

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності

183 Технології захисту навколишнього середовища

Тема роботи: Технологічна реалізація комплексної переробки відходів з отриманням корисних біопродуктів

Виконала:
студент Білоус Олексій
Олександрович

Керівник:
доцент, д.т.н., доцент Черниш
Єлізавета Юріївна

Залікова книжка
№ 22510181

Підпис: _____
дата, підпис

Підпис: _____

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

Підпис: _____
дата, підпис

Захищена з оцінкою

оцінка, дата

Секретар ЕК
старший викладач Батальцев Є.В.

Суми 2023

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедрою _____
“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА
Білоуса Олексія Олександровича

1. Тема проекту (роботи) Технологічна реалізація комплексної переробки відходів з отриманням корисних біопродуктів

затверджена наказом по університету від “21” листопада 2023 р. № 1315-VI

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 26 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) патентна база методів переробки відходів; патентна база технологічних рішень біогазових реакторів; хімічний пташиного посліду та фосфогіпсу.

4. Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

- огляд поняття «відходи», джерела їх походження та класифікація;

- огляд методів поводження з різними типами відходів;

- розроблення і тестування експериментальних технологій переробки органічних відходів;

- розроблення системи автоматичного моніторингу процесу проходження збродження органічних відходів;

- аналіз існуючих рішень поводження з іншими типами відходів;

- рекомендації щодо застосування додаткового ультразвукового блоку для інтенсифікації процесу збродження та додавання інших поживних речовин з метою стабілізації процесу;

- аналіз утворених корисних продуктів з досліджуваних методів поводження з відходами.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)

Динаміка поводження з відходами в період з 2010 по 2020 роки в Україні; Динаміка обсягів накопичення відходів в період з 2010 по 2020 роки в Україні; Схема реалізації сміттєзвалищних полігонів;

Схема переробки вторинних відходів; Схема функціонування заводу «Енергія»;

схема проходження процесу компостування; схема властивостей пташиного посліду;

Структурна формула біочару; Перша експериментальна установка з біореакторами; Схема

ультразвукового апарату; Друга експериментальна установка з біореакторами; Блок-схема

автоматизації експериментальної установки; Динаміка вмісту метану, в утвореному біогазі, у порівнянні з використанням ультразвукової обробки та без; Мікроскопіювання фосфогіпсу, до і після проходження ультразвукової обробки, концентрацією 5 г на 200 мл води; Мікроскопіювання пташиного посліду в рідкій фазі; Динаміка утворення метану з пташиного посліду; Динаміка утворення метану з рослинних решток, Схема етапів функціонування біогазової установки.

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Проводження серій експериментів переробки органічних відходів біологічним методом	Вересень 2023 р.	
2	Розробка стенду з автоматизованим моніторингом	Вересень 2023 р.	
3	Літературний огляд за досліджуваною проблематикою	Вересень 2023 р.	
4	Робота над розділом «Розробка лабораторних стендів переробки органічних відходів біологічним методом»	Жовтень 2023 р.	
5	Робота над розділом «Дослідження комплексного методу переробки відходів»	Жовтень 2023 р.	
6	Робота над економічною частиною	Листопад 2023 р.	
7	Робота над розділом «Охорона праці та захист у надзвичайних ситуаціях»	Листопад 2023р	
8	Оформлення роботи	Грудень 2023 р.	

5. Дата видачі завдання 10.09.2023 року

Студент _____

О. О. Білоус

Керівник проекту _____

Є. Ю. Черниш

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра

Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 54 найменувань. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 65 с., у тому числі 3 таблиці, 29 рисунків, список використаних джерел на 8 сторінках.

Мета роботи – розроблення методу комплексної переробки органічних відходів з отримання корисних біопродуктів.

Відповідно до поставленої мети було вирішено такі *завдання*: дослідити методи поводження з відходами; описати переваги та недоліки найпопулярніших методів, які застосовуються на сьогодні; створення та проведення серій експерименту з метою вдосконалення процесу біологічної переробки органічної сировини з отримання корисних біопродуктів; створення та застосування системи автоматизації моніторингу для поліпшення отриманих даних про проходження процесу збродження та можливість оцінити застосування різних методів інтенсифікації, для оцінки їх значущості у процесі збродження.

Об'єкт дослідження – утворені відходи від промислових підприємств; органічні відходи.

Предмет дослідження – методи комплексної переробки визначених відходів з отримання корисних біопродуктів.

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

Запропоновано удосконалену схему біогазової установки, яка містить блок ультразвукової обробки та датчики для автоматичного моніторингу параметрів процесу.

Ключові слова: ВІДХОДИ, ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ, ОРГАНІЧНІ ВІДХОДИ, ПТАШИНИЙ ПОСЛІД, УЛЬТРАЗВУК, АВТОМАТИЗАЦІЯ МОНІТОРИНГУ, ІНТЕНСИФІКАЦІЯ, АНАЕРОБНЕ ЗБРОДЖЕННЯ.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДУ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ.....	36
3.1 Етапи комплексного методу переробки органічних відходів	36
3.2 Експерименте дослідження процесу переробки відходів	37
3.3 Технологічна реалізація комплексної переробки відходів на прикладі твердих побутових відходів	43
3.4 Технологічна реалізація комплексної переробки відходів на прикладі агропромислових відходів.....	45
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ	48
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	52
5.1 Аналіз негативних факторів біогазового підприємства	52
5.2 Розрахунок вентиляції виробничого приміщення	54
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях при виробництві біогазу	55
ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	59

Інв.№зободл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№зодубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

ВСТУП

Актуальність теми. Тема «переробка відходів» стає досить популярною в наш час через численні виклики, з якими стикається людство. Через зростаючу кількість відходів створюється негативний вплив на атмосферу, гідросферу та геосферу. Це створює кліматичні проблеми у всьому світі та загрожує біорізноманіттю. Також через нераціональне користування ресурсами, зменшується кількість природних ресурсів.

Через ці причини, постає задача розробити комплексні методи їх переробки. У більшості випадків застосовується метод «захоронення відходів», який не вирішує існуючу проблему з утвореною кількістю відходів. Тому вирішенням цієї проблеми стає сортування сміття, що дає кращої їх переробки з отриманням корисних кінцевих продуктів.

Побутове сміття спалюється в сміттєспалювальних заводах з отриманням корисних продуктів: тепло та електроенергії і шлак, який можна застосовувати у виготовленні будівельних матеріалів. Сміття, що підлягає поняттю «вторинна сировина», отримує нове життя у вигляді нових продуктів. Залишається проблема з утилізацією органічних відходів, адже методи поводження з ним в Україні не є достатньо популярними. Тому для вирішення цієї проблеми необхідно розробити комплексний метод, результат якого заохоче застосовувати його у всіх агропромислових галузях.

Мета роботи – розроблення методу комплексної переробки певного виду відходу, потенціал якого найменше використовують.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі **завдання**:

провести літературний огляд за тематикою відходів; дослідити методи поводження з відходами; описати переваги та недоліки найпопулярніших методів, які застосовуються на сьогоднішній день; створення та проведення серій експерименту з

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510181

Арк

6

метою вдосконалення процесу біологічної переробки органічної сировини з отримання корисних біопродуктів; створення та застосування системи автоматизації моніторингу для поліпшення отриманих даних про проходження процесу збродження та можливість оцінити застосування різних методів інтенсифікації, для оцінки їх значущості у процесі збродження.

Об'єкт дослідження – утворені відходи від промислових підприємств; органічні відходи.

Предмет дослідження – методи комплексної переробки визначених відходів з отримання корисних біопродуктів.

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

- кількість біогазу вимірювалась автоматичним датчиком витрати;
- кількісний та якісний склад біогазу вимірювались газоаналізатором Geotech BIOGAS 5000 та датчиками ардуїно;
- вміст речовин у сировині та дигестаті вимірювався гравіметричним методом;
- мікроскопіювання відібраних зразків проводилось світловим мікроскопом;
- параметри кислотно-лужного балансу (рН) та окисно-відновний потенціал (ORP) вимірювались місцевими аналізаторами та датчиками ардуїно;
- аналіз отриманих результатів експерименту проводився методом математичним та статистичним методами.

