору Geotech BIOGAS5000;
- вміст сухої речовини та вміст золи в сухому залишку досліджуваних зразків субстратів та збродженої маси вимірювали гравіметричним методом;
- мікроскопіювання зразків методом світлової мікроскопії;
- контроль значень окисно-відновний потенціал (ОВП) та pH здійснювали за допомогою спеціального обладнання;
- ХСК визначали за стандартною методикою КНД 211.1.4.021–95 «Визначення хімічного споживання кисню (ХСК) в поверхневих і стічних водах» ;
- обробку отриманих експериментальних даних проводили методами математичної статистики та теорії похибок;

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Инва.№дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изва.№подл.	Подп. и дата	Инва.№дубл.	Подп. и дата
Изва.№подл.	Подп. и дата	Инва.№дубл.	Подп. и дата
Изва.№подл.	Подп. и дата	Инва.№дубл.	Подп. и дата
Изва.№подл.	Подп. и дата	Инва.№дубл.	Подп. и дата

ТС 21510178

Арк.

6

– були використані теоретичні інструменти та методи дослідження біотехнологій за для утилізації біологічних відходів із застосуванням біоінформаційних та наукометричних баз даних: БД Scopus.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. за мезофільного температурного режиму встановлена можливість біогазифікації пташиного посліду з використанням електролізу;

2. науково обгрунтовано, що зі збільшенням часу проведення електролізу в субстраті зменшується ступінь конверсії сухої органічної речовини субстрату в біогаз, а відбувається збільшення виходу біогазу;

3. розроблено енергоефективну принципову схему біореактору з вбудованою електролізною ячейкою.

Практичне значення одержаних результатів:

1. отримані експериментальні дані щодо параметрів метанової конверсії пташиного посліду;

2. розроблено нову конструкцію біогазової установки малої потужності для лабораторних досліджень;

3. розроблено методику використання електролізу яку можна використовувати в системах діючих в Україні біогазових установках.

Особистий внесок автора. Магістерська робота є самостійним дослідженням автора у галузі технологій захисту навколишнього середовища. Усі дані викладені у роботі отримані автором самостійно. Автор зібрав літературний та статистичний матеріал та виконав його оброблення за допомогою різних інструментів, провів аналіз та наукове узагальнення. Провів кластерне моделювання анаеробних процесів ферментації з отриманням енергії та добрив.. Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідались на:

1. Чубур В. С., Черниш, Є. Ю., Скиданенко М. С., Данилов Д. В., Білоус О. О. Переробка пташиного посліду в енергетичних цілях в технологіях захисту довкілля. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків:

Инва.№подл. Подп. и дата
Взаим.инв. Инв.№дубл. Подп. и дата

Арк.
7

ТС 21510178

Изва	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
------	------	----------	-------	------

НТУ «ХПІ». 2022. Випуск 3 (13). С. 86-92. doi:10.20998/2413-4295.2022.03.13;

2. Chernysh Y., Shtepa V., Danilov D., Plyatsuk L., Chubur V. Anaerobic Digestion Combined with Electrolysis of Poultry Manure and Activated Sludge Inoculum. Problems of the Regional Energetics. 2022. Vol. 2(54). doi:10.52254/1857-0070.2022.2-54.09 (Scopus; Web of Science);

3. Chubur V., Danylov D., Chernysh Y., Plyatsuk L., Shtepa V., Haneklaus N., Roubik H. Methods for Intensifying Biogas Production from Waste: A Scientometric Review of Cavitation and Electrolysis Treatments. Fermentation. 2022; 8(10):570. <https://doi.org/10.3390/fermentation8100570> (Scopus; Web of Science);

4. Черниш Є., Штепа В., Данилов Д., Чубур В., Івлева А. Вплив антибіотиків та спар на біопроцеси в біогазових технологіях. VIII International Scientific-Technical Conference «Problems of Chemmotology. Theory and practice of rational use of traditional and alternative fuels & lubricants» 21–25 June, 2021;

5. Чубур В., Черниш Є., Данилов Д., Білоус О., Пляцук Л., Ярошенко О, Штепа В., Рубік Г. Експериментальне дослідження анаеробного збродження пташиного посліду з інокулятом активного мулу. III міжнародний науковий симпозіум «Сталий розвиток – стан та перспективи», 26-29 січня 2022, Україна, Львів – Славське : Збірник матеріалів — Київ : Яроченко Я. В., 2022. — 62-65 с.;

6. Chubur V., Danilov D., Skvortsova P. Bioenergy aspects of sewage sludge management. The exploratory workshop NeXT-Chem ‘Innovative Cross-Sectoral Technologies’ IVth Edition 19-20 May, Bucharest, 2022. P. 36.;

7. Черниш Є. Ю., Чубур В. С., Скиданенко М. С., Соколов О. С., Данилов Д. В., Білоус О.О., Рубік Х. Автоматизація систем моніторингу та контролю параметрів метаногенезу в процесі анаеробного збродження відходів. Збірка матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Галузеві проблеми екологічної безпеки – 2022»

Підп. и дата
Инв.№дубл.
Взаим.инв.
Підп. и дата
Инв.№подл.

Из	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
----	------	----------	-------	------

ТС 21510178

Арк.

8

(27 жовтня 2022 року). Харків: ХНАДУ, «Стильна Типографія», - 2022. с. 225-227.

Публікації результатів наукових досліджень. Основні положення та результати досліджень опубліковані у 12 наукових працях [1-7].

Инв.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Инв.№дубл.	Подп. и дата

Из	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510178

РОЗДІЛ 1 ЕКОЛОГІЧНА ПРОБЛЕМАТИКА ПОВОДЖЕННЯ ІЗ ВІДХОДАМИ ПТАХІВНИЦТВА

1.1 Еколого–санітарна регуляція діяльності птахофермерських комплексів.

М'ясо птиці займає важливе місце в раціоні харчування українців не тільки завдяки своїй цінній доступності, а й завдяки своїй якості, яка є корисною для споживачів, особливо з точки зору дієтичного харчування при необхідності. Це робить вітчизняне птахівництво однією з найбільш економічно привабливих та конкурентоспроможних галузей агропромислового комплексу, про що свідчить стабільне зростання виробництва яєць. Галузь також має значний експортний потенціал, який, як очікується, буде збільшуватися. Це є одним із стратегічних завдань підвищення ефективності розвитку агропромислового комплексу на період до 2023 року.



Рисунок 1.1 – Птахоферма ТМ "Наша Ряба"

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Инв.№дубл.
Подп. и дата	

Изва Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----------	----------	-------	------

ТС 21510178

Арк.

10

Птахівництво є найбільш продуктивною галуззю тваринництва і динамічно розвивається завдяки швидкій оборотності інвестиційного капіталу та різноманітності методів виробництва. В останньому випадку можна спеціалізуватися як на м'ясі та яйцях, так і на яйцях та м'ясних продуктах. Окремо слід відзначити такий напрямок, як селекція. Особливістю ситуації розвитку галузі в останнє десятиліття є стрімке зростання поголів'я птиці всіх видів, виробництва, внутрішнього попиту та експорту: якщо на початку 2000-х років у господарствах усіх типів налічувалося лише 123,7 млн. голів курей, то до 2015 року – 214,6 млн. голів, тобто приблизно в 1,7 рази.

Згідно з Національним класифікатором продукції та послуг ДК 016–2010, м'ясо птиці в живій вазі належить до продукції тваринництва (птахівництво). Зокрема, йдеться про живих курей, гусей, індиків, качок та морських свинок. Продукти птахівництва також включають яйця для інкубації, такі як курячі яйця. Згідно з Українською класифікацією товарів зовнішньоекономічної діяльності кури, гуси, індики, качки та морські свинки класифікуються у групі 01 "Живі тварини", м'ясо птиці та субпродукти – у групі 02, а яйця – у групі 04 "Молоко та молочні продукти, яйця, натуральний мед та продукти тваринного походження, в іншому місці не зазначені" [8]. Таким чином, м'ясо птиці має природне походження, вирощене в результаті біологічних процесів його культивування та отримане від живих організмів, та підпадає під визначення коду 01.47 Національного класифікатора продукції та послуг ДК 016–2010, або групи 01, 02, 04 Української класифікації товарів зовнішньоекономічної діяльності. До цієї категорії відносяться продукти птахівництва. Продукти птахівництва також підпадають під цю категорію.

Система правового регулювання в галузі птахівництва має два рівні: загальне правове регулювання (нормативно–правові акти, що регулюють основи господарської діяльності в сільському господарстві) та галузеве аграрно–правове регулювання (нормативно–правові акти, спрямовані на гарантування діяльності тваринництва в цілому та таких підгалузей, як птахівництво зокрема). При цьому нормативно–правові акти у сфері регулювання птахівництва можна поділити на

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Подп. и дата
Инва.№дубл.	Подп. и дата

Изва.№подл.	Инва.№дубл.	Взаим.инв.	Подп. и дата
Изва.№подл.	Инва.№дубл.	Взаим.инв.	Подп. и дата
Изва.№подл.	Инва.№дубл.	Взаим.инв.	Подп. и дата
Изва.№подл.	Инва.№дубл.	Взаим.инв.	Подп. и дата

ТС 21510178

Арк.

11

такі групи залежно від предмета регулювання:

- 1) нормативно–правові акти у сфері правового регулювання племінної справи, племінного обліку та бонітування у птахівництві;
- 2) нормативно–правові акти у сфері правового забезпечення якості та безпечності продукції птахівництва;
- 3) різні хвороби у птахівництві. нормативно–правові акти щодо забезпечення ліквідації та профілактики різних хвороб у птахівництві;
- 4) нормативно–правові акти у сфері ветеринарної медицини, гігієни та протиепідемічного контролю щодо забезпечення ліквідації та профілактики різних хвороб у птахівництві;
- 5) нормативно–правові акти у сфері державної підтримки птахівничих підприємств.

Птахівники класифікуються за такими критеріями [9]:

1) За напрямом виробництва: а) птахофабрики та птахогосподарства яєчного напрямку; б) птахофабрики та птахогосподарства м'ясного напрямку; в) птахофабрики та птахогосподарства яєчно–м'ясного напрямку; г) племінні птахофабрики та птахогосподарства.

2) Залежно від кількості птиці: а) малі птахофабрики; б) малі сільськогосподарські підприємства; в) малі фермерські господарства, що входять до складу сільськогосподарських підприємств або фермерських господарств; г) птахофабрики – вузькоспеціалізовані, великі підприємства, що працюють переважно на покупних кормах.

3) Залежно від продукції, що виробляється підприємством: а) інкубаторії (інкубаторно–птахівничі господарства); б) птахофабрики; в) забійні підприємства (птахофабрики).

4) Залежно від способу виробництва продукції птахофабрики: а) племінні, б) товарні.

5) за напрямом діяльності та якістю племінних (генетичних) ресурсів: а) племінні заводи; б) племінні птахорепродуктори (птахівники первинного та вторинного птахівництва); в) селекційні центри; г) птахоінспекційні станції.

Подп. и дата

Инв.№дубл.

Взаим.инв.

Подп. и дата

Инв.№подл.

Арк.

ТС 21510178

12

Тваринництво залежить від надходження поживних речовин через корми. За літературними даними [10], тварини засвоюють лише 25% органічної речовини та енергії корму, а 75% втрачається. Зокрема, гнойові відходи містять в середньому 50–80% азоту, 60–80% фосфору, 80–90% калію, менше 90% кальцію і менше 60% неперетравлених та інших речовин. Тому він привертає увагу як органічне добриво, що містить необхідні для рослин мінерали. Вітчизняними та зарубіжними дослідниками проведено багато досліджень щодо удосконалення технології виробництва компосту на тваринницьких фермах та особливостей його використання як добрива для підвищення родючості ґрунтів і врожайності сільськогосподарських культур [11]. Іншими словами, був комплексний підхід до системи "тваринницька ферма – поле". Це підтверджено багатьма дослідженнями вчених у цій галузі, проведеними у 60–70-х роках минулого століття [12].

З переходом тваринництва до промислових методів виробництва з'явилися тваринницькі садиби, в яких на невеликій площі землі зосереджувалася велика кількість худоби. Промислові тваринницькі комплекси – найбільш прогресивна форма розвитку тваринництва, спрямована на підвищення продуктивності тваринництва за рахунок механізації та інтенсифікації технологічних процесів, але вони також є джерелом забруднення навколишнього середовища. Накопичення гною призводить до токсичного забруднення повітряних басейнів навколо фермерських господарств та господарств, забруднення ґрунтів через неконтрольоване обприскування полів, забруднення водних об'єктів через стоки гною. Таким чином, тема літературного твору охопила систему ферма → поле → забруднення продукції → здоров'я тварин і людини. Іншими словами, попередня схема "ферма→поле" включала елемент навколишнього середовища як сукупний вплив на ці умови.

Вже в 1970-х роках було запропоновано об'єднати два види виробництва – промислове рослинництво і промислове тваринництво – для створення замкнутої екосистеми, в якій відходи промислової системи використовуються для сільського господарства. Екосистемний підхід до розуміння агропромислових комплексів полягає у розгляді їх як штучних складних агроекологічних систем,

Инва.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Инв.№дубл.	Подп. и дата
-------------	--------------	------------	------------	--------------

Изва	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ТС 21510178

Арк.

13

що поєднують рослинні та тваринні біосферні угруповання, які функціонують як єдине ціле у взаємозв'язку та взаємодії один з одним і з навколишнім середовищем. При цьому важливо забезпечити, щоб якість навколишнього середовища була такою, щоб матеріальні, а також естетичні потреби задовольнялися за рахунок балансу між збором і регенерацією та екологічним поповненням [13].

Діяльність тваринницьких ферм призводить до утворення екологічно шкідливих відходів, таких як гній, гнойова рідина, стічні води та мікробне забруднення.

Накопичення підстилки та її склад залежить від кількості поголів'я, виду і віку худоби, напрямку господарства, умов і способів утримання худоби, асортименту і якості кормів. Молочні фермери зазвичай використовують як перехідні періоди вирощування, так і літнє безприв'язне утримання. На відгодівельних майданчиках – прив'язне утримання. Вирощують у приміщенні з підстилковим матеріалом (солома, тирса) до утворення твердого піску. Для безприв'язного утримання використовують напіврідкий гній з вмістом сухої речовини 8% та рідкий гній з вмістом сухої речовини менше 8%. Рідкий гній – це суміш твердих і рідких екскрементів тварин, очищеної та промитої води, відходів кормів, вовни та газоподібних речовин. Рідкий гній містить достатню кількість мікроелементів. Гній великої рогатої худоби (10% в еквіваленті сухої речовини) містить до 19,2% цинку, свинячий гній – 36,8%, мідь – 3,7% і 6,9%, марганець – 31,4% і 27,3% відповідно. Кількість органічної речовини, що виводиться з гноєм великої рогатої худоби, становить 35%, а у свиней на відгодівлі – 20% [14].

Кількість виробленого гною безпосередньо залежить від кількості тварин у господарстві. Встановлено, що лише 1 кг телятини утворює 25 кг гною, 1 кг свинини - 20 кг гною, а 1 кг молока - 5 кг гною. Один свинокомплекс на відгодівлі 108 тис. свиней на рік накопичує до 1 млн. м³ гною [15].

Однак слід враховувати, що тривале зберігання гною, яке не відповідає гігієнічним вимогам, робить гній, гнойову рідину та гнойові стоки небезпечним джерелом забруднення атмосферного повітря та водних об'єктів.

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Подп. и дата
Инв.№дубл.	Подп. и дата

Изва Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----------	----------	-------	------

ТС 21510178

Арк.

14

Загальновідомо, що процеси гниття та бродіння відбуваються під впливом гумінової мікрофлори, внаслідок чого органічні речовини гною в кінцевому результаті розкладаються на мінеральні сполуки. Процес аеробного розкладання передбачає швидке і повне розкладання на CO₂, аміак, сірководень, воду і азот. При анаеробному гнитті білкові речовини розщеплюються до більш простих сполук, амінокислот і різних гнильних проміжних продуктів. До них відносяться гази з неприємними запахами (індол, скатол, фенол, сірководень, меркаптан).

Він значно погіршує навколишнє середовище навколо тваринницьких комплексів, негативно впливає на здоров'я тварин, які перебувають у приміщеннях, та сільського населення, а також має неприємний різкий запах на відстані понад 3–5 км. Тому гній слід зберігати у спеціально обладнаних гноєсховищах або гноєсховищах–відстійниках (рідкі відходи) [16].

Санітарні вимоги розроблені на рівні національних стандартів [17] з урахуванням специфіки регіону, тваринницьких приміщень та технологій виробництва.

Згідно з цим стандартом, сховища для зберігання твердого гною будують з навітряного боку і на відстані 100–200 м від тваринницьких приміщень. На об'єкті повинна бути створена система видалення гною та санітарної обробки.

При переході від великих ферм до малих, а тепер і до індивідуальних господарств слід враховувати, що гноєсховища (ями) слід розташовувати за 20–25 м від тваринницьких приміщень і в межах 15–20 м від колодязів. Це, як правило, не спостерігається і призводить до забруднення води та повітря, збільшуючи ризик для здоров'я людини [14]. Не рекомендується вносити гній в поле без його зберігання протягом певного часу для "дозрівання" та "самознезараження". Це пов'язано з тим, що гній, особливо гній свиней та великої рогатої худоби, є джерелом забруднення ґрунту, води та повітря, що містить небезпечні збудники інфекційних та інвазійних хвороб [17].