Наукова новизна:

Створено модель біогазової установки з використанням ультразвукового обладнання та автоматичною системою моніторингу параметрів проходження процесу анаеробного збродження.

Практична цінність. Результати досліджень можуть бути корисними під час проектування або реконструкції існуючих біогазових установок.

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

						<i>ТС 22510181</i>	Арк
Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			7

Особистий внесок магістранта. Усі результати, які наведені у кваліфікаційній роботі магістра, одержані самостійно. Було запропоновано комплексний метод переробки органічних відходів біологічним методом з отриманням корисних біопродуктів

Апробація результатів роботи. Основні положення та результати дипломної роботи доповідались на:

1. Чубур В. С., Черниш, Є. Ю., Скиданенко М. С., Данилов Д. В., Білоус О. О. (2022) Переробка пташиного посліду в енергетичних цілях в технологіях захисту довкілля. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях 3(13):86–92. <https://doi.org/10.20998/24134295.2022.03.13>

2. 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), Львів – Славське : Збірник матеріалів. Київ : Яроченко Я. В., 2022. С. 62-65.

3. Черниш Є. Ю., Чубур В. С., Скиданенко М. С., Соколов О. С., Данилов Д. В., Білоус О. О., Рубік Г. Автоматизація систем моніторингу та контролю параметрів метаногенезу в процесі анаеробного збродження відходів. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Галузеві проблеми екологічної безпеки – 2022» (27 жовтня 2022). Харків, 2022. С. 225–227.

4. Черниш Є.Ю., Пляцук Л.Д., Чубур В.С., Білоус О.О., Рубік Г. «Біоенергетичні інновації для цілей сталого розвитку». II Міжнародна науково-практична конференція «Екологія. Довкілля. Енергозбереження» присвячена 203-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Україна, Полтава: Збірник матеріалів – Полтава. 2021. – 348-348 с.

5. Білоус О.О., Данилов Д.В., Черниш Є.Ю., Штепа В.М., Балінтова М. «Екологічно безпечне поводження з органічними відходами птахівництва:

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

Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

регіональний менеджмент ресурсів та енергії». II Міжнародна інтернет-конференція «Сучасні проблеми екологічного контролю та аудиту». Україна, Харків: Збірник тез доповідей – Харків. 2022. – 14-16 с. [5];

6. Наукова робота «Co-digestion of poultry litter with cellulose containing substrates» («Спільне збродження пташиного посліду з целюлозовмістними субстратами») в межах проекту «Interuniversity cooperation as a tool for enhancement of quality of selected universities in Ukraine», що фінансується в рамках Співробітництва з розвитку Чеської Республіки (Міністерство закордонних справ).

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата					Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	ТС 22510181				

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДХОДІВ. МЕТОДИ ПОВОДЖЕННЯ З НИМИ

1.1 Характеристика відходів

1.1.1 Визначення відходів

Відходи (сміття) - це будь-які, матеріали та предмети, які утворилися в наслідок процесу використання та виробництва, а також товари, що частково або повністю втратили свої первинні якості і не мають відповідних цільових властивостей за місцем їх основного і подальшого призначення. Відходи можливо класифікувати за багатьма критеріями [6]:

1. Джерелами походження:

— побутові відходи (утворюються внаслідок щоденної діяльності в побуті)

[7];

— промислові відходи (утворюються в процесі діяльності підприємств та виробничих процесів) [8];

— будівельні відходи (утворюються внаслідок процесу будівництва, реконструкцій та демонтажу споруд);

— небезпечні відходи (такі відходи, які можуть містити в собі шкідливі або небезпечні речовини (наприклад, медичні, радіоактивні відходи)).

2. Небезпечні відходи класифікують за ступенем небезпеки:

— I клас — надзвичайно небезпечні;

— II клас — високо небезпечні;

— III клас — помірно небезпечні;

— IV клас — мало небезпечні.

Побутові відходи займають найбільшу частку від загальноутворених відходів, бо мають наступні фактори: великий щоденний обсяг споживання

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

10

товарів населенням, зростаюча кількість населення та рівень життя. До того ж, методи боротьби з побутовим сміттям є найменш розвиненими, в порівнянні з методом управління з іншими відходами. Для прийняття рішень, з подальшим їх поводженням, необхідно визначити їх вміст. Дослідження, що проводились по всій країні, свідчать про наступний приблизний склад міських твердих побутових відходів [9-11]:

- папір та картон: 5,9 %;
- харчові відходи: 39,5 %;
- скло та скловмісні матеріали: 7,4 %;
- метали: 2,5 %;
- пластик: 7,9 %;
- деревина: 1,1 %;
- гума та шкіряні вироби: 1,4%;
- текстильні вироби: 2,9%;
- каміння: 1.1 %;
- відсів: 25,3%
- небезпечні відходи: 0,6%;
- будівельне сміття: 3,9%

1.1.2 Причини утворення відходів

Головним чинником, який сприяє виробленню відходів є збільшення кількості населення – через зростання попиту збільшується кількість пропозицій, що прямо впливає на збільшення виробленню товарів, яке призводить до більшого утворенню обсягу відходів.

Розвиток економіки і промислових галузей також сприяють підвищенню виробництва товарів та послуг [12]. Якість товарів, які отримують люди, може мати короткий термін експлуатації та не мати властивостей вторинної сировини, що призводить до швидкого застаріння, викидання його у смітник, без можливості

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

повторної переробки, що також несе вагомий вплив на кількість утворених відходів.

Наступною проблемою є використання одноразових товарів (наприклад, пластикові стаканчики для кави та чаю в кавових апаратах в маркетах або міні-кав'ярнях) та упаковувальних матеріалів (пластикові та целофанові пакети, поліетиленові плівки для зберігання і транспортування маленьких порцій нарізних овочів або фруктів), що дає великий внесок у нагромадження об'єму утвореного побутових або промислових відходів. Відсутність або недосконалість систем вторинної переробки сприяє накопиченню сировини на звалищах, що перешкоджає її переробленню і створює додаткове навантаження на сміттєвих полігонах.

Саме через ці причини, виникає завдання дослідити утворенні відходи, та безпечно переробити або утилізувати їх, для зменшення навантаження на навколишнє середовище та підтримку Цілей Сталого Розвитку.

1.1.3 Об'єми утворення відходів

Утворення відходів – це світова проблема. Їх кількість зростає щорічно [13]. В Україні, в період з 2016 року до 2020, об'єм їх утворення стрімко збільшувався: від 295,9 млн тон до 465,4 млн тон. За такою кількістю відходів йде наступна проблема: поводження з ними. Найбільш поширеним способом є їх зберігання та захоронення на сміттєзвалищах. І результатом цього підходу стало нагромадження таких полігонів сміттєзвалищ загальним об'ємом сміття 15 млрд 635,3 млн тон. Іншими, менш популярними способами поводження є наступні механізми: утилізація, спалення, видалення відходів у спеціально відведених об'єктах. Детальні графіки утворення і поводження з відходами наведені на рисунках 1.1 та 1.2. [13].