Твердий гній, що зберігається тривалий час (до 60 діб) у гноєсховищах (буртах), природним чином самоочищується за рахунок термофільного процесу (аеробного або високотемпературного способу). На ущільнений твердий гній

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Подп. и дата
Инв.№дубл.	Подп. и дата

Изва	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ТС 21510178

діють високі температури (60–70°C), які знищують яйця і личинки гельмінтів, частину мікрофлори і насіння бур'янів.

Крім високих температур під час розкладання рослинних решток у гної гельмінти виділяють антибіотики, які також негативно впливають на хвороботворні бактерії. Тому рекомендується вносити таку підстилку на поля навесні в нормі не більше 50 т/га.

Рідкий гній та гнойові стоки є особливо небезпечними джерелами забруднення (переважно ґрунту та водних об'єктів). Рідкий гній не самозгрівається і, як і твердий, має постійну температуру близько 8°C взимку і 17°C влітку. Це збільшує час виживання патогенних мікроорганізмів та яєць і личинок гельмінтів [18].

Таким чином, рідкий гній має вищий ризик забруднення води, ґрунту та повітря, ніж твердий гній. Залежно від типу та розміру стада кількість безпідстилкового гною коливається від 84 до 2600 м³/добу та від 30,6 до 949 000 м³/рік. Склад від великої рогатої худоби наступний: 7482 мг/л механічних часток, 1143 мг/л загального азоту, 941 мг/л аміаку. Гетеротрофні бактерії – 8 x 10⁷/мл, титр колиформ 10⁵, яйця гельмінтів – більше 20 в літрі.

Сечові стоки з багатоквартирних будинків містять атипові сальмонели, патогенну кишкову паличку, яйця та гусениці цикад, навіть після попереднього очищення. Для нейтралізації таких стоків їх необхідно розбавити чистою водою в 1200 разів. Однак, це не забезпечує повного знезараження.

За даними ветеринарних експертів, мікобактерія туберкульозу виживала в цьому гної 475 днів, бруцели у гної великої рогатої худоби та свиней – 108–174 дні, а вірус ящуру – 190 днів [12]. Тому гній та гнойові стоки не слід розкидати без попередньої дезінфекції. Зокрема, свинячий гній найбільш забруднений кишковою паличкою та золотистим стафілококом, кількість бактерій досягає 1,2 x 10⁶ та 10¹² в 1 мл відповідно [19].

Екологічна оцінка виробництва, зберігання та використання гною повинна враховувати перенесення токсичних речовин і патогенної мікрофлори в системі повітря–ґрунт–рослина–тварина–людина.

Инва.№подл. Подп. и дата Взаим.инв. Инв.№дубл. Подп. и дата

Из	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510178

Арк.

16

Зразки ґрунту, відібрані на різній глибині в ґрунтових розрізах, розташованих у місцях зберігання гною ВРХ, характеризуються гострою токсичністю до глибини 60 см [17]. Аналіз зразків гною великої рогатої худоби показав, що свіжий гній та гній, що зберігався до одного року, проявив гостру токсичність у біологічному тесті без розведення водної витяжки. Найбільш токсичним є свіжий свинячий гній, з класом не нижче 3. У більшості випадків пташиний послід відноситься до відходів 4 класу небезпеки [19].

При такому способі зберігання гною виділяється велика кількість газів, які є шкідливими для навколишнього середовища. За висновками Міжнародної групи експертів зі зміни клімату, сільське господарство є одним з основних джерел газів CO₂, CH₄, N_x, NO_x та NH₃ з тепловим ефектом [20]. Цьому сприяють традиційні технології зберігання та утилізації гною. Вміст органічних речовин у повітрі на території тваринницьких комплексів сягає 40–50 мг/м³, а на відстані 1 км від комплексів – 18,6 мг/м³. Неприємний запах може поширюватися в радіусі 5–17 км і далі. Аміак виявляється в повітрі в концентраціях, що перевищують у 5–6 разів гранично допустимі концентрації (ГДК), а мікробне та загальне органічне забруднення – у 8–10 разів фонове [12].

Гнойові стоки є сприятливим середовищем для виживання широкого спектру мікроорганізмів, включаючи патогенні, а також характеризуються високим вмістом яєць гельмінтів. Гній може містити понад 100 збудників небезпечних для тварин і людини хвороб, серед яких сибірська виразка, туберкульоз, бруцельоз, паратифи, паратуберкульоз, ящур, сальмонельоз, аскаридоз та кишкові інфекції [21].

Література рясніє даними і пропозиціями дослідників у цій галузі, починаючи з 70-80-х років минулого століття і закінчуючи більш пізніми. Вони стосуються використання гною як органічного добрива, потенціалу забруднення ґрунту, води та повітря, а також підтримання життєздатності патогенних мікроорганізмів.

У спеціальній літературі з питань ефективності діяльності птахівничих підприємств умовами швидкого нарощування виробництва продукції

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Инв.№дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

птахівництва є створення нових великих птахофабрик та концентрація виробництва продукції птахівництва в сільськогосподарських підприємствах. Досвід цих підприємств показує, що великі птахофабрики мають вищу продуктивність праці та нижчу собівартість яєць і м'яса. Внаслідок діяльності птахоферм відбувається потужне забруднення атмосферного повітря, води та ґрунту. У процесі життєдіяльності однієї курки утворюється 0,2–0,3 кг посліду, значне накопичення відходів цієї галузі без раціональних підходів до їх утилізації призводить до збільшення екологічного навантаження на довкілля.

1.2 Огляд методів та технологій поводження із пташиним послідом

Найбільш підходящим методом обробки органічних відходів є біологічна обробка, яка використовує різноманітні мікроорганізми для розщеплення органічних відходів на корисні речовини або на воду і CO₂. Основними методами переробки органічних відходів можна вважати декілька видів біологічної обробки:

Компостування спеціальний метод накопичення органічних відходів, при якому тверда органічна речовина в подальшому біологічно розкладається на добрива.

Анаеробне бродіння розкладання органічних відходів за відсутності кисню. Виробництво водню і біогазу та подальше використання органічних відходів як палива, за допомогою мікроорганізмів у дві основні стадії: темного бродіння і метаногенезу (dark fermentation і metanogenesis відповідно).

В основі утилізації органічних відходів шляхом компостування лежить процес аеробного розкладання за участю різних організмів.

Розглянемо тепер фізико-хімічну основу компостування. Органічні відходи зазвичай містять мікрофлору, активність якої зростає в присутності достатньої кількості води і кисню. Крім кисню і води, для підтримки мікрофлори повинні надходити вуглець, азот, фосфор, калій і мікроелементи.

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Подп. и дата
Инв.№дубл.	Подп. и дата

Изва	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ТС 21510178

Арк.

18

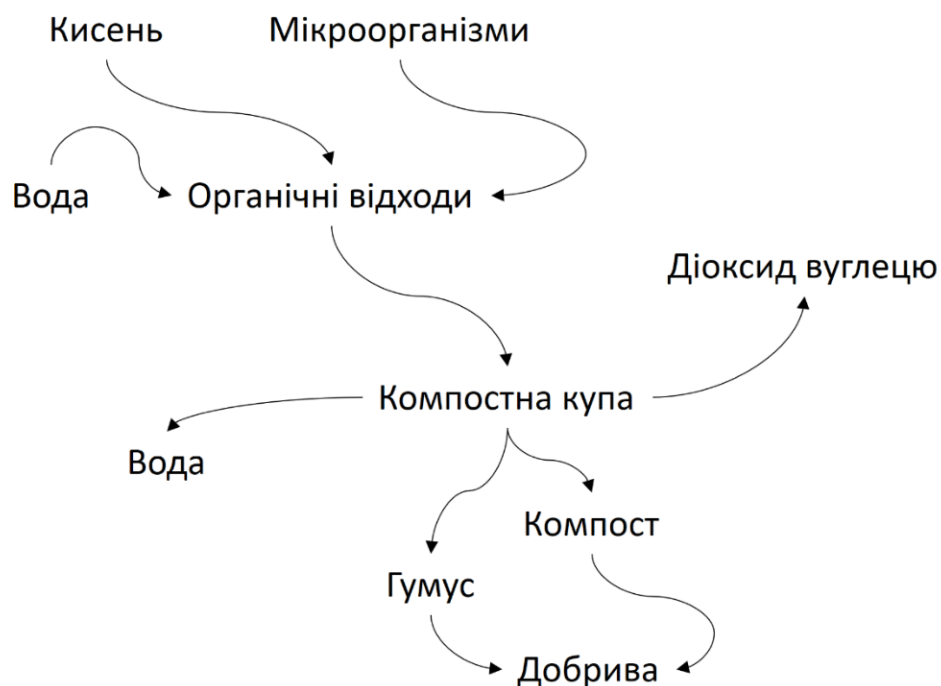


Рисунок 1.2 – Схема компостування

Споживаючи органічні відходи як харчовий субстрат, мікроорганізми розмножуються і продукують воду, діоксид вуглецю, органічні сполуки та енергію. Частина енергії, що виходить при біологічному окисленні вуглецю, витрачається в метаболічних процесах, решта – виділяється у вигляді тепла.

Добрива є кінцевим продуктом компостування, що містить найбільш стабільні органічні сполуки, продукти розпаду, біомасу, деяка кількість живих мікробів і продукти хімічної взаємодії цих компонентів. До основних груп організмів, які беруть участь у компостуванні відносять:

- мікрофлора (бактерії, грибки і т.д.);
- мікрофауна (найпростіщі);
- макрофлора (гриби);
- макрофауни (комахи).

У процесі компостування бере більше 2000 видів різних бактерій і та близько 50 видів грибів та грибків. Такі види можна розділити на групи за температурною активністю:

- для психрофілів (менше 20°C);

Підп. и дата
Инв.№дубл.
Взаим.инв.
Підп. и дата
Инв.№подл.

Арк.

ТС 21510178

19

Из Лист № докум. Підп. Дата

- для мезофілов (20–40°C);
- для термофілів (вище 40°C).

Виділяють наступні фази компостування:

Фаза № 1 (лаг-фаза) починається відразу після внесення свіжих відходів у компостну купу. Під час цієї фази мікроорганізми адаптуються до типу відходів та умов життя в компостній купі. На цій фазі розкладання відходів вже почалося, але загальна кількість мікроорганізмів ще невелика, а температура низька.

Фаза № 2 (середньо-низькотемпературна фаза). У цій фазі відбувається розкладання основного матеріалу. Збільшення кількості мікроорганізмів відбувається в основному за рахунок аеробних організмів, пристосованих до низьких та середніх температур. Ці організми швидко розкладають легкокорозкладні розчинні компоненти, такі як моносахариди та вуглеводи. Запаси цих речовин швидко виснажуються і мікроорганізми починають розщеплювати більш складні молекули, такі як целюлоза, геміцелюлоза і білки. Потрапляючи в організм, мікроорганізми виділяють комплекс органічних кислот, які служать їжею для інших мікроорганізмів. Однак не всі вироблені органічні кислоти поглинаються, а накопичується надлишок, внаслідок чого рН середовища падає. рН є показником того, що другий етап компостування завершився. Однак це явище тимчасове, оскільки надлишок кислоти призводить до загибелі мікроорганізмів.

Фаза № 3 (теплолюбна фаза). В результаті збільшення кількості мікроорганізмів і посилення обміну речовин підвищується температура: вище 40°C нейтральні мікроорганізми замінюються аеробними мікроорганізмами, більш стійкими до високих температур; при температурі 55 ОС гине більшість патогенних мікроорганізмів людини і рослин. Однак при температурі вище 65 ОС аеробні термофіли в компостній купі гинуть. Високі температури прискорюють розпад основних компонентів рослини – білків, ліпідів і складних вуглеводів, таких як целюлоза і геміцелюлоза. У міру виснаження харчових ресурсів знижується обмін речовин і поступово знижується температура тіла.

Етап № 4 (заключний). При зниженні температури до середньо-низького

Инв.№подл.	Подп. и дата	Инв.№дубл.	Взаим.инв.	Подп. и дата	Инв.№подл.	Из Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ТС 21510178	Арк.
											20

температурного діапазону в компостній купі починають переважати аеробні нейтральні мікроорганізми. Температура є найкращим індикатором початку періоду дозрівання. На цьому етапі залишкова органічна речовина утворює комплекс. Цей комплекс органічних речовин важко піддається подальшому розщепленню і відомий як гумінова кислота або гумус [22].

Продуктами компостування виступають добрива, що покращують плідородні властивості ґрунту. На якість добрив, що будуть одержані шляхом компостування впливає низка різних факторів, а саме:

- вологість. Оптимальний вміст вологості – 40–60%;
- температура. Ефективна температура компостування 32 до 60°C;
- співвідношення C/N. Бактерії й грибки, які перебувають у компості, використовують вуглець як джерело їжі й синтезують протеїни, використовуючи азот;
- кисень. Для оптимального процесу компостування потрібно певна кількість кисню;
- сировина для компостування. Для оптимального ефекту використовуються незабруднені (чисті) органічні відходи, що біологічно розкладають, з високим вмістом вуглецю.

Перевагами такого методу утилізації органічних відходів можна назвати:

- замикання циклу кругообігу речовин, що були винесені рослинами;
- процес компостування зменшує кількість відходів при захороненні яких забруднюються вода, ґрунт і атмосфера;
- одночасне корисне використання інших органічних відходів у компості (листя, трава, гній, мул комунальних вод і ін.);
- невелика собівартість процесу.

Проте даний метод має і свої недоліки:

- компост отриманий з ТПВ підлягає біостабілізації та може бути застосованим лише, як покриття звалищ;
- в процесі компостування можуть виділятися такі гази як: аміак, оксиди вуглецю, вуглеводні та ін.

Попл. и дата
Инв.№дубл.
Взаим.инв.
Попл. и дата
Инв.№подл.

Из Лист	№ докум.	Підп.	Дата	

ТС 21510178

Арк.

21

Анаеробне зброджування - це метод розщеплення органічних відходів для отримання біологічної води, біогазу та добрив. Розглянемо фізико-хімічні основи процесу анаеробного бродіння. Темна ферментація може бути використана для виробництва біоводню. Цей метод ферментації не потребує світлової енергії і дозволяє безперервне виробництво водню [23]. Вихід водню під час темної ферментації сильно залежить від парціального тиску продукту.

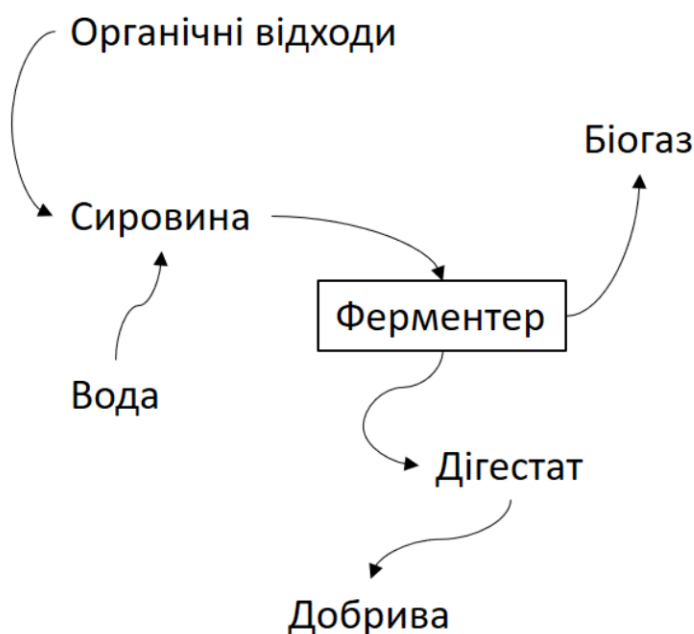


Рисунок 1.3 – Схема ферментації

При високих парціальних тисках водню метаболізм зміщується в бік виробництва більш відновних продуктів, таких як молочна кислота і аланін, а вихід водню знижується [24]. В якості базових субстратів можуть бути використані різні органічні сполуки, такі як вуглеводи, цукри, білки і ліпіди, а також складні органічні субстрати, такі як багаті органічними речовинами стічні води (каналізаційні стоки). ТПВ харчової промисловості, ТПВ комунального господарства, відходи, що містять целюлозу та лігноцелюлозу, ТПВ тваринництва, ТПВ, що містять цукор, ТПВ, що містять залишки нафти та гліцерину [25].

Біогаз виробляється шляхом зброджування метану і далі переробляється в біометан. Анаеробне перетворення складної органічної речовини будь-якого

Инв.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Инв.№дубл.
Подп. и дата	

ИЗ	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
----	------	----------	-------	------

ТС 21510178

складу в біогаз відбувається в чотири основні стадії [26].

– Стадія 1 (гідроліз). Органічні сполуки розщеплюються шляхом гідролізу (ферменти, які гідролізують сполуки, розщеплюють складні органічні сполуки шляхом додавання води). Ферменти синтезуються анаеробними мікроорганізмами.

– Стадія 2 (ферментація). При аноксидному бродінні утворюються леткі жирні кислоти, нижчі спирти, оцтова кислота, мурашина кислота, вуглекислий газ і невелика кількість метану. Ці органічні матеріали є живильним середовищем для метаногенних бактерій, які перетворюють органічні кислоти в біогаз.