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

12



Рисунок 1.1 – Динаміка поводження з відходами в період з 2010 по 2020 роки в Україні

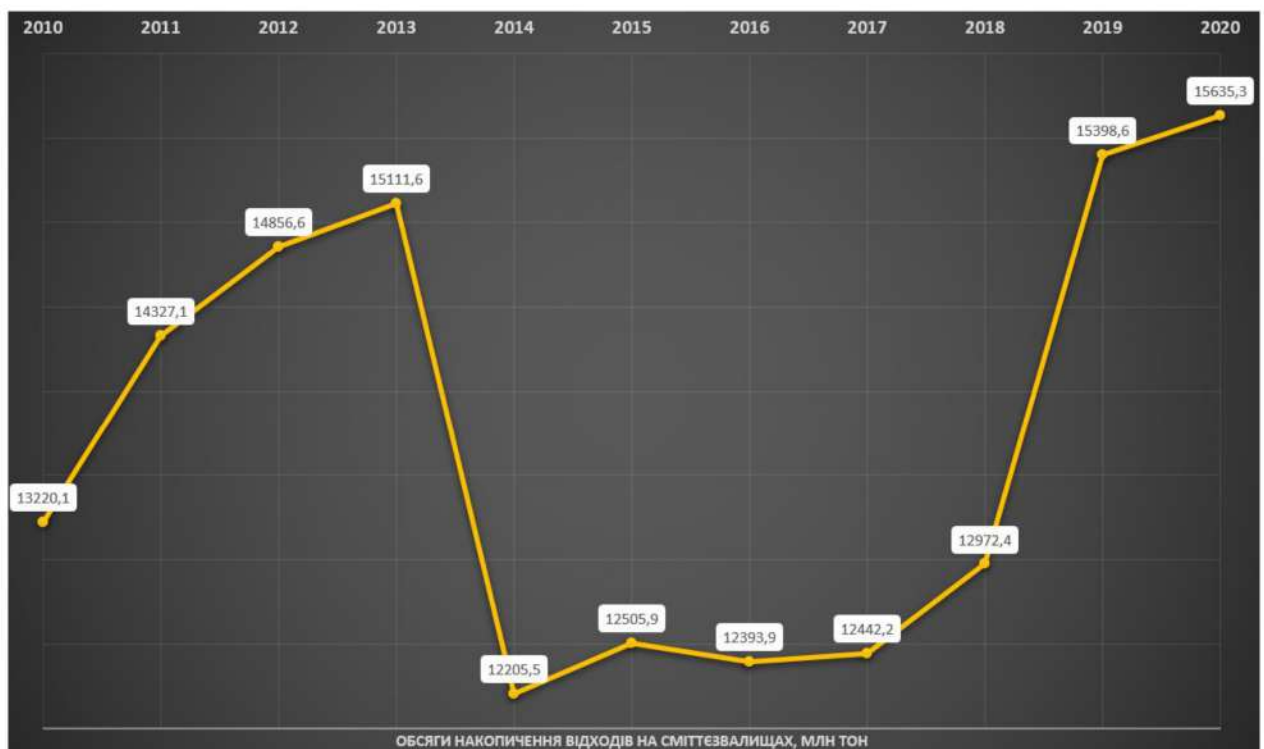


Рисунок 1.2 – Динаміка обсягів накопичення відходів в період з 2010 по 2020 роки в Україні

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510181

1.1.4 Боротьба з утвореними відходами

За думкою фахівців, будь-які відходи, що утворилися, повинні бути утилізовані або видалені на спеціальних об'єктах.

Механізми управління побутовими відходами в розвинених країнах світу включають в себе комплекс заходів, таких як вторинна переробка відходів, використання сміттєспалювальних заводів і роботу з смітниками. В таких країнах, практика управління відходами демонструє, що головний акцент робиться на переробці відходів з метою отримання вторинних сировинних матеріалів, при цьому спалювання та захоронення вважаються найменш бажаними методами обробки. Головними країнами з переробки відходів є Швеція, Швейцарія, Німеччина та Австрія. Прикладом застосування вторинних ресурсів є: використання їх для опалення будинків, утворення електроенергії, виготовлення альтернативних органічних палив, виробництва предметів домашнього вжитку, будівельних матеріалів (з використанням пластику), виготовлення газетного та туалетного паперу, тканин та інших виробів [14].

1.2 Огляд методів поводження з відходами

Розглянувши використання відходів як вторинної сировини в країнах Європи, дослідимо методи поводження з відходами в Україні. Найпопулярнішими методами є наступні: захоронення, переробка вторинної сировини, сміттєспалення, компостування [14].

1.2.1 Захоронення відходів

Захоронення – метод поводження з відходами, який включає в себе закладення їх під землю на спеціальних сміттєзвалищах або полігонах [15]. Даний метод застосовується для відходів, які не мають властивостей вторинної сировини

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

14

та не підлягають повторному використанню [16]. Схема реалізації захоронення відходів зображена на наступній схемі:



Рисунок 1.3 - Схема реалізації сміттєзвалищних полігонів

З позитивних якостей, захоронення має наступні переваги: дешевизна, адже метод захоронення є найдешевшим, у порівнянні з іншими існуючими механізмами поводження. Використання закритих полігонів можуть слугувати місцем, яке буде мати інше призначення (наприклад, облаштування парків або зони рекреації). Також такі полігони, маючи інженерні захисні споруди, зменшують негативний вплив на поверхневі та підземні води, маючи системи

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

очистки та обробки стічних вод. І на останок, вони є єдиним місцем для зберігання відходів, повторне використання яких не є можливим.

До недоліків відносяться ризики забруднення навколишнього середовища, внаслідок неякісного облаштування захисними спорудами або відсутністю належної моніторингової системи за утвореними викидами та скидами. Через велику популярність даного методу, відсоток вмісту якісної вторинної сировини в складі сміття, що міститься на полігонах, є дуже великим, бо інші методи внаслідок низької поширеності мають дуже низький розвиток, через це, втрачається потенціал переробки утвореного сміття на стадії збору та вивезення, а також з'являється можливість утворенню додаткових забруднень (наприклад, утворення токсичних речовин або біологічних патогенних та паразитичних організмів). Також, через довгий термін експлуатації, прилеглі до сміттєзвалища території, можуть бути насичені неприємним забрудненим повітрям. Через цю купу небезпечних для живих організмів та ландшафтів загроз, даний метод, в сучасному світі, втрачає свою популярність. Але, кількість існуючих працюючих полігонів в Україні залишається досить високою: офіційно налічується 5 455 діючих сміттєзвалищ і полігонів, площею понад 8 500 га [17]. Однак, варто зазначити, що в Україні також існує понад 33 000 діючих несанкціонованих сміттєзвалищ [18].

1.2.2 Переробка вторинних відходів

Даний процес характеризується повторним використанням матеріалів або виробів, які були попередньо відновлення з відходів [19]. Даний процес включає в себе збір сировини, її сортування, очистку та кінцеву переробку для створення нового продукту. Через недостатню популярність такого методу в Україні, сировину для заводів з вторинної переробки доводиться імпортувати з сусідніх країн [20]. Схема функціонування даного методу зображена на рисунку 1.4:

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

16



Рисунок 1.4 – Схема переробки вторинних відходів

Щодо переваг, які надає переробка відходів, належить наступне:

- зменшення обсягу надходження відходів до сміттєзвалищ, а також зменшення навантаження на навколишнє середовище і сприяє принципам сталого розвитку;

- збереження природних ресурсів, завдяки використанню вторинної сировини, через що зменшується потреба у видобутку і споживанні нових ресурсів;

- для переробки вторинної сировини, необхідно надати значно менше енергії, ніж для первинної обробки природних ресурсів, з яких буде виготовлений той самий виріб [21, 22];

- переробка вторинних ресурсів сприяє створенню нових підприємств, що створює потребу в нових робочих місцях, розвиток економіки, та дослідження існуючих непереробних відходів, з метою дослідження наявності в них якостей вторинної сировини;

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

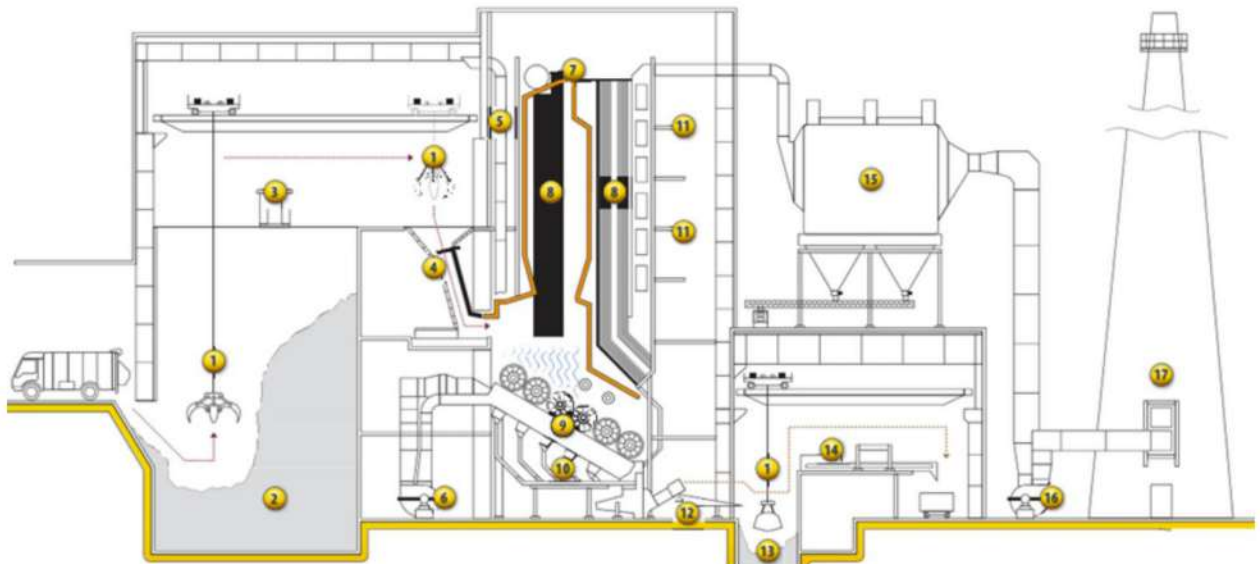
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510181

До недоліків відносять вибірковість сировини, адже певні відходи можуть містити в собі домішки, що буде впливати на якість кінцевого продукту. Також є вартість проходження процесу переробки і нижча якість кінцевого отриманого матеріалу

1.2.3 Сміттєвалювальні заводи

Сміттєспалювальний завод (метод термічного відходознищення) – спеціалізована споруда для обробки побутових та промислових відходів шляхом їх знищення методом спалювання високими температурами. Станом, на 15 лютого 2022 року, єдиним працюючим таким підприємством є завод «Енергія», який знаходиться в місті Київ (рис. 1,5) [23, 24].



1 – транспортувальні крани; 2 – зберігання відходів; 3 – кабіна управління краном; 4 –воронка; 5 – вентиляційні шляхи; 6 – вентилятор повітря; 7 – котел; 8 – відведення тепла; 9 – валкова решітка котла; 10 – лійки для відведення шлаку; 11 – майданчик для обслуговування; 12 – похилий транспортер; 13 – бункер шлаку; 14 – лінія металовідбору; 15 – електрофільтр; 16 – димосос; 17 – димова труба.

Рисунок 1.5 – Схема функціонування заводу «Енергія»

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510181

Працює даний завод наступним чином: сміття, яке транспортують перевізники, скидають та зберігають у бункері ТВП (2), де воно знаходиться протягом 2 тижнів (для видалення вологи). Після пройденого терміну, крани (1) перекладають висушене сміття лійок-воронок (4), звідки воно поступає в котел (7). У котлі знешкоджуються всі небезпечні речовини, які могли випадково потрапити до ТПВ (батарейки, термометри), при температурі 800-850 градусів. Інколи температура може сягати 1000-1100 градусів. При таких умовах, всі фурані та діоксини знешкоджуються за 2 секунди. Ртуть, Кадмій і Натрій плавляться, і залишається утримуються у вигляді газів. Залишки, які не вдалось спалити, в газоподібному стані (пил) потрапляють в трубу (17), але більша частина цих забруднювачів утримується електрофільтрами (15).

До переваг даного заводу відносять:

- необов'язкове сортування сміття;
- контроль за відходами;
- в результаті використання високих температур, з сміття утворюється незначна кількість золи та шлаку;
- відходи, які спалюються – цінний енергетичний ресурс (1 тонна відходів замінює 350 кг антрациту);
- завод виробляє теплову енергію і постачає гарячу воду до прилеглих будинків. Існує також можливість встановлення турбіни, для вироблення електроенергії.

Але має наступні недоліки: об'єктивно визначити рівень забруднення неможливо, тому даний завод може викидати токсичні забруднюючі речовини, які складно виявити. Другим мінусом є розміщення заводу в близькості з жилим кварталом, тому дане підприємство може негативно пливати на здоров'я людей. Останнє – наявність застарілого обладнання очистки викидів, яке потребує модернізації за сучасними вимогами

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

1.2.4 Компостування відходів

Компостування – природний процес розкладання органічної сировини, з утворенням кінцевого продукту – компосту, що є поживним на речовини субстратом, який використовується для покращення якості земель в господарствах [25, 26]. Загальна схема проходження процесу зображення на рисунку 1.6:



Рисунок 1.6 – Схема проходження процесу компостування

Процес компостування має численні переваги:

- допомагає зменшити обсяги органічних відходів на сміттєзвалищах;
- компост покращує якості ґрунту, що призводить до більшої врожайності та зменшує потребу в хімічних добривах;
 - дозволяє заощаджувати кошти на вивезені та переробці сміття, і придбанні добрив;
 - правильне проходження процесу компостування знижує навантаження на атмосферне повітря (відсутність викидів парникових газів) та підземні води (запобігає їх забрудненню).

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	TC 22510181	Арк
						20
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

До недоліків компостування відносять його дуже тривале проходження процесу, яке ще й залежить від умов оточуючого середовища та сировини, обмеженість лише органічними відходами, потребує відповідного управління та догляду, що включає в себе регулярне перемішування та контроль вологості, потребує спеціально облаштований простір, може мати неприємні. Але, незважаючи на ці недоліки, компостування є екологічно чистим і корисним методом поводження з органічними відходами та збереженням природних ресурсів.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	<i>ТС 22510181</i>	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		21

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНИХ СТЕНДІВ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ БІОЛОГІЧНИМ МЕТОДОМ

2.1 Матеріали дослідження

2.1.1 Дослідження пташиного посліду

Для дослідження біологічного методу переробки відходів був обраний пташиний послід як контрольна сировина. Пташиний послід являє собою найцінніший продукт за вмістом поживних речовин та є найбільш доступним [27]. Елементарний склад залежить від виду птиці, її віку, умов вирощування та годування, типу корму тощо. Метаболіти з тіла курки виводиться у вигляді суміші сечі та калу, утворюючи сіро-зелену масу, з пористою структурою. При відкритому способі зберігання, фекалії швидко застигають та виділяють неприємний запах [28].

У складі посліду часточки розміром до 1 мм. Важливим фактором також є наявність поживних речовин у водорозчинній формі. Свіжий послід птиці містить до 6% нітрогеновмісних сполук, до 5% фосфоровмісних, 3% Калію, Магнію та інших елементів [29, 30]. За вмістом хімічних речовин, пташиний послід перевершує будь-яку органічну сировину, отриману від інших тварин (великої рогатої худоби, свиней, овець, кіз та інших) [31, 32]. Ми використовуємо саме твердий перепелиний послід, який представляв собою гомогенізовану порошкоподібну суміш темно-коричневого кольорову з жовто-сірим відтінком (рис. 2.1). Середня вологість отриманої досліджуваної сировини складала 75%, кислотність посліду, розчиненого у воді, коливалась від 8 до 9 одиниць.

Схематично, властивості пташиного посліду зображені на рисунку 2.2.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

22



Рисунок 2.1 – Перепелиний послід у твердому вигляді



Рисунок 2.2 – Властивості пташиного посліду

Підп. і дата	
Інв. № добул.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № добул.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

23

2.1.2 Дослідження фосфогіпсу

Фосфогіпс – сірий, вологий дрібнозернистий матеріал з максимальним розміром зерна від 0,5 до 1,0 мм (рис. 2.3). Вміст води зазвичай коливається від 8 до 30% [33]. На його щільність, міцність, стисливість і проникність впливають спосіб утилізації і глибина в штабелі. Через однорідність частинок фосфогіпсу процес стиснення призводить до ущільнення матеріалу з плином часу [34]. Також фосфогіпс майже нерозчинний у воді. Рівень рН відвального фосфогіпсу залежить від свіжості насипної тераси, рН у відвалах Сумської області варіюється від 5,0 до 7,7 одиниць.