– Стадія 3 (утворення кислоти) На цій стадії відбувається темне бродіння з виділенням біоводню.

– Стадія 4 (метаногенез). Стадія 4 називається метаногенезом, де органічна речовина перетворюється на метан і вуглекислий газ.

На позиціонування цього методу впливає низка факторів. Біогаз може вироблятися в середньому температурному діапазоні 25-40°C і в високому температурному діапазоні 55-65°C (тепловий діапазон). Кислотність (pH) сировини відіграє важливу роль у виробництві біогазу. При анаеробних процесах кислотність знаходиться в межах pH від 6,4 до 7,2. Оскільки метаногенні бактерії чутливі до токсичних речовин, для ефективного виробництва біогазу необхідна якісна, стабільна сировина.

Середньотемпературні умови вимагають менше тепла, але органічні речовини розкладаються повільніше і не розкладаються повністю при такій температурі. Однак середньотемпературні процеси характеризуються високою стабільністю і мають широке застосування.

Термічний режим переробки сировини вимагає більших теплових витрат, більшої швидкості розкладання, більшого виробництва біогазу та мінімальної шкоди навколишньому середовищу. Однак ця модель складніша в реалізації та контролі.

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Инва.№дубл.

Изва.№подл.	Подп. и дата	Инва.№дубл.	Взаим.инв.	Инва.№подл.
Изва.№подл.	Подп. и дата	Инва.№дубл.	Взаим.инв.	Инва.№подл.
Изва.№подл.	Подп. и дата	Инва.№дубл.	Взаим.инв.	Инва.№подл.
Изва.№подл.	Подп. и дата	Инва.№дубл.	Взаим.инв.	Инва.№подл.

ТС 21510178

Арк.

23

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЕРОБНОГО ЗБРОДЖЕННЯ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ

2.1 Експериментальний комплекс інтенсифікації анаеробного збродження пташиного посліду

В Україні перспективними є біогаз, біовода та біометан від анаеробного збродження органічних відходів.

Спочатку розглянемо метод виробництва біоводню методом темного бродіння, який широко використовується в Німеччині [27].

Темна ферментація заснована на принципі анаеробного бродіння, при якому органічні відходи перетворюються на біоводень в кілька етапів різними групами бактерій, але цей процес не потребує світлової енергії, тому темна ферментація може здійснюватися безперервно [28].

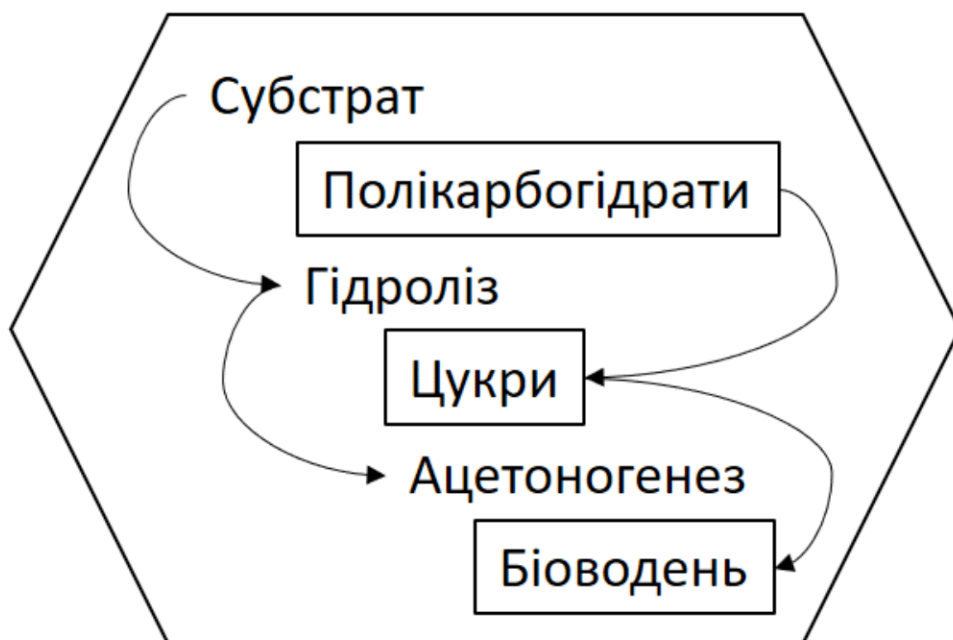


Рисунок 2.1 – Схема темної ферментації

Цим методом можна отримати до 4 моль водню з 1 моль цукру, що є найвищим теоретичним значенням виходу водню.

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Подп. и дата
Инв.№дубл.	Подп. и дата

Изва.№подл.	Изва.№дубл.	Изва.№инв.	Изва.№инв.	Изва.№инв.
Изва.№подл.	Изва.№дубл.	Изва.№инв.	Изва.№инв.	Изва.№инв.
Изва.№подл.	Изва.№дубл.	Изва.№инв.	Изва.№инв.	Изва.№инв.

ТС 21510178

Арк.

24

Субстратом для оцтовокислих бактерій повинні бути органічні відходи та стічні води харчової промисловості, комунального господарства та тваринництва, які повинні бути багаті на целюлозу та лігноцелюлозу.

При темному бродінні використовуються найрізноманітніші мікроорганізми. Це означає, що можуть використовуватися змішані культури з природного середовища, ґрунту, активного мулу та компосту або чисті культури, спеціально виведені для виробництва водню, включаючи *C. butyricum*, *C. acetobutyricum* та *C. beijerinckii*, *C. Thermolacticum*, *C. thermocellum* та *C. paraphyeticum*, *Clostridium tyrobutyricum* [29].

У звичайних процесах використовується температурний діапазон 33-44 °С. Значення рН під час оцтовокислового бродіння повинно бути в межах 5-6.

Для поліпшення процесу гідролізу і зниження виходу сірководню в реакторі застосовуються системи мікроаерації, що насичуються киснем. Оптимальна швидкість мікроаерації залежить від субстрату і типу реактора [30].

Отримання водню таким методом має низку переваг:

- бактерії мають високий потенціал до утворення водню
- процес може проводитися цілодобово.
- окрім водню утворюються і проміжні метаболіти, що можуть застосовуватися на інших підприємствах
- можна використовувати різні органічні відходи, як субстрат
- такий вид отримання водню є більш вигідним ніж інші

Іншим недоліком є необхідність видалення CO₂ з газової суміші, оскільки утворюється CO₂.

Далі обговорюється виробництво біогазу шляхом ферментації. Біомаса утворюється під час фази метаногенезу, коли органічні відходи розщеплюються на CO₂ і CH₄. Частка метану в суміші може становити до 70 % [29].

Що стосується кліматичних умов, то можливі два температурні режими: мезофільний і теплолюбний, при цьому в Україні з теплим літом і холодною зимою слід вибрати мезофільний режим 30-40°C, а в більш теплих регіонах допустимий термофільний режим 50-60°C. Такий вибір зроблено для оптимізації

Підп. и дата
Инв.№дубл.
Взаим.инв.
Підп. и дата
Инв.№подл.

Из	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
----	------	----------	-------	------

ТС 21510178

Арк.

25

енергоспоживання в процесі ферментації. Якщо розглядати проміжні варіанти, то найбільш вигідними і непрямими є реактори, що працюють в термофільних умовах 43-52°C. При таких значеннях можна отримати до 4-5 літрів біогазу з літра корисного об'єму реактора всього за 3-4 доби [30].

Під час метаногенної фази ферментації значення рН слід підтримувати в межах 6-7. Зниження значення рН збільшує частку сірководню (H_2S) в субстраті та біогазі. Токсичність біогазу зростає. Однак сірка S є одним з основних елементів, з якого формується бактеріальна біомаса. Для регулювання значення рН зазвичай використовується розчин вапна.

Для оптимальної роботи реактора субстрати подаються в реактор в рівних кількостях і через рівні короткі проміжки часу. Враховуючи щоденне заповнення, при великому об'ємі циліндра реактора використовується гній худоби та різні органічні відходи.

Склад біогазу може різнитися від органічних відходів які були застосовані в ході ферментації та можуть містити низку речовин:

Таблиця 2.1 – Порівняльний склад біогазу

	Біогаз	Звалищний газ
CH_4 (об.%)	60–70	35–65
інші вуглеводні (об.%)	0	0
двоокис вуглецю (об.%)	30–40	15–50
азот (об.%)	0,2	5–40
кисень (об.%)	0	0,5
сірководень (ppm)	0–4000	0–100

Продовження таблиці 2.1

аміак (ppm)	100	50
теплотворна здатність, (кВтг / нм3), мінімум	6,5	4,4

Для очистки біогазу до біометану використовують низку технологічних

Инва.№подл.	Взаим.инв.	Инв.№дубл.	Подп. и дата

Изва.№подл.	Изва.№дубл.	Инва.№дубл.	Подп.	Дата

ТС 21510178

Арк.

26

рішень а саме:

- осушування;
- видалення H₂S;
- компримація;
- акумулювання;
- відділення CO₂.

Однак, ці технологічні рішення можуть бути використані лише на великих біогазових установках без шкоди для економіки.

Органічні добрива, які є продуктом ферментації, також можуть використовуватися замість неорганічних добрив, які мають більший вплив на навколишнє середовище. Органічні добрива мають вищу концентрацію деяких поживних речовин, але менш токсичні, ніж неорганічні добрива. Крім того, органічні добрива виробляються з природних джерел, а це означає, що при їх виробництві використовується лише обмежена кількість викопного палива. Це означає, що при виробництві органічних добрив в атмосферу викидається менше парникових газів, ніж при виробництві неорганічних добрив [31].

З метою аналізу технічних рішень, пов'язаних з виробництвом біогазу, біоводню та біометану, було проведено патентний пошук, в результаті якого сформовано комплексну схему реалізації запатентованих рішень, що дозволяє визначити основні напрямки ідей, пов'язаних з виробництвом біопалива [32-44].

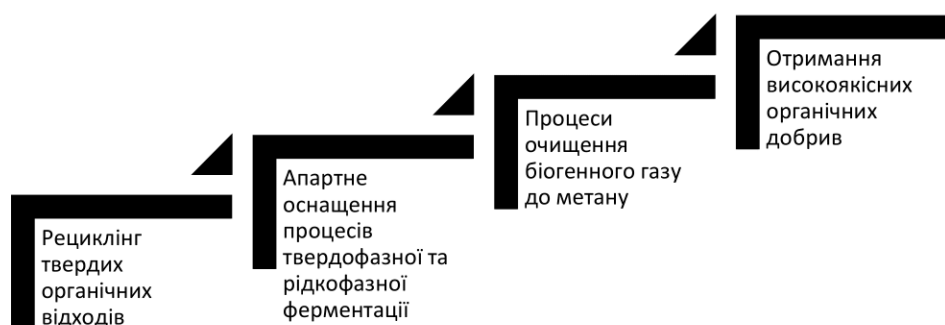


Рисунок 2.2 – Блок–схема огляду патентних баз даних за темою «Способи, що використовуються для отримання біогазу»

Интв.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Подп. и дата
Инв.№дубл.	Подп. и дата

Интв.№подл.	Подп. и дата	Инв.№дубл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Подп. и дата
Интв.№подл.	Подп. и дата	Инв.№дубл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Подп. и дата

ТС 21510178

Арк.

27

В кожній з представлених патентів є свої недоліки, для рішення цих недоліків треба розглянути такі проблеми:

- скорочення числа сталевих елементів в обладнанні;
- використання ультразвукових технологій;
- створення обладнання з оптимізованою конструкцією;
- розробка ефективних нагрівачів;
- нагрівання БГУ сонячною енергією;
- об'єднання систем виробництва біогазу з іншими нетрадиційними джерелами енергії;
- конструювання великомасштабних виробничих одиниць для сільського господарства і міст;
- використання технології на основі електролізу;
- удосконалення процесів бродіння і початкової деградації відходів шляхом створення активних метаногенних штамів бактерій з використанням методів генної інженерії.

Аналізуючи патенти, можна сказати, що технологія ще не досконала, не в повній мірі вирішує питання раціонального та екологічного використання ресурсів, ця проблема виникає при швидкому отриманні біогазу за рахунок використання важких металів, а також додаткові проблеми виникають при використанні відпрацьованих субстратів в якості добрив, які дають великі виходи біогазу CO₂.

2.2 Методи дослідження показників анаеробного збродження

Лабораторний стенд для проведення процесу збродження в періодичному режимі. Такий стенд дозволяє в короткий термін провести збродження без вагомих матеріальних та експлуатаційних затрат. Лабораторні ємності виконані з товстого пластику, в кришку вмонтовано герметичний ввід, який слугує для виходу біогазу з реактора. Біогаз, який утворився в процесі збродження, через патрубків в спеціальний пакет, який збільшується по мірі заповнення її біогазом.

Полл. и дата
Инв.№дубл.
Взаим.инв.
Полл. и дата
Инв.№полл.

Арк.

ТС 21510178

28

Из Лист № докум. Подп. Дата

Мезофільні умови проходження процесу підтримували за допомогою 2 ламп розжарювання, перемішування проводили вручну двічі на добу шляхом струшування реакційної ємності. Збовтування потрібно проводити в вертикальній площині для того, щоб субстрат не потрапив в патрубки.

Для аналізу проб біогазу на якісний та кількісний аналізи використовували метод витіснення води. Пакет з набраним біогазом щільно закривався та поміщався в тару з вимірним об'ємом води, об'єм витісненої води відповідав об'єму газу.

Склад газу, що одержували в процесі мікробної деструкції органічних сполук, визначали за допомогою Geotech BIOGAS 5000 за стандартною методикою. Апарат в автоматичному режимі вимірює CH₄, CO, CO₂, H₂S, H₂, O₂.

Визначення рН, ОВП, Мінералізації. Для вимірювання використовували хімічні аналізатори кожного з показників, для цього в окрему ємність відбиралася рідка проба в яку поміщалися аналізатори.



Рисунок 2.3 – TDS ORP рН аналізатори

Хімічне споживання кисню визначали за стандартною методикою КНД 211.1.4.021-95 "Визначення хімічного споживання кисню (ХСК) у поверхневих та стічних водах". Для вимірювання ХСК прискореним методом 5 см³ води (якщо ХСК води більше 600 мг О₂/дм³, перед аналізом розбавляють не менше ніж удвічі дистильованою водою) поміщають у конічну колбу на 250 см³, додають 5 см³ 0,1

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Инв.№дубл.
Подп. и дата	

Изва.№подл.	Подп. и дата	Инв.№дубл.	Взаим.инв.
Изва.№подл.	Подп. и дата	Инв.№дубл.	Взаим.инв.
Изва.№подл.	Подп. и дата	Инв.№дубл.	Взаим.инв.
Изва.№подл.	Подп. и дата	Инв.№дубл.	Взаим.инв.

ТС 21510178

Арк.

29

н розчину $K_2Cr_2O_7$ і поступово при перемішуванні додають 15 см^3 концентрованої сірчаної кислоти. Через 2 хв вимірюють ХСК, охолоджують до кімнатної температури, додають 50 см^3 дистильованої води і 3-4 краплі індикатора (0,1% розчин фенілантранілової кислоти) та титрують 0,1н розчином болотної солі. Сіль Мора - це подвійний сульфат заліза та амонію. Хімічна формула $FeSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$. Паралельно з аналізом цільових зразків було проведено також холостий експеримент з використанням 5 см^3 дистильованої води замість води після зневоднення бродильного залишку.

2.3 Теоретичне обґрунтування екологічних властивостей зброшеного пташиного послізу з використанням електролізу

Розглядаючи наукові періодичні видання, що індексуються в наукометричній базі даних Scopus, можна сказати, що вперше принагідно тема була розглянута в 1981 році, після чого відбувся різкий спад до 2009 року, коли тема почала набирати популярність, з піковим значенням в 60 статей у 2022 році.

Documents by year

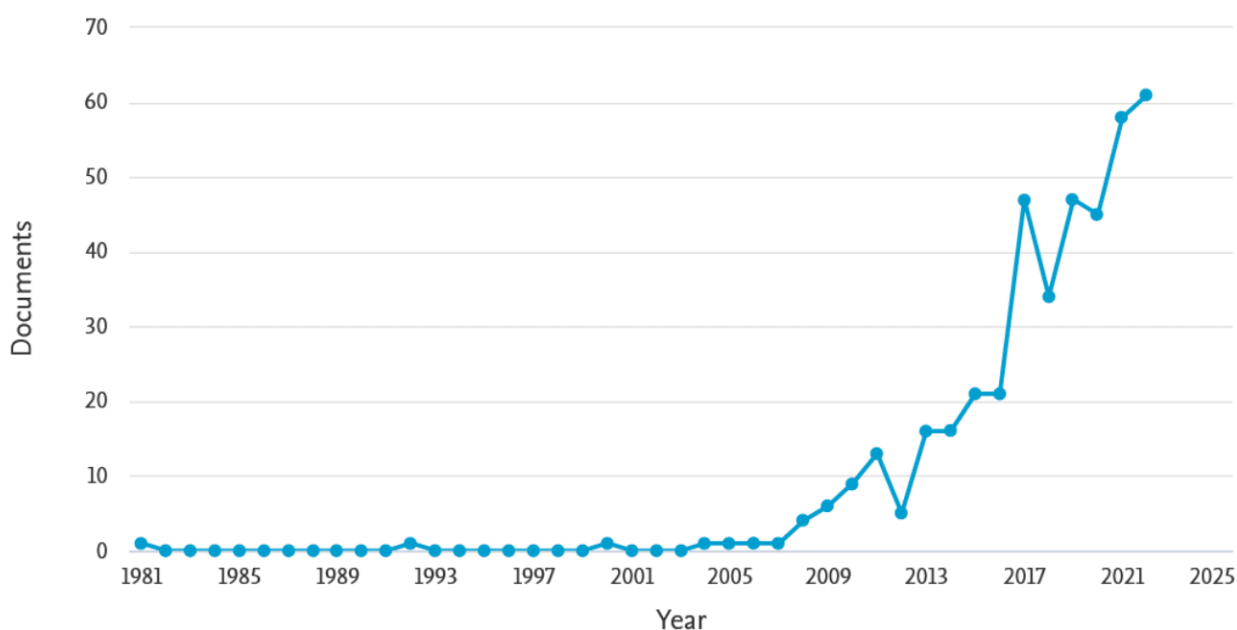


Рисунок 2.4 – Аналіз результатів пошуку за роками

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Подп. и дата
Инв.№дубл.	Подп. и дата

Изва Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----------	----------	-------	------

Тема користується високим попитом в сільськогосподарських країнах та в країнах з високим рівнем органічних відходів. У результаті перше місце посідають США (понад 100 робіт), далі йдуть Китай (85 робіт), Велика Британія (понад 50 робіт) та Італія (понад 40 робіт).

Найбільша кількість досліджень присвячена хімічному машинобудуванню, покращенню екологічної ситуації в регіоні, енергетичному сектору економіки, виробництву біопалива та виготовленню різноманітних корисних хімічних добавок. Загальні напрями досліджень також є актуальними для України.

Documents by subject area

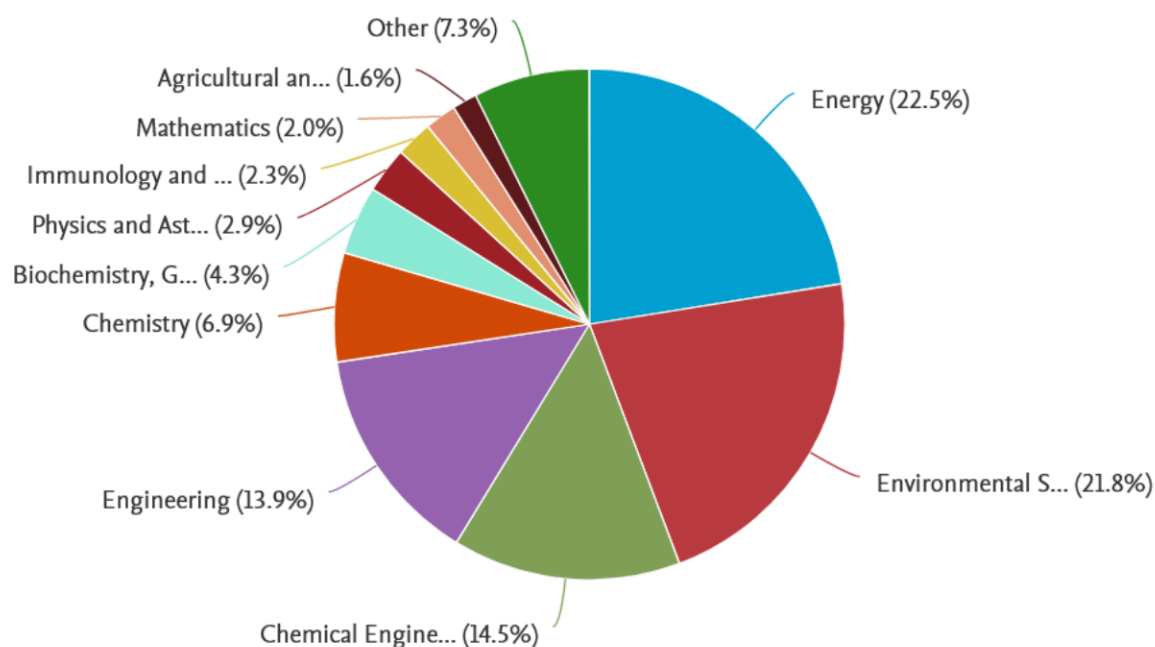


Рисунок 2.5 – Аналіз результатів пошуку за галузями знань за тематикою досліджень в сфері використання біоенергетичних технологій

Протягом останніх років в Україні поступово збільшується кількість об'єктів та встановлена потужність з виробництва теплової та електричної енергії з біомаси. На жаль, темпи розвитку біоенергетики в Україні значно поступаються європейським показникам, але наукові дослідження тривають і розвиваються. Підвищення ефективності виробництва біогазу є одним з найбільш активних напрямків досліджень в Україні.

Ив.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Инв.№дубл.
Подп. и дата	

Ив.№подл.	Подп. и дата	Инв.№дубл.	Взаим.инв.	Подп. и дата
Ив.№подл.	Подп. и дата	Инв.№дубл.	Взаим.инв.	Подп. и дата
Ив.№подл.	Подп. и дата	Инв.№дубл.	Взаим.инв.	Подп. и дата
Ив.№подл.	Подп. и дата	Инв.№дубл.	Взаим.инв.	Подп. и дата

ТС 21510178

Арк.

31

Було сформовано чотири кластери за базою даних Scopus з використанням кластерного програмного забезпечення VOSviewer:

- 1) кластер (червоний) розкриває екологічну проблематику переходу до зеленої енергетики з використанням електролізу;
- 2) кластер (зелений) включає виробництво та застосування палива та енергії, що ми можемо отримати шляхом використання електролізу в біогазових технологіях;
- 3) кластер (блакитний) охоплює вплив технології біоенергетики на відновлення та очищення навколишнього середовища, а також зменшення техногенних збитків.

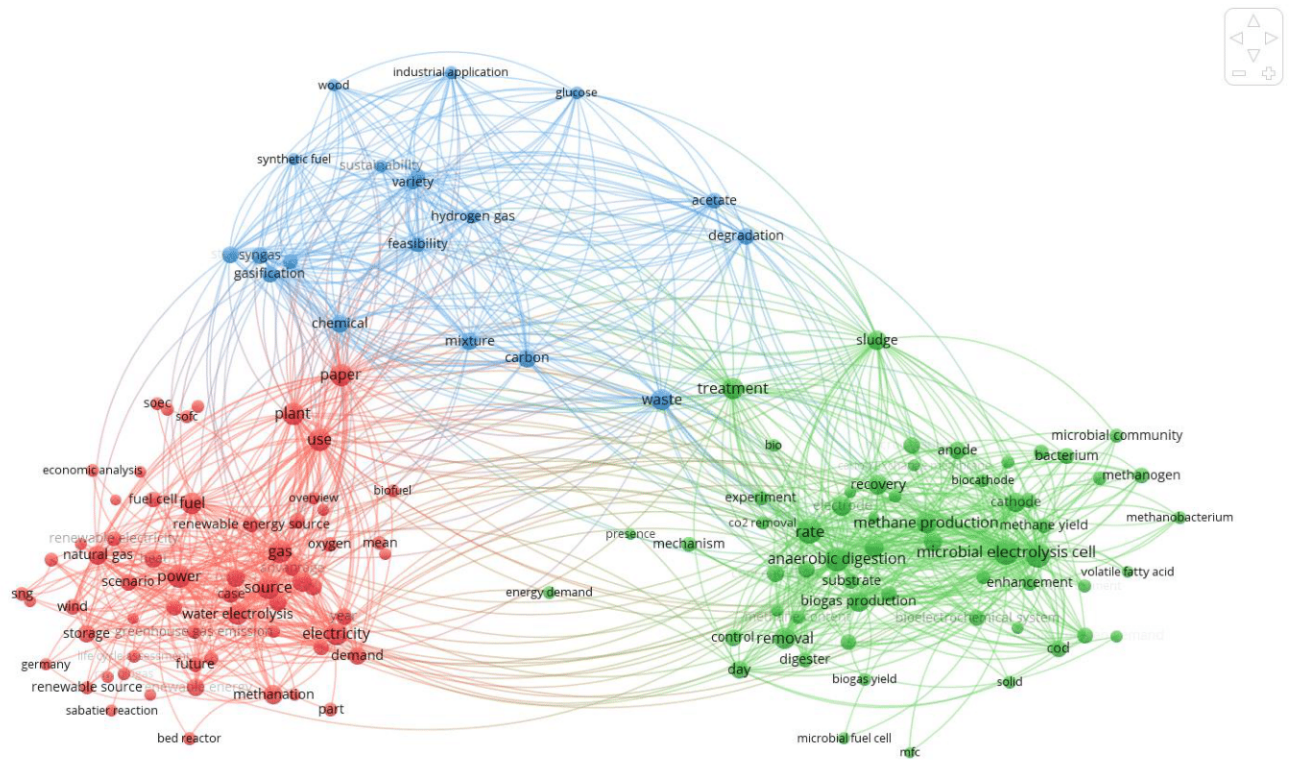


Рисунок 2.6 – Загальна мережева візуалізація: 3 кластерів, 6464 links, 23529 total link strength (з використанням БД Scopus)

Накладна візуалізація (Overlay visualization), був обраний як більш ефективний інструмент для визначення останніх подій у дослідженнях з плином часу. Розмір кіл відповідає домінуванню термінів у наукових публікаціях у цій сфері. Розподіл кольорів залежить від року публікації (середнє значення по

Подп. и дата
Инв.№дубл.
Взаим.инв.
Подп. и дата
Инв.№подл.

Из	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510178
					Арк. 32

кластерах), при цьому найновіші терміни виділені жовтим кольором. Таким чином, найбільш інтенсивно використовуваними термінами є "паливо" та "зміна" по відношенню до років написання доповіді.

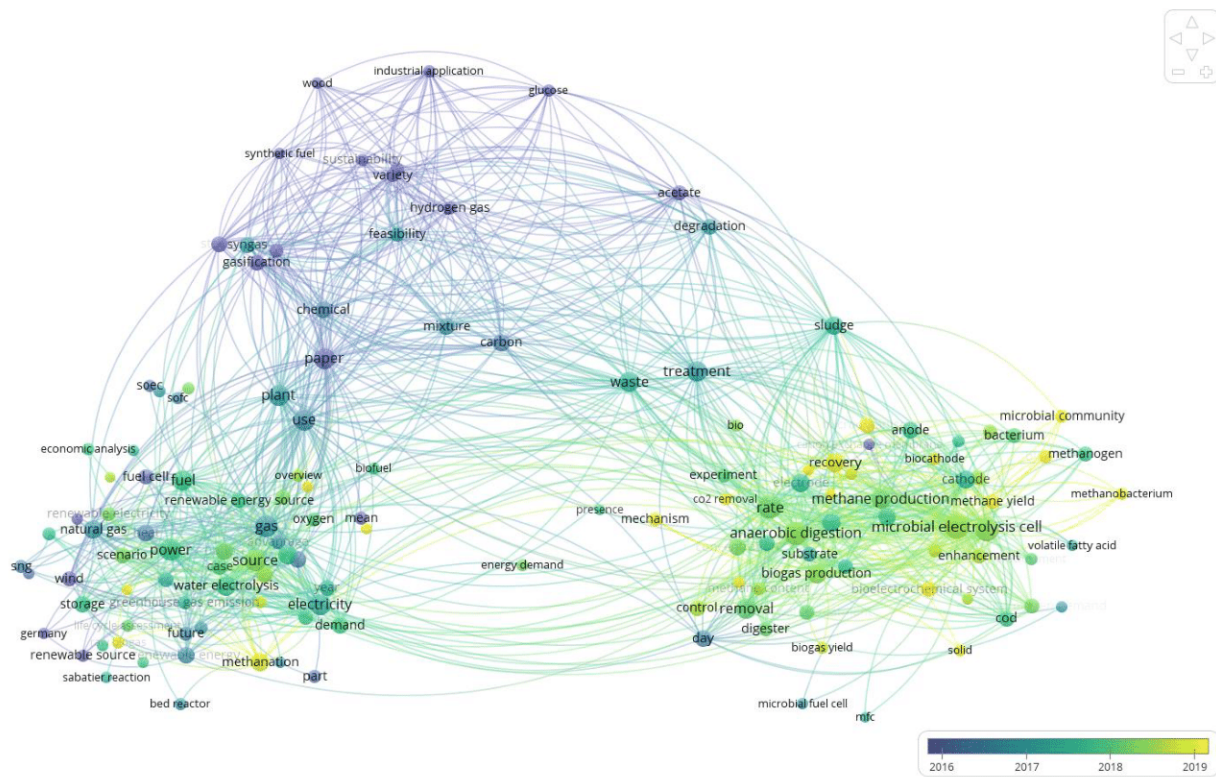


Рисунок 2.7 Накладна візуалізація, де одиниця виміру є час з моменту публікації (з використанням БД Scopus)

Схема візуалізації показує, що біогаз з використанням електролізу розглядається з різних сторін. Наприклад, існує три типові системи утилізації біогазу: комбіноване виробництво теплової та електричної енергії, твердооксидні біогазові паливні елементи та збагачення біогазу, які можна класифікувати по-різному. Системні оцінки показали, що шлях збагачення біогазу має найвищу енергоефективність системи та найкоротший термін окупності.

Важливим кластером цих досліджень є питання переорієнтації на біоенергетику та створення нових моделей розвитку Біоенергетика добре розвинена в країнах ЄС. Відбувається перехід до ринкового механізму впровадження біогазу в енергетиці, що призводить до уповільнення темпів впровадження біогазу на зрілому ринку електроенергії з біомаси в ЄС. Деякі

Подп. и дата
Инв.№дубл.
Взаим.инв.
Подп. и дата
Инв.№подл.

країни ЄС продовжують підтримувати динаміку розвитку ринку електроенергії з біогазу, але біогаз не настільки розвинений, як сонячна або вітрова енергетика Achinas et al. Інвестиції в анаеробне зброджування необхідні для успішного використання наявних ресурсів лігноцелюлозної сировини (гній, фруктові та овочеві відходи) для виробництва біогазу та біометану, а також для досягнення низьковитратного виробництва біогазу для широкого спектру застосувань.

Инв.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Инв.№дубл.	Подп. и дата

Из Лист	№ докум.	Підп.	Дата	

ТС 21510178

Арк.

34

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО РІШЕННЯ УТИЛІЗАЦІЇ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ.

3.1 Експериментальне дослідження інтенсифікації процесу виробництва біогазу та біодобрива в технологіях анаеробного збродження пташиного посліду.

Електроліз дезінтегрує органічні тверді речовини та збільшує кількість розчиненого органічного субстрату, а також швидкість розкладання та засвоюваність біосолідів у процесі анаеробного збродження. Ця попередня обробка робить більше поверхні доступною для подальшого анаеробного збродження. Очевидним ефектом електролізу є збільшення виходу біогазу [45–48].

У дослідженні Chu et al. [49] кукурудзяна солома піддавалася попередній ультразвуковій аеробній обробці в поєднанні з біогазовою суспензією як середовищем для анаеробного збродження, що посилювало ефективність деградації кукурудзяної соломи, варіювало склад суспензії для збродження, тим самим збільшувалося виробництво метану. Для обробки за ультразвукової потужності (200, 400 і 600 Вт), часу (10, 20 і 30 хв) і анаеробного збродження впродовж 25 днів за температури 37 ± 1 °С використовувався центральний комбінаторний дизайн. Попередня обробка ультразвуковим аеробним гідролізом дозволяє отримати більш високий вміст летких жирних кислот та виробництво метану за короткий період часу, що має велике значення для біогазової інженерії.

Електроліз є потенційною технологією для скорочення періоду фази гідролізу в процесі анаеробного збродження. У дослідженні Rashvanlou et al. [50] оцінювався вплив комбінованого впливу електролізу та мікроаеробної попередньої обробки на солюбілізацію осаду стічних вод, активність ферментів та анаеробне збродження.

У дослідженні Sameena Begum et al. [51] з анаеробного сумісного розкладання (ACoD) проводили з харчовими відходами та картоном у різних

Инва.№подл.
Подп. и дата
Взаим.инв.
Инв.№дубл.
Подп. и дата

Арк.

ТС 21510178

35

Из Лист № докум. Підп. Дата

співвідношеннях для вивчення їхнього впливу на вихід біогазу, видалення летких твердих речовин (VS), солюбілізацію органічних речовин та необхідну питому енергію (SE). Результати показали, що вихід біогазу, отриманого з попередньо оброблених ультразвуком зразків, незалежно від співвідношення змішування, був вищим. Ефективність видалення VS збільшилася на 3–15 % у попередньо оброблених зразках порівняно з необробленими.

Зброджування різних рослинних біомас із відходами птахівництва за різних співвідношень і попередньої обробки рослинної біомаси проводилося також у роботі [52]. Крім того, Nazimudheen et al [53] було здійснено спробу отримати механістичне уявлення про попередню обробку фільтрату сміттєзвалищ (перед анаеробним зброджуванням) за допомогою ультразвуку шляхом об'єднання експериментальних результатів з моделюванням динаміки кавітаційних бульбашок. По суті, було визначено окремі ролі фізичних і хімічних ефектів, які спричиняються ультразвуком у процесі. Однак за високої потужності, коли в розчині виникала перехідна кавітація, відбувалася деградація органічних речовин під дією окислювальних радикалів, що генеруються кавітаційними бульбашками, що знижувало значення sCOD і призводило до низького виходу біогазу при анаеробному зброджуванні. Сонікація за низької та помірної потужності, коли переважала стабільна кавітація, спричиняла дезінтеграцію і солюбілізацію, але не деградацію біосміття, що приводило до підвищення значення sCOD і виходу біогазу.