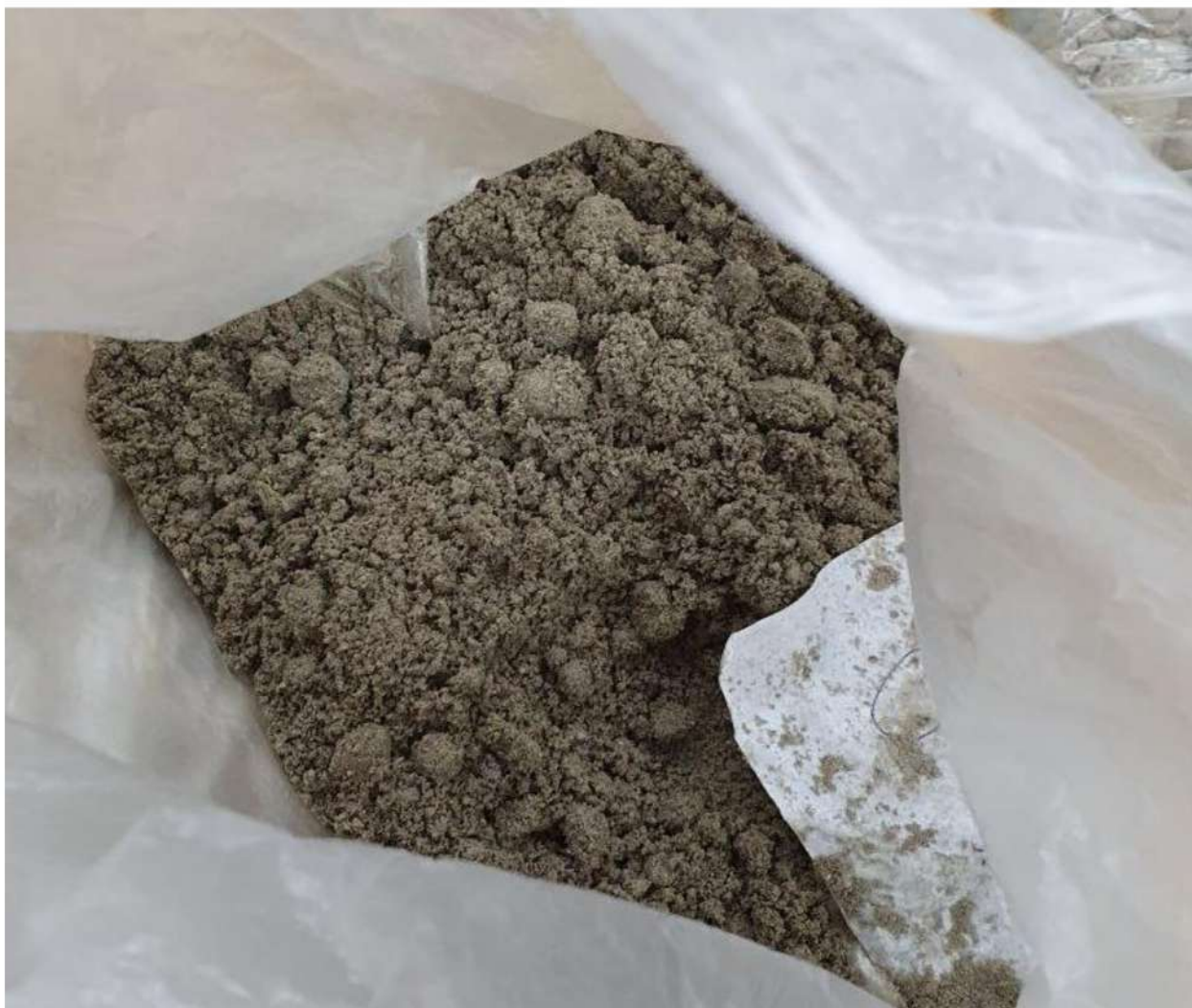


Рисунок 2.2 – Фотокартка свіжого фосфогіпсу

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

24

Фосфогіпс формується переважно з фізичного піску, в якому міститься кальцій – до 30%, сірка – до 25%, фосфати – до 5%, кремній – до 0,3% і різні мікроелементи [35]. Незважаючи на високий вміст органічних речовин, в фосфогіпсі так само знаходяться і токсичні елементи такі як: стронцій, фтор, кадмій, свинець, хлор.



Рисунок 2.4 – Фотокартка обробленого фосфогіпсу ультразвуковим апаратом

Також фосфогіпс містить неорганічні і органічні, водорозчинні і водонерозчинні сполуки, адсорбовані на поверхні кристалів і вбудованих в

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк
25

кристалічну решітку елементи, а також можуть міститися радіоактивні речовини і рідкоземельні елементи.

Властивості фосфогіпсу залежать не тільки від вмісту домішок, але і від їх розподілу в побічних продуктах. Домішки в фосфогіпсі можуть статично розподілятися в шлам, адсорбуватися на поверхні кристала або потрапляти в кристалічну решітку. Зокрема, істотна відмінність властивостей фосфогіпсу від природних мінералів пов'язано з утворенням твердих розчинів.

У більшості випадків фосфогіпс отримують за гідратною технологією, при якій взаємодія температури і концентрації реагенту сприяє утворенню кристалогідрату сульфату кальцію з переважно двома молекулами води. У гідратній системі фосфогіпс кристалізується відносно повільно, в результаті чого утворюються великі добре промиті кристали. Зміна параметрів процесу, складу і вмісту домішок будуть впливати на умови кристалізації і властивості фосфогіпсу.

Методом розчинної електронної мікроскопії ISP-MS аналізу, було визначено елементний склад фосфогіпсу, отримані дані наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Елементний аналіз складу фосфогіпсу

Хімічний елемент	Кількість речовини у складі фосфогіпсу, мг/г	Хімічний елемент	Кількість речовини у складі фосфогіпсу, мг/г
Сульфур	133,773	Гадоліній	0,029
Кальцій	277,550	Самарій	0,029
Силіцій	6,440	Барій	0,024
Натрій	4,293	Ербій	0,023
Фосфор	1,835	Диспрозій	0,021
Алюміній	0,335	Цинк	0,017
Заліз	0,366	Хром	0,010
Церій	0,217	Арсен	0,007
Неодим	0,155	Кадмій	0,005
Лантан	0,150	Купрум	0,005
Магній	0,050	Плюмбум	0,004
Празеодим	0,037		

Підп. і дата
Інв. № добул.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № добул.

Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510181

Арк

26



Рисунок 2.5 – Відвали фосфогіпсу

2.1.3 Дослідження біочару

Біочар, або біовугілля (рис. 2.6) – продукт, яка утворюється внаслідок піролізу та дегазації деревини в безкисневих умовах (вміст кисню від 0 до 2 %) [36, 37] За своїм складом – це високовмісна вуглецева речовина (вміст Карбону становить 93 – 99 %) (рис. 2.7) [38]. Даний продукт має мікропористу структуру, яка утворюється під час високотемпературної обробки (від 600 до 1000 °С) і має багато капілярів, які додають велику площу робочої поверхні. Це додає властивість адсорбувати різні речовини з розчинів (розчинені речовини і газоподібні). Завдяки своїм властивостям, його використовують для досягнення наступних цілей: зв'язування та утримання вуглецю, знезараження територій,

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

27

фільтрування ґрунту та води, добриво для ґрунту, адсорбування викидних газів та у вигляді біопалива [39, 40].