Електролізні методи не вимагають дефіцитних реагентів і є універсальними, відсутнє додаткове сольове забруднення субстрату, обладнання компактне і просте в експлуатації, не потрібні реагенти, повністю виключається або спрощується реагентне господарство, спрощується обслуговування обладнання, менша чутливість до змін технологічних умов і багато переваг, таких як отримання дигестатів з кращими структурно–механічними властивостями [54].

Електрохімічні методи бажані, коли електропровідність субстрату відносно висока через присутність неорганічних кислот, лугів або солей. При низьких концентраціях солей додавання електроліту (зазвичай NaCl) до матеріалу

Инд.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Инд.№дубл.
Подп. и дата	

підкладки може підвищити його електропровідність, тим самим знижуючи співвідношення потужностей, необхідне для процесу.

Цей метод використовує металевий (залізний або алюмінієвий) або неметалевий (графітовий) анод і електроліз, де відбувається електролітичне розчинення. Дія викликає процес, подібний до водопідготовки, при якому високодисперсні речовини, що знаходяться у воді, флокулюються. Однак, на відміну від використання сольових флокулянтів, при електрокоагуляції субстрат не збагачується сульфатними або хлоридними іонами.

Ефективність електролізу залежить від матеріалу електродів, відстані між електродами, температури, напруги і щільності струму. Рекомендується проводити електрокоагуляцію в нейтральних або слаболужних умовах, при щільності струму менше 10 А/м² і відстані між електродами менше 20 мм.

В якості анодів використовуються графіт, магнетит, свинець та його сполуки, кремнієві сплави. Для катода використовують графіт, молібден, сплави вольфраму з залізом або нікелем, нержавіючу сталь і багато інших матеріалів [55]. Анод і катод часто виготовляються з одного і того ж матеріалу, і регулярна зміна полярності електродів може продовжити термін служби обладнання. Електроди часто виготовляються із заліза або алюмінію. При подачі постійного струму анод розчиняється, утворюючи гідроксиди і коагулюючі солі металів.

Слід зазначити, що необхідна подальша оптимізація для отримання найбільш ефективних параметрів попередньої обробки, особливо при електролізі органічних відходів, таких як пташиний послід. В даній роботі пропонується повномасштабне впровадження електролізу в біотехнологічні системи, з використанням електролізу при підготовці субстрату як джерела макро– та мікроелементів, необхідних для розвитку анаеробних бактерій.

Послід складається з частинок розміром 0–1 мм. У посліді птаха міститься неперетравлена їжа і частина пір'я птаха. Важливою частиною поживних речовин у гної худоби є водорозчинна форма [56].

Свіжий послід містить до 5,5 % азоту, до 4,5 % фосфору, 2,5 % калію, магнію та багато інших мікроелементів. Твердофазний перепелиний послід є

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Подп. и дата
Инва.№дубл.	Подп. и дата

Изва.№подл.	Инва.№дубл.	Взаим.инв.	Подп. и дата	Инва.№подл.
Изва.№подл.	Инва.№дубл.	Взаим.инв.	Подп. и дата	Инва.№подл.
Изва.№подл.	Инва.№дубл.	Взаим.инв.	Подп. и дата	Инва.№подл.

ТС 21510178

Арк.

37

однорідною масою темно-сірого забарвлення з буруватим відтінком. Маса пташиного посліду, що виділяється, мала вологість 70–75 %, рН розведеного у воді посліду варіювався від 8 до 9 одиниць, кількість твердих речовин (TS) 29 %.



а

б

Рисунок 3.1 – Перепелиний послід у твердофазному вигляді: а – у первинному вигляді; б – після кришіння

Попередня обробка електролізом проводилася в електролізній ячeyці з товстого пластику із загальним робочим об'ємом 2000 мл. У секцію поміщено графітовий анод та катод, та додатковий графіт для збільшення площі обробки.

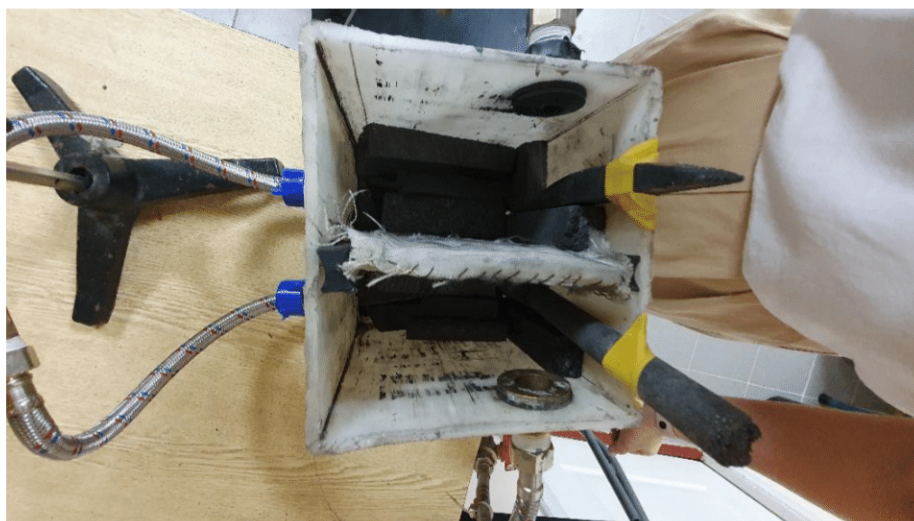


Рисунок 3.2 – Лабораторна установка електролізної обробки

Подп. и дата

Инв.№дубл.

Взаим.инв.

Подп. и дата

Инв.№подл.

Арк.

ТС 21510178

38

Из Лист № докум. Підп. Дата

Постійна обробка електролізом проводилася в електролізній ячeyці що була модифіковано перетворена на біогазовий реактор з товстого пластику із загальним робочим об'ємом 2000 мл. У секцію поміщено графітовий анод та катод.

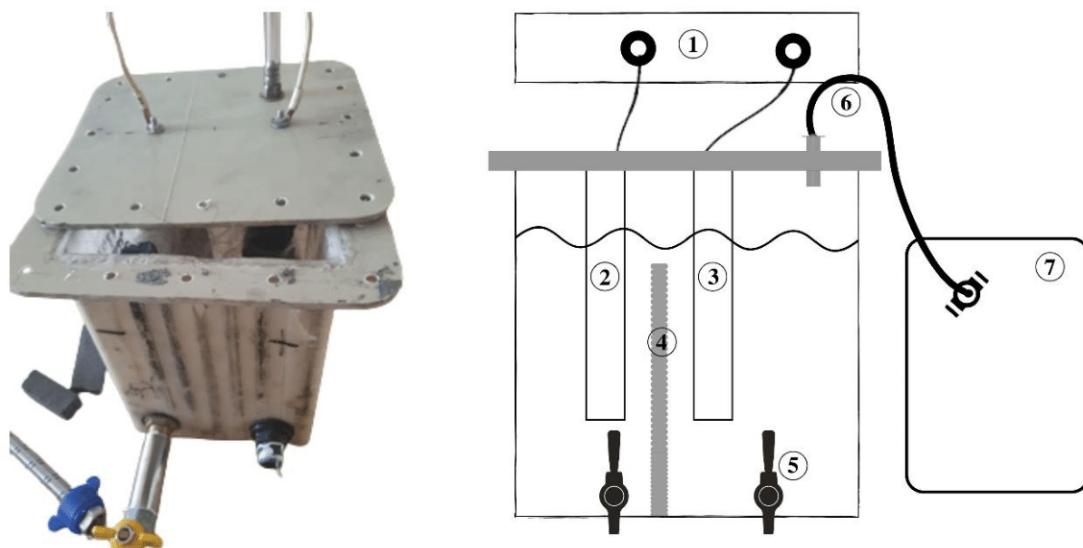


Рисунок 3.3 – Модифікована лабораторна установка електролізної обробки: 1 – пластикова кришка з підведення до джерела енергії, 2,3 – графіт, 4 – мембрана, 5 – кран для відведення рідкої фази, 6 – газовідвідна трубка, 7 пакет для збирання газу

Установка електролізної обробки працює таким чином: оброблювана рідина надходить у резервуар для обробки через спеціальні отвори, в які розчин заливається вручну, що забезпечує рівномірний розподіл по всій площі поперечного перерізу ячeyки. Таким чином, у внутрішньому об'ємі резервуара створюється електричне поле з інтенсивністю, необхідною і достатньою для утворення і підтримки режиму розвиненої коагуляцією в усьому об'ємі простору між стінками установки і поверхнею графіту.

У таблиці згруповано параметри проведення процесу обробки за видами сировини та їх комбінації, а також вимірювані фізико-хімічні параметри до та

Инв.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Инв.№дубл.
Подп. и дата	

Из	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510178

Арк.

39

після обробки, а саме рН, ОВП, TDS. Температурний режим – 35 °С. Використовувалося світлове мікрокопіювання для ідентифікації змін у структурі зразків за допомогою мікроскопа біологічного XS–5520 з відеокамерою.

Таблиця 3.1 – Комбінації параметрів проведення case study

Субстрат	Пташиний послід	
Час обробки	2 хв	15 хв
Обсяг води для змішування	2000 мл	2000 мл
Параметри контролю	рН, ОВП, TDS, мікрокопіювання	

Після проведення перепідготовки інокулят і розчин із пташиним послідом змішують і подають у біореактор, представлений скляною посудиною з двома отворами – нижнім для відбору рідких проб та верхнім закритим гумовим корком із відведеною ПВХ трубкою, що кріпиться до спеціального газовідбірного пакету, який виконує функцію накопичувача біогазу.

Уся система розроблена таким чином, щоб на процес анаеробної конверсії не могли вплинути такі фактори, як світло та кисень. Біореактор термостатували за температури 37–40 °С.

Слід зазначити, що спостерігалось збільшення TDS за меншого об'єму рідкої фази (100 мл) протягом трьох періодів обробки до 669 ppm. У процесі ультразвукової обробки спостерігалось незначне коливання показників рН і ОВП. Значення рН усіх видів обробки поступово незначно знижувалися в міру збільшення часу обробки в більш концентрованому розчині 25 г на 100 мл. Подібні тенденції ми помічаємо і в інших параметрах. У більш концентрованому розчині значення ОВП поступово зросло на 36 одиниць на відміну від менш концентрованого без змін.

У роботі [57] подібне пояснюють тим, що електричне поле, який утворюється в результаті електролізної обробки, впливає на зсувні речовини і руйнує внутрішні транзистори цих речовин. Таким чином, мікрокопіювання засвідчило процес дезінтеграції агрегатів, що свідчить про поліпшення ступеня

Инов.№подл. Подп. и дата
 Взаим.инв. Инв.№дубл. Подп. и дата

Инов.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Инв.№дубл.	Подп. и дата
Из	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510178

доступності органічної речовини та впливає на ефективність її засвоєння й деструкції мікроорганізмами на гідролітичній стадії анаеробного зброджування й надалі на термінальній стадії метаногезису.

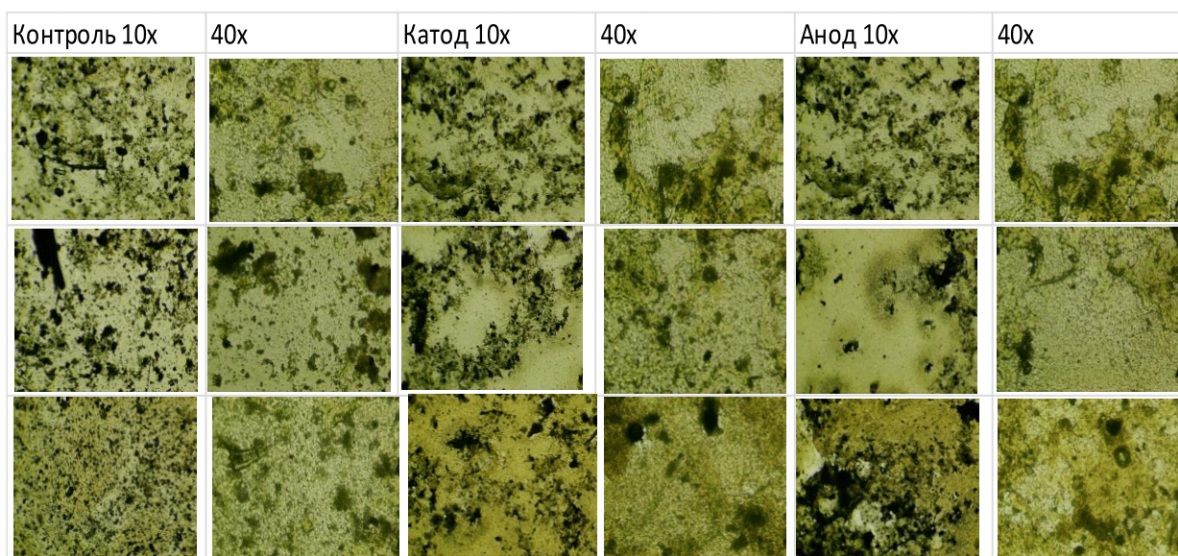


Рисунок 3.4 – Мікрокопіювання пташиного посліду в рідкій фазі в 200 мл трубопровідної води

Також у роботі [58] експериментально показано, що після обробки електролізу відбувається збільшення виходу метану та зменшення відсоткового вмісту вуглекислого газу. Більш висока солубілізація сировини, в роботі [59], доводить значне підвищення подальшого виробництва біогазу і говорить про те, що попередня обробка на основі електролізу є підходящим методом для обробки залишків сільськогосподарської сировини перед анаеробним зброджуванням.

Що до складу біогазу, отриманого в процесі спільного зброджування, у перерахунку на суху масу речовин, 97 % сухого субстрату на 3 % сухої маси інокуляту. Співвідношення газів у біогазі залежить від низки факторів. Орієнтовний вміст метану в біогазі 50–75 %, і що вищий вміст метану, то якіснішим вважається газ, за умов низьких концентрацій газів домішок. Якісний вміст метану досягає 65–68 % в об'ємі газу, що є досить оптимальним результатом і підтверджує, що подальші дослідження варіацій співвідношення субстрату та інокуляту є перспективними для отримання біогазу з більш високими

Ив.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Подп. и дата
Инв.№дубл.	Подп. и дата

показниками вмісту метану. Загалом за 27 днів процесу анаеробного зброджування було отримано близько 8,6 дм³ біогазу із вмістом у ньому метану в об'ємі 5,6 дм³ з робочого об'єму біореактора 2 дм³. Простежено, що продуктивність виходу біогазу за добу коливалася в межах від 0,2 до 1 дм³.



Рисунок 3.5 – Якісний склад біогазу отриманого в процесі сумісного збродження перепелиного посліду та надлишкового активного мулу

Аналізуючи дані процесу анаеробного зброджування в середині реактора спостерігалось зміна окисно-відновних умов відповідно до фаз процесу. Так, зниження рН з 8,9 до 7,2 протягом першого тижня з подальшою стабілізацією на рівні рН 7,0–7,4. ОВП у перший тиждень почав різкого спадати та на 8 добу поступового знизився з –484 до –425 до моменту активного газоутворення, з подальшою стабілізацією на рівні – 440–450 на 12–15 добу. Показник концентрації TDS поступово зростав від 412 ppm до 604 ppm, демонструючи успішні процеси анаеробної переробки субстрату та глибоку мінералізацію субстрату.

Окрім того, була досліджена динаміка зміни показників ХСК та хлоридів в субстраті, що піддається анаеробній переробці. ХСК з 3240 мгО/дм³ до 1750

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Подп. и дата
Инва.№дубл.	Подп. и дата

Изва.№подл.	Изва.№дубл.	Инва.№инв.	Инва.№дубл.	Инва.№подл.
Изва.№подл.	Инва.№дубл.	Инва.№инв.	Инва.№дубл.	Инва.№подл.
Изва.№подл.	Инва.№дубл.	Инва.№инв.	Инва.№дубл.	Инва.№подл.

ТС 21510178

Арк.

42

мгО/дм³ та хлоридів з 1478,12 мг/дм³ до 659,35 мг/дм³ з біореактору. Отриманні данні будуть ключовими в запланованих подальших дослідженнях з варіаціями співвідношень ко-субстратів та додатковою електролізною обробкою в процесі анаеробного зброджування.

3.2 Розроблення комплексного рішення виробництва біогазу та біодобрива в технології анаеробного збродження пташиного посліду.

Вищезазначене свідчить про те, що ферментація, в результаті якої утворюється біогаз, біоводень та біометан, є ефективним методом утилізації різних видів органічних відходів. Водночас, це актуальна тема не лише для переробки відходів, а й для отримання палива, електроенергії, тепла та добрив у разі потреби. Для підтвердження цієї гіпотези були проведені теоретичні розрахунки. Дана методика розрахунку була введена в курс "Технологія переробки відходів" і є сучасним варіантом цього методу. Результати є наступними:

- видобуток курячого посліду 45 тон;
- суха речовина.

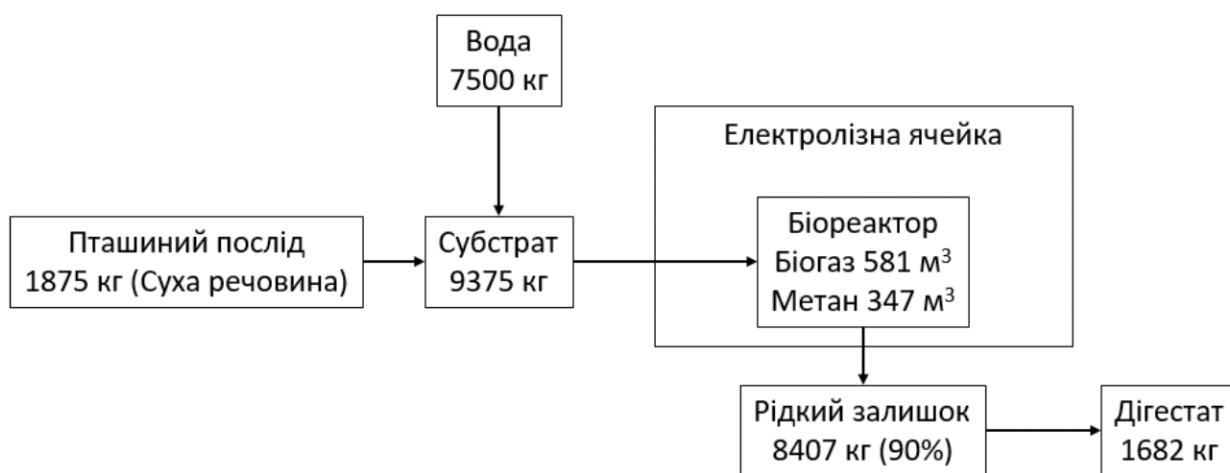


Рисунок 3.6 – Блок-схема процесу ферментації за теоретичною задачею

Потреби ферми:

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Подп. и дата
Инва.№дубл.	Подп. и дата

Изва.№подл.	Изва.№дубл.	Инва.№инв.	Инва.№инв.	Инва.№инв.	Инва.№инв.
Изва.№подл.	Инва.№дубл.	Инва.№инв.	Инва.№инв.	Инва.№инв.	Инва.№инв.
Изва.№подл.	Инва.№дубл.	Инва.№инв.	Инва.№инв.	Инва.№инв.	Инва.№инв.

ТС 21510178

Арк.

43

- Електроенергія 89 кВт/год.
- Теплова енергія влітку 87 мДж/год.
- Теплова енергія взимку 1229 мДж/год.

Потреби ферментатора:

- 50 кВт/год. електроенергії.
- Теплова енергія 348 МДж/год.

Для спрощення розрахунків замінимо тонни на добу на кілограми на годину:

$$45 \text{ тонн/доба} = 1875 \text{ кг/год}$$

Далі визначаємо масу сировини при якій така кількість сухої маси буде приходиться на 80 % води:

$$\frac{1875}{0,2} = 9375 \text{ кг/год}$$

Далі дізнаємося кількість води, що було долито до гною:

$$9375 - 1875 = 7500 \text{ кг/год}$$

Розраховуємо вихід біогазу та метану, при умові виходу біогазу с сухої маси дорівнює 0,6 м³/кг з вмістом метану до 60 %:

$$968 * 0,6 = 581 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$581 * 0,6 = 347 \text{ м}^3/\text{год}$$

Розрахуємо кількість отриманих добрив, що будуть використані для полів, чи на продаж:

$$8407 * 0,8 = 6725 \text{ кг/год}$$

$$8407 - 6725 = 1682 \text{ кг/год}$$

Підп. и дата
Инв.№дубл.
Взаим.инв.
Підп. и дата
Инв.№подл.

ИЗ	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 21510178	Арк.
						44

Наступним кроком буде розгляд питання щодо підбору мікротурбіни для переробки отриманого палива в електричну та теплову енергію. Для цього кількість видобутого газу перетворюється в енергію, яка передається на мікротурбіну. Такий розрахунок проводиться окремо для біоводню та біометану, оскільки збір газу відбувається окремо.

$$188 \text{ м}^3/\text{год} = 563 \text{ кВт} * \text{год}/\text{год}$$

Для такої кількості утвореної теплової енергії від біоводню раціонально взяти 2 мікротурбіни з виробкою електроенергії 65 кВт.

$$100 \text{ м}^3/\text{год} = 844 \text{ кВт} * \text{год}/\text{год}$$

Одна турбіна потужністю 200 кВт та одна мікротурбіна потужністю 65 кВт є обґрунтованими для кількості теплової енергії, що виробляється з цього біометану. Такі турбіни працюватимуть на повну потужність..

Таблиця 3.2 Характеристики мікротурбіни

	Турбіна 65 кВт	Турбіна 200 кВт
Електрична потужність, кВт	65	200
КПД по електроенергії, %	29	33
Потреби в тепловій енергії	224,1	606,1

Таким чином, кількість отриманої за годину електроенергії становить 396 кВт, чого достатньо для забезпечення потреб ферми та ферментатора, після чого 251 кВт може бути продано іншим споживачам.

Розрахуємо отриману теплову енергію від мікротурбін:

$$606 - 181 - 200 + 3 * (224,1 - 34 - 65) = 602 \text{ кВт} * \text{год}/\text{год}$$

$$602 \text{ кВт} * \text{год}/\text{год} = 2176 \text{ МДж}/\text{год}$$

Подп. и дата
 Инв.№дубл.
 Взаим.инв.
 Подп. и дата
 Инв.№подл.

Из	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510178

Арк.

45

Таким чином, потреби господарства повністю забезпечуються як в електричній, так і в тепловій енергії.

В даному випадку ми розглядали ферментатори на базі фермерських господарств, але якщо розглядати підприємства з метою отримання енергії, то кількість виробленої енергії буде в кілька разів більшою.

Вже станом на 2018 рік потенціал енергії з біомаси в Україні становить 23 млн тонн нафтового еквіваленту, що еквівалентно 3,4% загального енергозабезпечення України. Таким чином, розробки біоенергетичних рішень можуть бути ефективно використані як для переробки біовідходів, так і для виробництва енергії.

Инв.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Инв.№дубл.	Подп. и дата	ТС 21510178	Арк.
Из Лист	№ докум.	Підп.	Дата	46		

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Ця біогазова установка буде використовуватися для сільськогосподарських потреб. Він виробляє біогаз з відходів тваринництва і, крім біогазу, також виробляє добрива. Біогаз спалюється на когенераційній установці для виробництва електричної та теплової енергії. Електроенергія продається, а тепла енергія використовується для власних потреб біогазового заводу (наприклад, нагрівання біогазового реактора та підігріву субстрату). Теплова енергія також використовується для опалення та підігріву води в сільськогосподарській конторі. Коефіцієнт корисної дії когенераційної установки склав 84,5% в режимі опалення при 75% навантаженні та 82,4% в режимі опалення при 50% навантаженні. В умовах зростання цін на газ біогазові установки можуть сприяти економії коштів для фермерів у всьому світі, виробляючи власне відновлюване паливо.

Таблиця 4.1 – Економічне обґрунтування параметри біогазу

Параметри біогазу	
Ціна Гкал. тепла, грн	1800
Енергоємність 1 м ³ метана, Гкал.	0,012
Обсяг газу на 1 літр субстрату (без електролізу), м ³	0,0003
Обсяг газу на 1 літр субстрату (електроліз 2 хвилини щодня), м ³	0,001
Об'єм газу на 1 літр субстрату (електроліз 15 хвилин один раз), м ³	0,0009
Кількість метану в біогазі, %	60
Кількість метану на літр субстрату без електролізу, м ³	0,0002
Кількість метану на літр субстрату (електроліз 2 хвилини щодня), м ³	0,0008
Кількість метану на літр субстрату (електроліз 15 хвилин один раз), м ³	0,0005
Кількість метану на 1 м ³ субстрату (без електролізу)	0,18
Кількість метану на 1 м ³ субстрату (електроліз 2 хвилини)	0,798
Кількість метану на 1 м ³ субстрату (електроліз 15 хвилин)	0,51

Полп. и дата	
Инв.№дубл.	
Взаим.инв.	
Полп. и дата	
Инв.№полд.	

Арк.

ТС 21510178

Из Лист № докум. Підп. Дата

47

Таблиця 4.2 – Економічне обґрунтування розрахунки для метантенка

Розрахунки для метантенка	
Обсяг метантенка, м ³	1500
Відсоток заповнення метантенка субстратом, %	80
Об'єм субстрату, м ³	1200
Обсяг метану в метантенку після 24 днів, (без електролізу), м ³	216
Обсяг метану в метантенку після 24 днів (електроліз 2 хвилини щодня), м ³	957,6
Об'єм метану в метантенку після 24 днів (електроліз 15 хвилин 1 раз), м ³	612
Ступінь інтенсифікації виділення газу за двохвилинного оброблення, разів	4,43

Таблиця 4.3 – Економічне обґрунтування енерговитрат

Енерговитрати	
Вартість 1 кВт*год, грн	1,44
Сила струму під час обробки (2 хвилини), А	2,5
Напруга під час обробки (2 хвилини), В	12
Споживана потужність джерела живлення (2 хвилини електролізу), кВт	0,03
Час роботи джерела живлення, годин	0,8
Енергоспоживання на 3 літри, кВт*год	0,024
Енергоспоживання на літр, кВт*год	0,008
Енергоспоживання на м ³ субстрату, кВт*год	8
Енергоспоживання метантенка на електроліз, кВт*год	9600
Витрати на електроенергію, грн	13824

Таблиця 4.4 – Економічне обґрунтування прибутку

Розрахунок прибутку	
Прибуток від отриманого метану (без електролізу), грн	4665,6
Прибуток від отриманого метану (електроліз 2 хвилини щодня), УАН	20684,16
Прибуток від отриманого метану (електроліз 15 хвилин 1 раз), грн	13219,2

Инв.№подл. Взаим.инв. Инв.№дубл. Подп. и дата

Арк.

ТС 21510178

48

Из Лист № докум. Підп. Дата

Таблиця 4.5 – Розрахунок для енергоємного субстрату

Розрахунок для енергоємного субстрату	
Кількість метану на м3 субстрату, м ³	15
Кількість метану в метантенку, м ³	18000
Вартість отриманого метану, грн	388800
Кількість метану після щоденної обробки субстрату електролізом	79800
Вартість отриманого після обробки метану, грн	1723680
Витрати на обладнання, грн	100000
Кількість циклів зброджування для компенсації вартості обладнання	0,058
Кількість днів на компенсацію вартості обладнання	1,39236
Обсяг реактора, здатного виробляти кількість газу, що дорівнює виробленій без обробки електролізом, м ³	338,6
Груба вартість будівництва 1 м ³ метантенка, USD	500
Вартість будівництва метантенка без можливості електролізної обробки, USD	750000
Вартість будівництва метантенка з можливістю електролізної обробки, USD	169300
Час окупності будівництва метантенка без електролізної обробки, років	5
Час окупності будівництва метантенка з електролізною обробкою, років	1
Курс долара	36,75

Розглянуто економічний потенціал інтенсифікації процесу виробництва біогазу та біодобрива в технологіях анаеробного збродження пташиного посліду з використанням електролізу, та було встановлено, що час окупності будівництва метантенка без електролізної обробки, 5 років, а час окупності будівництва метантенка з електролізною обробкою, 1 рік. Що робить технологію більш ніж окупною.

Подп. и дата

Инв.№дубл.

Взаим.инв.

Подп. и дата

Инв.№подл.

Арк.

ТС 21510178

49

Из Лист № докум. Підп. Дата

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів на біогазовому підприємстві

В даній дипломній роботі розглядається тема "Розробка технічних рішень по використанню енергії з пташиного посліду". Згідно з технічними характеристиками біогазової установки, єдиним робочим приміщенням на підприємстві є кімната, де знаходиться оператор установки. Він має площу 12 м² та об'єм 33 м³, що відповідає національному стандарту ДНАОП 0.00–1.31–99[60].

Повітря на робочому місці: Відходи, що утворюються в процесі виробництва біогазу, є досить небезпечними речовинами. Біогаз є досить брудним продуктом з екологічної точки зору. Біогаз містить високий рівень вуглекислого газу, а також домішки, такі як волога, сірководень, важкі метали, аміак, нітратний азот, фосфор і небезпечні бактерії. Вміст CO₂ в ньому досягає 30–35%. Вуглекислий газ є парниковим газом. Він поглинає інфрачервоне випромінювання, що виходить від Землі і є причиною глобального потепління.

Гігієнічне нормування шкідливих речовин здійснюється відповідно до нормативних документів та за гранично допустимими концентраціями (ГДК, мг/м³). Для робочих місць гранично допустима концентрація в робочій зоні визначається як ГДКрз (Міністерство охорони здоров'я України) [61].

Для попередження професійних отруєнь застосовуються технічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні заходи та засоби.

Основними методами захисту є заміна отруйних речовин нетоксичними або менш токсичними, дотримання правил техніки безпеки та виробничої санітарії, впровадження нових технологій, гігієнічне випробування хімічних речовин та їх гігієнічне нормування, комплексна механізація та автоматизація виробничих процесів.

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Инва.№дубл.

Изва.№подл.	Подп. и дата	Инва.№дубл.	Подп. и дата
Изва.№подл.	Подп. и дата	Инва.№дубл.	Подп. и дата
Изва.№подл.	Подп. и дата	Инва.№дубл.	Подп. и дата
Изва.№подл.	Подп. и дата	Инва.№дубл.	Подп. и дата

ТС 21510178

Ефективними профілактичними заходами на виробництвах, що використовують сильнодіючі отруйні речовини, є впровадження дистанційного контролю та безперервності технологічних процесів, усунення порушень герметичності обладнання. Прилади, якими вимірюють умови мікроклімату на даному підприємстві: барометр, психрометр, електронний термометр і гігрометр.

Промислове освітлювальне обладнання. Робота операторів ГТС, що розглядається, вимагає зорової уваги. В операторській використовуються лампи денного світла. Для приладів використовується підсвічування шкали.

У цеху використовується змішане освітлення (природне освітлення доповнюється штучним). Проектом передбачено освітлення для робочих, евакуаційних, аварійних та ремонтних цілей. Тип джерела світла для системи загального освітлення - лампи ДРЛ-400, 220 В, Ф=3500 лм, 8 шт. Це пов'язано з тим, що цех має висоту більше 10 м і бажано використовувати світильники саме такого типу.

Ступінь захисту світильників в зоні Р-1-IR5X. Штучне освітлення передбачено у всіх приміщеннях та на всіх ділянках установки, нормована освітленість повинна становити: при комбінованому освітленні - $E_{нор1} = 200$ лк, при загальному освітленні - $E_{нор2} = 150$ лк, фактична відповідає вимогам ДБН В.2.528:2018 [62] $E_{фак} = 240$ люкс.

Вибираємо норму освітленості, необхідну для комбінованого освітлення заводських приміщень. Зорові роботи на даному виробництві слід враховувати відповідно до норм штучного і природного освітлення виробничих приміщень.

Ця робота належить до п'ятої категорії розряду зорової роботи. Застосовується забезпечення бокового природного освітлення. Нормування значення коефіцієнта природної освітленості - 0,8%.

Шум і вібрація на всій виробничій площі. Шум є одним з основних факторів, що негативно впливають на людину в сучасних містах і на робочих місцях. Зростаюча потужність обладнання, насиченість швидкісними механізмами та стрімке збільшення інтенсивності руху призводять до підвищення рівнів шуму як у побуті, так і на робочому місці [63].

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Подп. и дата

Инд. № подл.	Взаим. инв.	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Подп. и дата	ТС 21510178	Арк.
Изд Лист	№ докум.	Подп.	Дата			51

Негативний вплив шуму на організм людини багатогранний. У середовищі, де люди піддаються впливу шуму протягом тривалого періоду часу, вони стикаються з втратою пам'яті, запамороченням, підвищеною втомлюваністю і дратівливістю. Об'єктивними симптомами шумової хвороби є зниження слухової чутливості, зміни функції травлення, що виражаються в порушенні кислотно-лужного балансу в шлунку, серцево-легеневій дисфункції та нейроендокринних розладах.

У процесі виробництва біогазу основними джерелами шуму та вібрації є вентилятори, електродні повітродувки, насоси та різакі під тиском. Одним з джерел шуму є вентилятори та насоси, рівні шуму яких досягають 80–100 дБА і перевищують нормативні значення. Тривала дія інтенсивного шуму (вище 80 дБА) викликає часткову втрату слуху; згідно ДСТУ 3.3.6037–99 [64] наладчик не повинен допускати перевищення цього рівня понад 80 дБА, тому в Технології розроблені наступні заходи. Оскільки шум від вентиляційної системи поширюється через повітряне середовище, будівельні конструкції та стінки повітропроводів, початковий об'єм вентиляційної системи та насосів був зменшений і розділений віброізолятором.

Віброізолятор складається зі сталевих пружин і гумових прокладок. Фундамент відцентрового насоса ізолюваний азбестовою ізоляцією для зменшення вібрацій. Також використовуються скловолокно та інші звукопоглинаючі матеріали, пінопласт для повітропроводів і облицювання для системи вентиляції.