Рисунок 2.6 – Фотокартка біочару

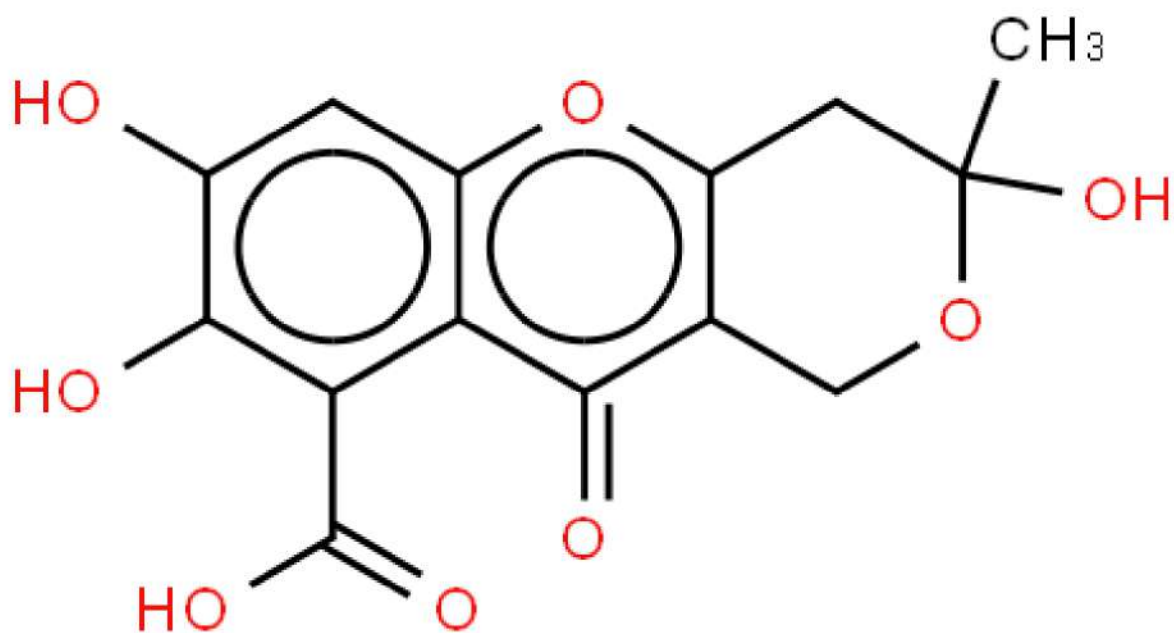


Рисунок 2.7 – Структурна формула біочару

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

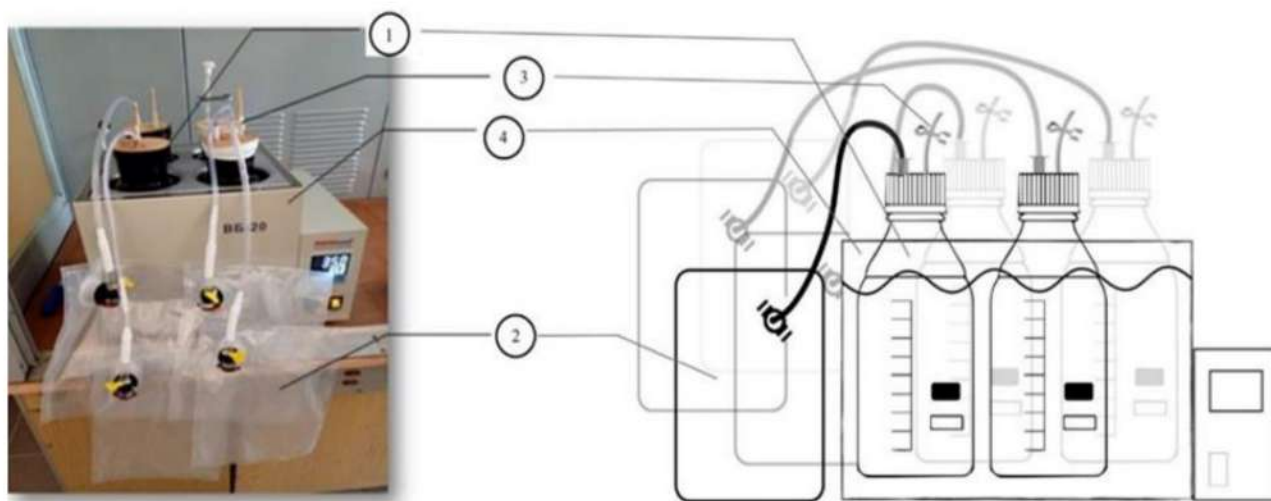
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510181

2.2 Експериментальні стенди дослідження процесу анаеробного збродження

2.2.1 Лабораторний експериментальний стенд №1

Перший лабораторний стенд представлений на рисунку 2.8. Він складається з водяної бані (4). Вона необхідна для підтримки сталої температури в реакторах. В середині бані одночасно знаходились 4 біореактори (1), які являють собою герметичні ємності з хімічно стійкого скла. У цих реакторах одночасно може проводитись декілька серій експериментів. Біогаз, що утворюється в процесі збродження, збирався у газонакопичувальні пакети (2) (рис. 2.9) за допомогою газовідбірних трубок, які знаходяться у кришках реакторів. Також в цих кришках є спеціальні патрубки (3), для відбору рідкої фази субстрату, щоб розуміти, як змінюються параметри сировини і контролювати хіміко-фізичні процеси збродження.



1 – біореактори; 2 – газонакопичувальні пакети; 3 – отвори з патрубками для газових трубок і трубок для відбору рідкої фази; 4 – водяна баня

Рисунок 2.8 – Перша експериментальна установка з біореакторами

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510181

Арк

29



Рисунок 2.9 – Процес накопичення та зберігання біогазу в пакетах

2.2.2 Лабораторний стенд ультразвукової обробки

Система ультразвукової обробки (рис. 2.10) влаштована наступним чином. Рідина, що підлягає обробці, потрапляє в обробний корпус через вхідний отвір. Рідину необхідно заливати вручну. Надалі, вона рівномірно розподілилася по всій площі поперечного перерізу корпусу. Під час роботи апарату, генеруються ультразвукові коливання. Напрямок поширення ультразвукових коливань перпендикулярний до гладкої поверхні переходу. Таким чином, у внутрішньому об'ємі корпусу генерується ультразвукове поле з необхідною і достатньою інтенсивністю для створення і підтримки режимів розвиненої кавітації у всьому об'ємі простору між стінками установки і поверхнею радіатора.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510181