Організаційні заходи включають раціональне розміщення виробничих площ, обладнання та робочих місць, постійний контроль рівнів шуму, оптимізацію режимів праці та відпочинку працівників, обмеження використання обладнання та робочих місць, що не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам. До складу індивідуальних засобів захисту від шуму входили протишумові шоломи ШШЗ–65 та ШШЛ–65, каска/шолом ВЦНІОТ2М та протишумові навушники ВЦНІОТ–2. В результаті реалізації цього комплексу заходів,

Підп. и дата
Инв.№дубл.
Взаим.инв.
Підп. и дата
Инв.№подл.

Из	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510178

Арк.

52

відповідно до ДСН 3.3.6037–99, рівень шуму для операторів буде в межах 50–60 дБА.

Електробезпека: Відповідно до ПУЕ, метантенк та приміщення для оператора за небезпекою електротравм відноситься до приміщення без підвищеної небезпеки. В приміщенні застосовується трифазна чотири провідна мережа напругою 380 В з глухо заземленою нейтраллю. Разом з тим, захисне заземлення не є достатньо надійним захистом від ураження електричним струмом.

Більш ефективним засобом запобігання електротравматизму при замиканні на корпус в даному випадку вважається "занулення" - навмисне електричне з'єднання неструмоведучих елементів електрообладнання, які можуть опинитися під напругою при замиканні на корпус, з нульовим проводом.

Система технічних засобів і приладів електробезпеки визначає основні технічні засоби і прилади, що використовуються для забезпечення електробезпеки під час нормальної експлуатації електроустановок на робочих місцях і включає:

– ізоляція струмоведучих частин для забезпечення технічної справності електроустановок, зменшення можливості потрапляння працівників під напругу та зменшення кількості коротких замикань на землю або на саму електроустановку.

– застосування захисних огорожень і закритих розподільних пристроїв, розміщення неізольованих струмоведучих частин на висоті, що унеможлиблює випадковий дотик до них інструментом або різними пристосуваннями, а також обмеження доступу сторонніх осіб до електроустановок.

– захисні блокування - унеможливлюють доступ до неізольованих струмоведучих частин, що перебувають під напругою, при відсутності напруги, запобігають неправильним операціям або керуванню оператором під час експлуатації електроустановок, а також запобігають порушенню рівня електробезпеки та вибухозахисту електроустановок.

Підп. и дата
Инв.№дубл.
Взаим.инв.
Підп. и дата
Инв.№подл.

Из	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510178

Арк.

53

– засоби орієнтації в електроустановках можуть забезпечити чіткий напрямок для операторів під час монтажу та ремонту і запобігти неправильній роботі.

Все обладнання, що працює під напругою 220 В, 50 Гц, заземлено для запобігання ураження персоналу електричним струмом у разі виникнення аварійної ситуації. Опір нульового проводу повинен бути таким, щоб при його замиканні на основний блок виникав струм короткого замикання і його сила перевищувала в 1,5 рази номінальний струм.

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{R_0 + R_{\phi} + \left(\frac{Z_t}{3}\right)}$$

де U_{ϕ} – напруга фази мережі, В;

R_0 – опір нульового дроту на ділянці від фазового трансформатора до розетки, Ом;

R_{ϕ} – опір фазового дроту на тій же ділянці, Ом;

$Z_T/3$ – еквівалентний опір трансформатора, Ом;

Виконаємо розрахунок струму короткого замкнення при аварійному режимі:

$$I_{кз} = \frac{200}{3 + 4 + \left(\frac{0.3}{3}\right)} = 30 \text{ А.}$$

Величина опору заземлюючого пристрою не перевищує встановленого значення ПУЕ-2017 [65] ссилки Всі необхідні заходи електробезпеки виконані відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.21-98 [66]. Ніяких спеціальних заходів з електробезпеки не потрібно.

Безпека технологічних процесів, технічне обслуговування обладнання з метою забезпечення безпеки технологічних процесів на підприємстві передбачено дотримання спеціальних правил техніки безпеки. Технологія передбачає здійснення наступних заходів безпеки:

Підп. и дата	
Инв.№дубл.	
Взаим.инв.	
Підп. и дата	
Инв.№подл.	

Из	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510178

Арк.

54

1) Машинне відділення і генератор:

- перекриття подачі газу, в інші приміщення (за межі машинного);
- зупинку роботи обладнання вимикачем, що знаходиться поза машинного відділення;
- примусове провітрювання відділення.

2) Газгольдер:

- закриття подачі газу;
- випускання газу з газгольдера.

Пожежна безпека Використання у виробничому процесі легкозаймистих і горючих рідин, твердих легкозаймистих і горючих речовин і матеріалів (у тому числі пилу і волокон). За вибух пожежною та пожежною небезпекою відноситься до категорії В - пожежна небезпека згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [67], за винятком того, що ділянка не відноситься до категорій А і Б та стіни офісу цегляні, клас вогнестійкості - ІІ згідно ДБН В.1.1-7:2016 [68]. . Дане приміщення відповідає класу пожежонебезпечної зони ІІ-І згідно ПУЕ. Автоматична пожежна сигналізація (АПС), яка працює 24 години на добу, є найнадійнішим способом виявити перші ознаки загоряння та подати сигнал пожежної тривоги. Комбіновані сповіщувачі ІПК-1, ІПК-2 та ІПК-3 контролюють два фактори, пов'язані з пожежею: дим та температуру.

До засобів гасіння пожеж, передбачених цією технологією, належить стаціонарний модульний порошковий вогнегасник САМ-3 для гасіння пожеж тліючих матеріалів, горючих рідин, газів та електроустановок напругою до 1000 В на промислових підприємствах, складах зберігання горючих речовин та транспортних засобах. Також продемонстровано існування переносного вуглекислотного вогнегасника ОУ-3, який використовує в якості вогнегасної речовини діоксид вуглецю (СО₂), показано, що при переході діоксиду вуглецю з рідкого стану в газоподібний його об'єм збільшується в 400-500 разів, що супроводжується швидким охолодженням до температури -72°C та частковою кристалізацією. При цьому гасіння пожежі здійснюється шляхом зниження температури пожежі нижче температури займання і витіснення кисню в зоні

Инвар.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Подп. и дата
Инв.№дубл.	Подп. и дата

Инвар.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Подп. и дата	Инв.№дубл.	Подп. и дата
Из	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	

ТС 21510178

горіння негорючим газом вуглекислим газом. Горизонтальні розміри зони (R_{нкмп}), які обмежують область концентрацій, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я (С_{нкмп})

5.2 Розрахунок значень критеріїв за вибухопожежною та пожежною небезпекою для метану

Визначаємо густину горючого газу за максимально можливої температури в даному районі $t_p=50^{\circ}\text{C}$. Густина горючого газу (метану) складає за формулою:

$$\rho_{\Gamma} = \frac{16}{22 \cdot (1 + 0.004 \cdot 50)} = 0.6_{\text{кг/м}^3}$$

Визначаємо масу горючого газу (m_{Γ}) у кілограмах, що потрапив до навколишнього простору під час розрахункової аварії, за формулою:

$$m_{\Gamma} = 3000 \cdot 0.6 = 180 \text{ кг}$$

Горизонтальні розміри зони (R_{нкмп}), які обмежують область концентрацій, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я (С_{нкмп}):

$$R_{\text{НКМП}} = 15 \cdot \left(\frac{180}{0.6 \cdot 5} \right)^{0.3} = 56 \text{ м}$$

Приведену масу метана:

$$m_{\text{пр}} = \left(\frac{50 \cdot 10^6}{4.5 \cdot 10^6} \right) \cdot 180 \cdot 0.5 = 1000 \text{ кг}$$

Величину розрахункового надлишкового тиску ΔP :

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взаим. инв.	Инд. № дубл.
Подп. и дата	

$$\Delta P = 101 \cdot 0.367 = 37 \text{ кПа}$$

При надлишковому тиску 37 кПа можливе отримання незначних травм (синці, вивихи, тимчасова втрата слуху, загальні синці) і помірне руйнування розташованих поруч ферментаторів.

5.3. Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Поведінка працівників у разі виникнення пожежі або вибуху: Основні причини пожеж: несправність електрообладнання та мереж, недотримання вимог технічних регламентів з питань пожежної безпеки, недотримання протипожежних заходів (паління, застосування відкритого вогню, використання несправного обладнання), необережне поводження з вогнем. Основні фактори ризику виникнення пожежі: теплове випромінювання, високі температури, токсична дія продуктів горіння (наприклад, чадний газ), зниження видимості при задимленні [69].

Основні вражаючі фактори вибуху: повітряна ударна хвиля та уламкові поля, утворені зруйнованими об'єктами, технічними засобами та осколками вибухових речовин.

У разі загрози вибуху ляжте обличчям вниз, захистіть голову обома руками і тримайтеся подалі від вікон, скляних дверей, проходів і сходів. У разі вибуху вжити заходів щодо запобігання пожежі та паніки і надати першу медичну допомогу потерпілому. Кожен працівник при виявленні пожежі або ознак пожежі (дим, запах гару, підвищення температури) зобов'язаний негайно зателефонуйте за номером "101" (пожежна частина) і повідомте назву об'єкта, місце виникнення пожежі та своє прізвище.

Вжити заходів щодо евакуації, гасіння пожеж та захисту майна. Особи, яким надано право володіти, користуватися або розпоряджатися майном на момент прибуття на місце пожежі, керівники підприємств, посадові особи та офіційно

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Инв.№дубл.
Подп. и дата	

Изва	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ТС 21510178

Арк.

57

призначений персонал з питань пожежної безпеки. У разі виникнення пожежі повторно зателефонуйте за номером "101" та зверніться до керівництва для отримання подальших послуг.

У разі загрози життю людей негайно організувати рятувальні роботи та реагувати наявними силами і засобами. У разі необхідності вимкнути джерела електроживлення (крім засобів пожежогашіння), відключити системи аварійної та прилеглої вентиляції приміщень і вжити інших заходів щодо запобігання пожежі та задимленню. Призупинити всі роботи, крім протипожежного контролю.

Дотримуйтесь планів евакуації та інструкцій з евакуації і виведіть з небезпечної зони працівників, які не беруть участі в гасінні пожежі або евакуації. Забезпечити дотримання працівниками, залученими до протипожежних заходів, інструкцій [70].

Проведення зборів пожежних бригад для надання допомоги у виборі найкоротшого маршруту пожежі. Повідомляти пожежну охорону, яка залучається до гасіння пожежі та проведення аварійно-рятувальних робіт, про небезпечні, вибухонебезпечні або хімічно небезпечні матеріали, що зберігаються на об'єкті.

При евакуації: швидко проходити через палаючі або задимлені ділянки, затримувати дихання і захищати ніс і рот вологою ганчіркою. У задимленому приміщенні або в просторі біля підлоги повзвіть або нахиліться, щоб довше зберегти повітря чистим.

Якщо загорівся одяг, необхідно зняти його або допомогти загасити: накрити ковдрою і щільно притиснути. Якщо подача повітря буде обмежена, горіння швидко припиниться. Слідкуйте за тим, щоб люди в палаючому одязі не змогли втекти. По прибуттю до пожежної частини на виклик відреагує директор підприємства або особа, яка його заміщує [71].

Заходи, які необхідно вжити у разі руйнування будівлі або споруди: Повне або часткове обвалення будівлі є надзвичайною ситуацією природного або техногенного характеру. Такі ситуації можуть бути спричинені помилками на етапі технічного проектування, відхиленнями від технології в процесі будівництва, порушеннями правил монтажу та регулювання комплектуючих.

Ивв.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Подп. и дата
Ивв.№дубл.	Подп. и дата

Ивв.№подл.	Подп. и дата	Ивв.№дубл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Подп. и дата
Ивв.№подл.	Подп. и дата	Ивв.№дубл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Подп. и дата
Ивв.№подл.	Подп. и дата	Ивв.№дубл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Подп. и дата

ТС 21510178

Арк.

58

Найпоширенішими причинами обвалення є вибухи, спричинені терористичними актами, неправильна експлуатація обладнання, газопроводів, необережне поводження з вогнем, зберігання легкозаймистих та вибухонебезпечних матеріалів у приміщенні.

Раптове обвалення будівлі може спричинити пожежу, завали, людські жертви та руйнування інженерних і енергетичних мереж. Якщо ви почули вибухи або виявили, що стабільність будівлі порушена, негайно залиште її. Виходьте з приміщення і піднімайтеся сходами, а не ліфтом: ніколи не знаєш, коли він зупиниться. При евакуації не панікувати і не штовхати двері. Зупиняти людей, які хочуть стрибати з балконів (з другого поверху) або скляних вікон.

Якщо вийти з будівлі неможливо, забезпечте безпечне місце для цього, наприклад, в отворі у внутрішній несучій стіні, в кутку, утвореному внутрішньою несучою стіною, або під балконною рамою (щоб запобігти падінню предметів і сміття). Відчинити двері приміщень та забезпечити охорону виходів. Не панікувати, зберігати спокій. Тримати подалі від вікон та електроприладів. Якщо виникла пожежа, намагайтеся негайно її загасити [72].

Використовуйте телефони лише для зв'язку з поліцією, пожежною охороною, лікарями та рятувальними службами.

Не використовуйте сірники: існує ризик витоку газу та вибуху. Опинившись на вулиці, не стояти біля будівель. Що робити, якщо ви опинилися під завалами: глибоко дихати, не панікувати і не впадати у відчай. Сконцентруйтеся на головному. Вірте в допомогу. По можливості надайте першу медичну допомогу.

Озирніться навколо і шукайте вихід. Спробуйте визначити, де ви знаходитесь і чи є поруч інші люди: запитайте, проголосуйте. Пам'ятайте: спрагу і голод можна переносити довго, якщо це не є марною тратою енергії. Шукайте в кишені або поблизу неї все, що випромінює світлові або звукові сигнали [73]. Це може бути факел, труба або металевий предмет, який б'ється об стіну (для привернення уваги рятувальника). Якщо єдиний вихід - це вузький отвір, намагайтеся втиснутися, для цього розслабте м'язи і рухом ліктів притисніть їх до тулуба.

Инва.№подл. Подп. и дата
Взаим.инв. Инв.№дубл. Подп. и дата

Изва.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Инв.№дубл.	Подп. и дата
Изва.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Инв.№дубл.	Подп. и дата
Изва.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Инв.№дубл.	Подп. и дата
Изва.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Инв.№дубл.	Подп. и дата

ТС 21510178

Арк.

59

ВИСНОВКИ

У ході розроблення дипломного проекту було:

1. Здійснено огляд еколого–санітарна регуляція діяльності птахофермерських комплексів дав можливість оцінити стан поводження з ними в Україні, на сьогоднішній час в наслідок діяльності птахоферм відбувається потужне забруднення атмосферного повітря, води та ґрунту. У процесі життєдіяльності однієї курки утворюється 0,2–0,3 кг посліду, значне накопичення відходів цієї галузі без раціональних підходів до їх утилізації призводить до збільшення екологічного навантаження на довкілля.

2. Розглянуто впровадження методів компостування та ферментації як технічних процесів переробки органічних відходів з метою визначення екологічних та економічних переваг використання методів анаеробної ферментації. Цей метод, як і компостування, дає високоякісні добрива та біопаливо і має значні переваги при впровадженні на місцевому рівні.

3. Електроліз дезінтегрує органічні тверді речовини та збільшує кількість розчиненого органічного субстрату, а також швидкість розкладання та засвоюваність біосолідів у процесі анаеробного зброджування. Ця попередня обробка робить більше поверхні доступною для подальшого анаеробного зброджування. Очевидним ефектом електролізу є збільшення виходу біогазу.

4. Розрахунок основних параметрів виробництва біометану з пташиного посліду за розробленою формально-технологічною схемою вирішив теоретичну задачу та показав прогнозоване виробництво електроенергії зі свинячого посліду, органічного відходу, що утворюється на фермі, та можливість продажу частини його за "зеленим" тарифом, з метою енергетичної самодостатності.

5. Сформовано 3 кластера інноваційних рішень в сфері впровадження біоенергетичних рішень з використанням електролізу за даними БД Scopus з використанням програмного забезпечення VOSviewer, а саме такі кластери:

1) кластер (червоний) розкриває екологічну проблематику переходу до

Инва.№подл.	Подп. и дата
Взаим.инв.	Инва.№дубл.

Изва	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ТС 21510178

Арк.

60

зеленої енергетики з використанням електролізу;

2) кластер (зелений) включає виробництво та застосування палива та енергії, що ми можемо отримати шляхом використання електролізу в біогазових технологіях;

3) кластер (блакитний) охоплює вплив технології біоенергетики на відновлення та очищення навколишнього середовища, а також зменшення техногенних збитків.

6. Розглянуто економічний потенціал інтенсифікації процесу виробництва біогазу та біодобрива в технологіях анаеробного збродження пташиного посліду з використанням електролізу, та було встановлено, що час окупності будівництва метантенка без електролізної обробки, 5 років, а час окупності будівництва метантенка з електролізною обробкою, 1 рік.

Инв.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Инв.№дубл.	Подп. и дата	ТС 21510178	Арк.
						61
Из Лист	№ докум.	Підп.	Дата			

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чубур В. С., Черниш, Є. Ю., Скиданенко М. С., Данилов Д. В., Білоус О. О. Переробка пташиного посліду в енергетичних цілях в технологіях захисту довкілля. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2022. Випуск 3 (13). С. 86-92. doi:10.20998/2413-4295.2022.03.13;
2. Chernysh Y., Shtepa V., Danilov D., Plyatsuk L., Chubur V. Anaerobic Digestion Combined with Electrolysis of Poultry Manure and Activated Sludge Inoculum. Problems of the Regional Energetics. 2022. Vol. 2(54). doi:10.52254/1857-0070.2022.2-54.09 (Scopus; Web of Science);
3. Chubur V., Danylov D., Chernysh Y., Plyatsuk L., Shtepa V., Haneklaus N., Roubik H. Methods for Intensifying Biogas Production from Waste: A Scientometric Review of Cavitation and Electrolysis Treatments. Fermentation. 2022; 8(10):570. <https://doi.org/10.3390/fermentation8100570> (Scopus; Web of Science);
4. Черниш Є., Штепа В., Данилов Д., Чубур В., Івлєва А. Вплив антибіотиків та спар на біопроееси в біогазових технологіях. VIII International Scientific-Technical Conference «Problems of Chemmotology. Theory and practice of rational use of traditional and alternative fuels & lubricants» 21–25 June, 2021;
5. Чубур В., Черниш Є., Данилов Д., Білоус О., Пляцук Л., Ярошенко О, Штепа В., Рубік Г. Експериментальне дослідження анаеробного збродження пташиного посліду з інокулятом активного мулу. III міжнародний науковий симпозіум «Сталий розвиток – стан та перспективи», 26-29 січня 2022, Україна, Львів – Славське : Збірник матеріалів — Київ : Яроченко Я. В., 2022. — 62-65 с.;
6. Chubur V., Danilov D., Skvortsova P. Bioenergy aspects of sewage sludge management. The exploratory workshop NeXT-Chem ‘Innovative Cross-Sectoral Technologies’ IVth Edition 19-20 May, Bucharest, 2022. P. 36.;
7. Черниш Є. Ю., Чубур В. С., Скиданенко М. С., Соколов О. С., Данілов Д. В., Білоус О.О., Рубік Х. Автоматизація систем моніторингу та контролю

Підп. и дата
Инв.№дубл.
Взаим.инв.
Підп. и дата
Инв.№подл.

					ТС 21510178	Арк.
Из	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		62

параметрів метаногенезу в процесі анаеробного збродження відходів. Збірка матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Галузеві проблеми екологічної безпеки – 2022» (27 жовтня 2022 року). Харків: ХНАДУ, «Стильна Типографія», - 2022. с. 225-227.

8. Кернасюк Ю. Птахівництво –ефективна сфера агробізнесу / Ю. Кернасюк // Агробізнес сьогодні. – 2015. – № 8 (303). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: agro-business.com.ua/ekonomichnyi-gektar/2972-ptakhivnytstvo-efektyvna-sfera-agrobiznesu.html.

9. Остафійчук Г.В. Класифікація суб'єктів аграрних правовідносин – виробників продукції птахівництва / Г.В. Остафійчук // Часопис Київського університету права. – 2012. – № 1. – С. 276.

10. Болоховська Н. Біодеструктори на сторожі здоров'я ґрунту / В. Болоховська, Н. Нагорна // Пропозиція. – 2012. – № 5. – С. 60.

11. Бабієв Г. М. Перспективи впровадження нетрадиційних джерел енергії в Україні / Г. М. Бабієв, Д. В. Дероган, А. Р. Щокін // Електронний журнал. – Запоріжжя: ВАТ «Гамма». – 1998. – № 1. – С. 63 – 64.

12. Васильєв В. А. Застосування безпідстилкового гною для удобрення / В. А. Васильєв, І. М. Швецов. – М.: Колос, 1983. – 173 с.

13. Ахмадєєв А. Н. Ветеринарна екологія / А.Н. Ахмадєєв, І.М. Колесников [та ін.] – М.: Колос, 2002. – 238 с.

14. Колос Н. Де зберігати гній молочного поголів'я / Наталія Колос // The Ukrainian Farmer. – 2010. – № 11. – С. 88 – 90.

15. Досвід Європи як приклад для наслідування // Україна – Євросоюз. – 2008. – вип. 1. – С. 6 – 7.

16. Долінський А. А. Енергозабезпечення та екологічні проблеми розвитку енергетики. – М: Энергоатомиздат, 1995. – 60 с.

17. Жарова Л. В. Економічні механізми контролю за викидами парникових газів: підруч. [для фахівців в галузі економіки, державного управління, науковців, викладачів, студентів] / Л. В. Жарова, М. В. Ільїна. – Київ – Сімферополь, 2009. – 62 с.

Попл. и дата
Инв.№дубл.
Взаим.инв.
Попл. и дата
Инв.№подл.

Из	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 21510178

Арк.

63

18. Ладика В. І. Біоенергетичний потенціал Лісостепової і Поліської зон України та перспективи його використання: [підруч. для науковців, викладачів, аспірантів, слухачів магістратури, студентів] / В. І. Ладика – К.: Університетська книга, 2009. – 304 с.

19. Максішко Л. М., Малик О. Г. Біологічна утилізація шкідливих парникових газів, які входять до складу біогазу, а також сірководню та аміаку у воді асоціацією біологічно корисних мікроорганізмів / Л. М. Максішко, О. Г. Малик // Вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького – 2012. – Т. 14, № 3. – С. 353 – 361.

20. Хвесик М. А. Екологізація розвитку продуктивних сил України в умовах глобальних викидів / М. А. Хвесик // Удосконалення економічних інструментів природокористування та екологічної безпеки: Бібліотека ВЕЛ. – 2010. – № 1. – С. 2 – 5.

21. Макаренко Н.А. Екотоксикологічна оцінка біодобрив (продуктів ферментації біогазової установки) на предмет їх відповідності вимогам органічного землеробства / Н.А. Макаренко, В.І. Бондарь, Г.М. Борщ, А.В. Сальнікова // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2014. – № 4. – С. 20 – 24.

22. Рибчинський Л.М. Екологічні аспекти водневої енергетики: кваліфікац. робота магістра / Л.М. Рибчинський; наук. керів. О.А. Бургаз. – Одеса: ОДЕУ, 2017. – 63 с.

23. Щурська К.О. Способи продукування біоводню. Проблеми біології та біотехнології / К.О. Щурська, Є.В. Кузьмінський // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2011. – Вип. 3. – С. 105 – 114.

24. Шуліпа Є. О., Черниш Є. Ю. Процеси темної ферментації для утилізації відходів з отримання корисних біосировинних продуктів // Тези доповідей VII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні технології у промисловому виробництві». – Суми: СумДУ. – 2020. – С. 246 – 247.

25. Куріс Ю. В. Метаногенез і технологічні схеми отримання біогазу / Ю.В. Куріс // Альтернативные источники энергии. – 2011. – №10 (92). – С. 41 –

Инва.№подл. Подп. и дата Взаим. инв. Инв.№дубл. Подп. и дата

Арк.

ТС 21510178

64

Изд Лист № докум. Підп. Дата

48.

26. Марцинкевич В., Коломієць Н. Поводження з відходами тваринництва: переваги технології анаеробного зброджування / В. Марцинкевич, Н. Коломієць. – Нац. екологічний центр України (НЕЦУ). – Київ. – 2015. – 21 с.

27. Рибчинський Л. М. Екологічні аспекти водневої енергетики: кваліфікац. робота магістра / Л. М. Рибчинський; наук. керів. О. А. Бургаз. – Одеса: ОДЕУ, 2017. – 63 с.

28. Шуліпа Є. О., Черниш Є. Ю. Процеси темної ферментації для утилізації відходів з отриманням корисних біосировинних продуктів // Тези доповідей VII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні технології у промисловому виробництві». – Суми: СумДУ. – 2020. – С. 246 – 247.

29. Sołowski G. Methane and hydrogen production from cotton waste by dark fermentation under anaerobic and micro-aerobic conditions / G. Sołowski, I. Konkol, A. Cenian // Biomass and Bioenergy. – 2020. – No 138. – P. 1–2.

30. Шомин А. А. Биогаз на сельском подворье: книга / А. А. Шомин. – Балаклея: Информационно-издательская компания "Балаклійщина", 2002. – 68 с.

31. Miller R. Inorganic Fertilizer Vs. Organic Fertilizer [Electronic resource]. Garden Care. 2018. URL– <https://homeguides.sfgate.com/inorganic-fertilizer-vs-organic-fertilizer-39528.html>

32. Апарати для біологічної десульфатції біогазу : пат. 1020190084828 Корея : МПК В01Д 53/84 В01Д 53/52 С02F 11/04; заявл. 09.01.2018 ; опубл. 17.07.2019.

33. Спосіб і система для отримання та переробки твердих відходів : пат. 054900 WO : МПК В09В 3/00 2006.01 ; заявл. 20.08.2018 ; опубл. 21.03.2019.

34. Біогазовий реактор для твердофазної ферментації : пат. 116509 України : МПК С02F 11/04 С02F 3/28 С12М 1/00 С12М 1/107 С12М 1/26 С12М 1/36 ; заявл. 17.03.2017 ; опубл. 26.03.2018.

35. Лабораторна установка для отримання біогазу : пат. 123294 України : МПК С02F 11/04 ; заявл. 24.07.2017 ; опубл. 26.02.2018.

36. Спосіб виробництва біогазу та добрива : пат. 121280 України : МПК

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв.	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ТС 21510178	Арк.
						65
Из	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

C05F 7/00 C05F 11/00 C12P 5/00 ; заявл. 27.06.2017 ; опубл. 27.11.2017.

37. Спосіб одержання біогазу з відходів виробництва цукру : пат. 116911 України : МПК F23G C02F 11/04 B09B 3/00 ; заявл. 19.12.2016 ; опубл. 12.06.2017.

38. Спосіб отримання біогазу за допомогою багатозонного розподілу культури та ефективної системи бродіння біогазу : пат. 2711634 Китай : МПК C12P 5/02 C12M 1/107 ; заявл. 22.01.2015 ; опубл. 13.05.2015.

39. Пристрій для анаеробної ферментації гною для худоби та птиці з рефлюксним трубопроводом для біогазу : пат. 104355518 Китай : МПК C02F 11/04 ; заявл. 19.11.2014 ; опубл. 18.02.2015.

40. Екологічний цикл переробки відходів свиноферм : пат. 104705196 Китай : МПК A01K 1/00 A01K 1/01 A01G 1/00 A01G 7/04 ; заявл. 08.04.2015 ; опубл. 17.06.2015.

41. Апарат для фільтрації та відділення органічних добрив : пат. 106955522 Китай : МПК B01D 33/11 ; заявл. 17.05.2017 ; опубл. 18.07.2017.

42. Спосіб отримання біогазової рідини в екологічне біогазове рідке добриво : пат. 107652071 Китай : МПК C05G 3/00 ; заявл. 09.11.2017 ; опубл. 02.02.2018.

43. Система попередньої обробки утилізації біогазу для курячих відходів : пат. 210367581 Китай : МПК C10L 3/10 ; заявл. 13.08.2019 ; опубл. 21.04.2020.

44. Новий біогазовий резервуар : пат. 109370881 Китай : МПК C12M 1/107 C12M 1/02 C12M 1/12 ; заявл. 16.11.2018 ; опубл. 22.02.2019.

45. Liu, S.; Fang, P.; Ren, J.; Li, S. Application of lime neutralised phosphogypsum in supersulfated cement. J. Clean. Prod. 2020, 272.

46. Wu, S.; Zhao, L.; Wang, L.; Huang, X.; Zhang, Y.; Feng, Z.; Cui, D. Simultaneous recovery of rare earth elements and phosphorus from phosphate rock by phosphoric acid leaching and selective precipitation: Towards green process. J. Rare Earths 2019, 37, 652–658.

47. Masmoudi–Soussi, A.; Hammas–Nasri, I.; Horchani–Naifer, K.; Ferid, M. Study of rare earths leaching after hydrothermal conversion of phosphogypsum. Chem. Afr. 2019, 2, 415–422.

Инд.№подл. Подп. и дата
Взаим.инв. Инв.№дубл. Подп. и дата

Изд	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ТС 21510178

48. <https://www.hielscher.com/ru/ultrasonic-disintegration-of-animal-manures-before-anaerobic-digestion.htm>

49. Chu, X., Cheng, Q., Xu, Y., Luo, L., Wang, M., Zheng, G., Zhang, H., Yi, W., Liu, X., Sun, Y., & Sun, Y. (2021). Anaerobic digestion of corn straw pretreated by ultrasonic combined with aerobic hydrolysis. *Bioresource Technology*, 341, 125826. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125826>

50. Rashvanlou, R. B., Farzadkia, M., Rezaee, A., Gholami, M., Kermani, M., & P Asalari, H. (2021). The influence of combined low-strength ultrasonics and micro-aerobic pretreatment process on methane generation and sludge digestion: Lipase enzyme, microbial activation, and energy yield. *Ultrasonics Sonochemistry*, 73, 105531. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105531>

51. Sameena Begum, S. Begum, Gangagni Rao Anupoju, G. Rao Anupoju, & Nicky Eshtiaghi, N. Eshtiaghi. (2021). Anaerobic co-digestion of food waste and cardboard in different mixing ratios: Impact of ultrasound pre-treatment on soluble organic matter and biogas generation potential at varying food to inoculum ratios. *Biochemical engineering journal*, 166, 107853. doi: 10.1016/j.bej.2020.107853

52. Shah, F. A., Rashid, N., Mahmood, Q., & Ali, A. (2019). Effect of Pretreatment and Substrate Ratios in Biorefinery Employing Co-digestion of Plant Biomass and Poultry Waste. *Frontiers in Energy Research*, 6, 143. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2018.00143>

53. Nazimudheen, G., Roy, K., Sivasankar, T., & Moholkar, V. S. (2018). Mechanistic investigations in ultrasonic pretreatment and anaerobic digestion of landfill leachates. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(2), 1690–1701. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.02.001>

54. <https://www.itriwater.org.tw/Eng/Technology/More?id=99>

55. Vitenko, T., Drożdziel, P., Rudawska, A. (2018). USING HYDRODYNAMIC CAVITATION DEVICE IN THE INDUSTRY. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 12(3), 158–167. <https://doi.org/10.12913/22998624/94944>

56. Wang, B., Pan, Z., Cheng, H. et al. CO2 sequestration: high conversion of

Подп. и дата

Инв.№дубл.

Взаим.инв.

Подп. и дата

Инв.№подл.

Арк.

ТС 21510178

67

gypsum into CaCO₃ by ultrasonic carbonation. Environ Chem Lett 18, 1369–1377 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10311-020-00997-9>

57. Kim, I. T., Sinha, T. K., Moon, J., Kong, T. W., & Oh, J. S. (2021). Time dependent ultrasonic treatment of waste gypsum toward improved mechanical performance of its EPDM composite. Journal of Elastomers & Plastics, 009524432110153. doi:10.1177/00952443211015356

58. Allaedini, Ghazaleh; Zhang, Patrick (2018). Treatment of phosphoric acid sludge for rare earths recovery II: effect of sonication and flocculant solution temperature on settling rate. Separation Science and Technology, (), 1–11. doi:10.1080/01496395.2018.1536715

59. Chernysh Y., Plyatsuk L. Environmentally Friendly concept of phosphogypsum recycling on the basis of the biotechnological approach. World Sustainability Series. Cham, 2019. P. 167–182. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-26759-9_10.

60. ДНАОП 0.00-1.31-99 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин (0.00-1.31-99)

61. «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони» МОЗ України; Наказ, Регламент від 14.07.2020 № 1596

62. ДБН В.2.5-28:2018. «Природне і штучне освітлення».

63. Грибан В. Г. Охорона праці: Навчальний посібник / В. Г. Грибан, О.В.Негодченко // К.: Центр учбової літератури. –2009.–280 с.

64. ДСН 3.3.6037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

65. ПУЕ-2017 «Правила улаштування електроустановок»

66. НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»

67. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».

68. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні

Ив.№подл. Подп. и дата Взаим.инв. Инв.№дубл. Подп. и дата

Арк.

ТС 21510178

68

Из Лист № докум. Підп. Дата

ВИМОГИ».

69. Семененко И. В. Проектирование биогазовых установок / И.Семененко // Сумы: ПФ «МақДен», ИПП «Мрия-1» ЛТД, 1996. –347с.

70. Brown, N.J. 2007. Conducting a safety walk-through on a farm: hazards of the manure handling system, anaerobic digester, and biogas handling system – a self-assessment guideline for farmers. Manure Management Program. Cornell Dept. of Biological and Environmental Engineering. Ithaca, NY.

71. Martin, J.H. 2008. A New Method to Evaluate Hydrogen Sulfide Removal from Biogas. M.S. Thesis. Raleigh, N.C.: North Carolina State University, Department of Biological and Agricultural Engineering.

72. Osbern, L.N., and R.O. Crapo. 1981. Dung lung: a report of toxic exposure to liquid manure. Ann. Intern. Med. 95(3):312–4.

73. Choinière, Y. 2004. Explosion of a deep pit finishing pig barn, investigation report on biogas production. In Proc. ASAE/CSAE Meeting. Ottawa, Ontario, Canada.

Инв.№подл.	Подп. и дата	Взаим.инв.	Инв.№дубл.	Подп. и дата	ТС 21510178	Арк.
						69
Из Лист	№ докум.	Підп.	Дата			