Арк

30



Рисунок 2.10 – Установка ультразвукової обробки

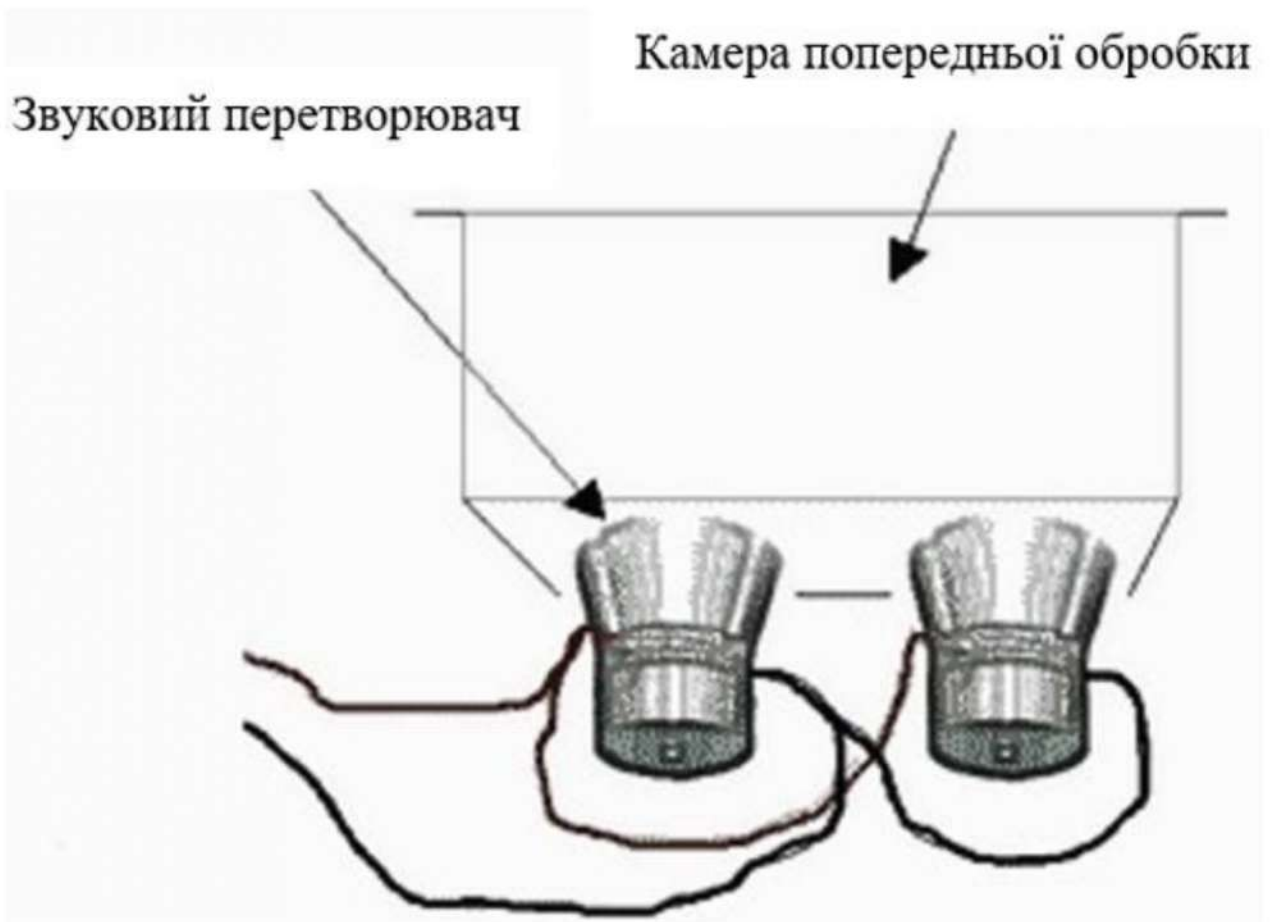


Рисунок 2.11 – Схема ультразвукового апарату

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510181

2.2.3 Лабораторний експериментальний стенд №2

Другим лабораторним стендом є інкубатор (рис. 2.12). Це теплоізолюваний корпус, який в середині мав 2 нагріваючих елемента та систему терморегуляцію, яка давала змогу підтримувати сталу температуру протягом необхідного часу. Одночасно, в інкубаторі знаходилось 2 біореактори. Вони також були створенні з хімічно стійкого скла, але за своїм матеріалом походження були прозорі, тому було вирішено обгорнути їх декількома шарами фольги, що у свою чергу дало кращу термоізоляцію біореакторам. Ці біореактори також мали отвори для газовідбірних трубок (зверху), що дає змогу накопичити та проаналізувати газ, і знизу знаходились патрубки для відбору і аналізу рідкої фази.

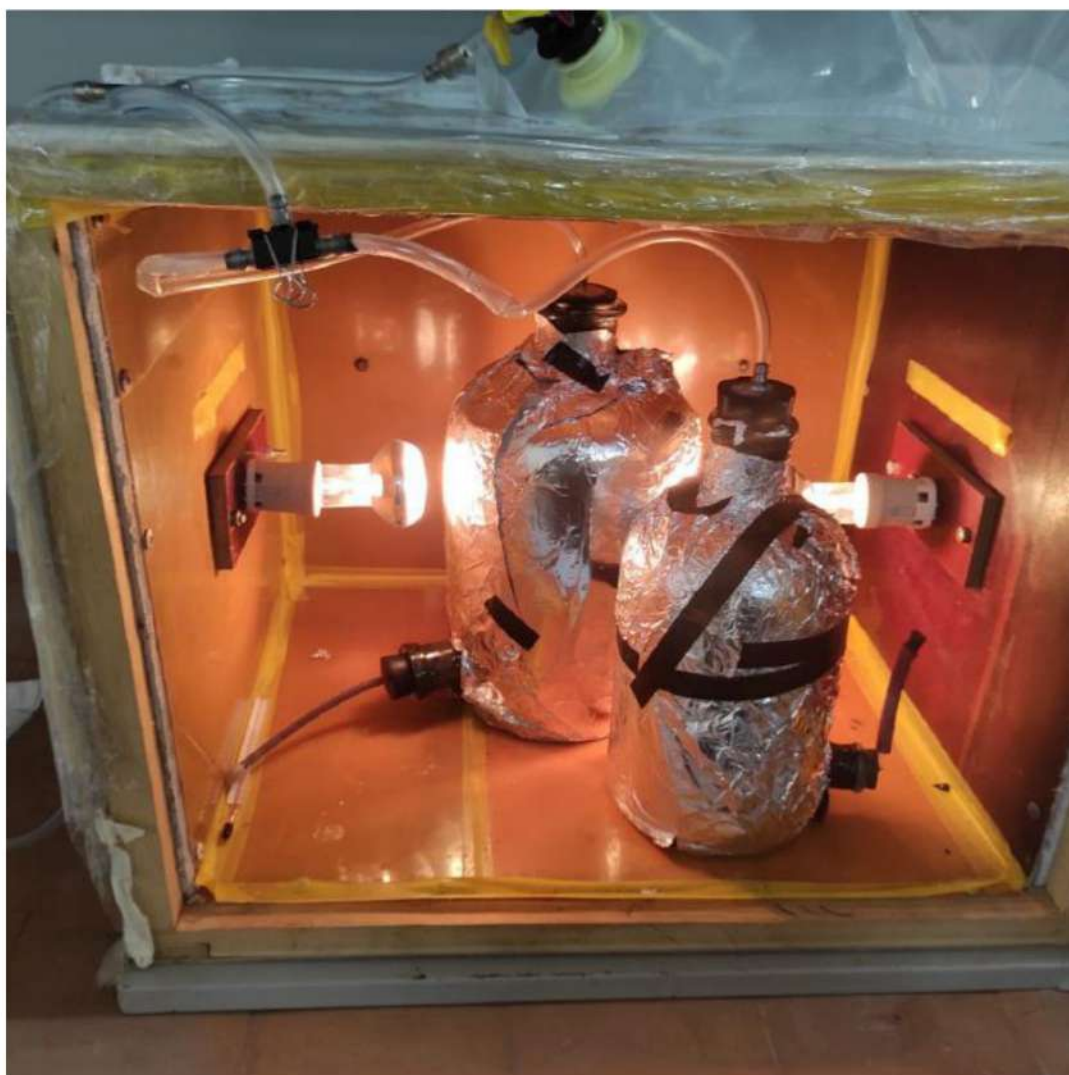


Рисунок 2.12 – Друга експериментальна установка з біореакторами

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

2.3. Експериментальний стенд з автоматизації моніторингу процесу збродження

Методи спостереження та контролю мають відповідати сучасному рівню дослідження проходженню процесу збродження. Адже важливою частиною його є гармонійне функціонування робочих груп мікроорганізмів. В кожному процесу збродження відбуваються процеси утворення інгібуючих та токсичних речовин, які перешкоджають ефективному проходженню. Були проведені досліді, які вивчали зміну характеристик параметрів під час проходження процесу та були попередньо встановленні: кислотність, окисно-відновний потенціал, мінералізація сировини. Вони характеризують стан процесу і їх значення використовують для його моніторингу [3]. Знання інформації про ці дані дає змогу оцінити стан проходження процесів мікробіологічної обробки у біореакторі.

Моніторинг, як метод управління процесом, забезпечить стабільність та ефективну роботу процесу. Завданням автоматизації моніторингу є розробка нових та вдосконалення існуючих механізмів спостереження, які вчасно попередять про зміну балансу в реагуючому середовищі [41].

Під час проведення однієї з серій експериментів стався прикрий випадок: біогаз перестав утворюватись одразу після початку процесу метаногенезу. Це стало поштовхом для створення автоматичної системи моніторингу для виявлення та попередження ризиків у майбутніх серіях експериментів. Також це дасть змогу робити зміни в проходженні збродження сировини, отримуючи динаміку процесу, що допоможе позитивно або негативно оцінити створену зміну.

Для моніторингу зміни характеристик параметрів досліджуваного процесу збродження, було розроблено та створено експериментальну автоматизовану установку (рис 2.13), схема якої наведена на рисунку 2.14.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

33

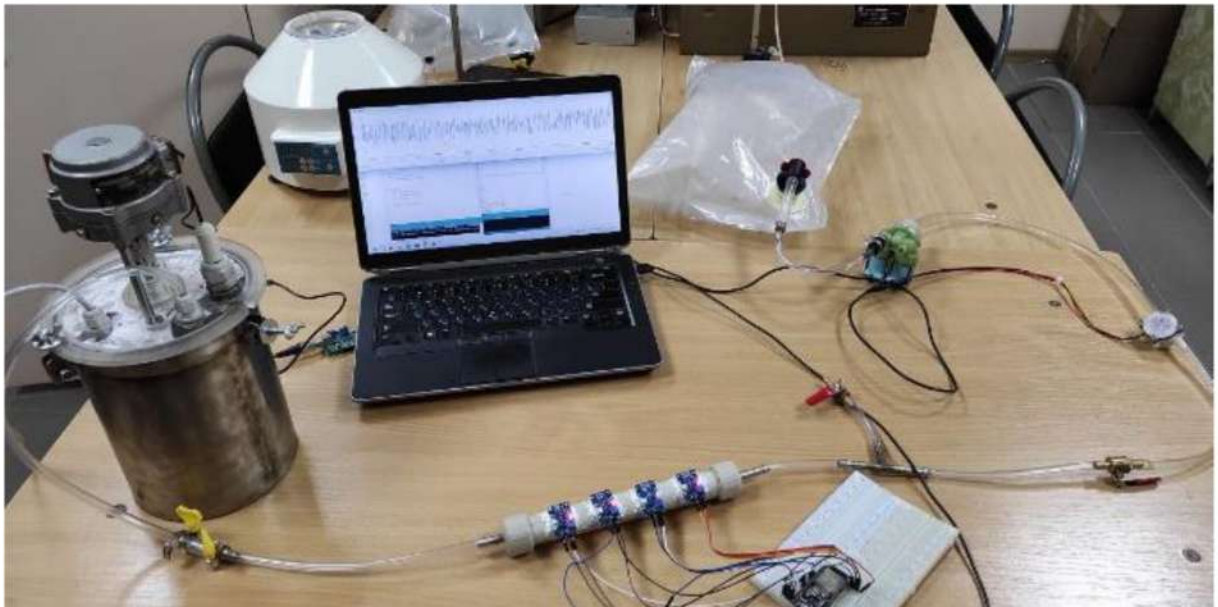
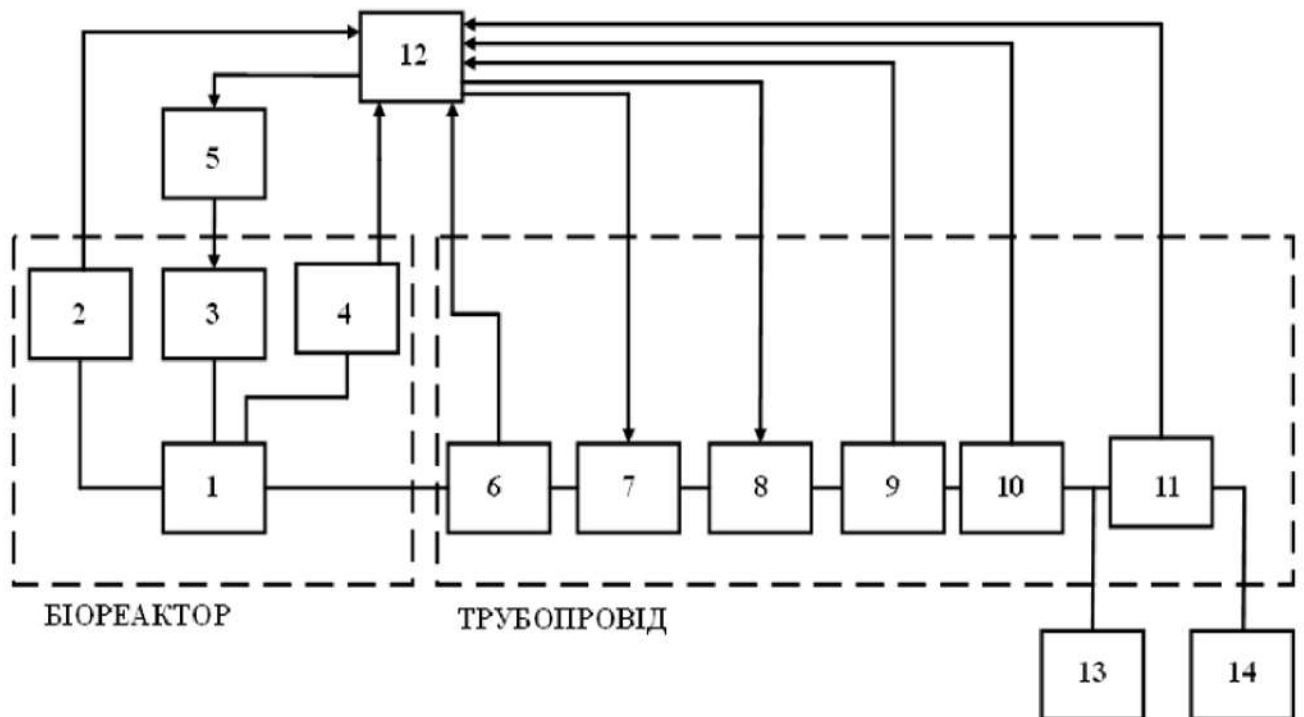


Рисунок 2.13 – Експериментальний стенд з автоматизацією моніторингу



1 – реактор; 2 – датчик кислотно-лужного балансу; 3 – джерело постійного струму; 4 – датчик температури; 5 – твердотільне реле; 6 – аналізатор газу; 7, 11 – електричні клапани; 8 – компресор; 9 – датчик виміру швидкості потоку; 10 – датчик тиску; 12 – блок управління; 13, 14 – накопичувальні ємності для газу

Рисунок 2.14 – Блок-схема автоматизації експериментальної установки

Підп. і дата

Інв. № дубл.

Взаєм. інв. №

Підп. і дата

Інв. № модл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510181

Арк

34

Процес збродження проходить в реакторі 1. Параметри середовища, які в ньому вимірюються – це характеристика рН та температура рідкої фази – 2 і 4. В середині реактора встановлена мішалка періодичної типу дії, яка отримує живлення від джерела постійного струму 3, керованим реле 5. Контроль тривалості обертання регулюється за допомогою блоку управління 12. Газ, що утворюється в реакторі, надходить до газоаналізатору 6 через гнучку газову трубку. Газоаналізатор вимірює якісний та кількісний склад біогазу, на наявність наступним присутніх домішок: метан, монооксид вуглецю, двоокис вуглецю, сірководень, водень та кисень. Проаналізований газ, за допомогою компресора 8, потрапляє до ємності 13. Дана ємність приймає газ за розкладом: один раз за добу. Газова ємність 14 слугує як запасна: коли кількість газу перевищує межу утримання газу в системі, автоматично відчиняється клапан 11, який пропускає утворений газ. Під час його проходження, вимірюється і розраховується його отримана кількість за допомогою датчика виміру витрати 9. Датчик тиску 10 вимірює тиск перекачаного газу в ємності 13 та 14. Автоматичне керування датчиками регулюється блоком управління 12, який збирає отриману інформацію та передає до моніторів та зберігає дані в онлайн-хмарі. Для цього, блок управління під'єднаний до Wi-Fi мережі, що також дає змогу контролювати його дистанційно та цілодобово.

Результатом даного експериментально стенду є схема автоматизації моніторингу, що передбачає контроль основних параметрів проходження процесу збродження, можливість регулювати за необхідністю частоту перемішування сировини, кількісний та якісний аналіз отриманого біогазу, можливість його накопичення для проведення наступних дослідів з ним. Таким чином, дана модель дозволяє проводити моніторинг характеристик параметрів досліджуваного процесу в постійному режимі та робити вчасний вплив на досліджувані показники з метою регуляції їх параметрів для ефективного і стабільного проходження процесу.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДУ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ

3.1 Етапи комплексного методу переробки органічних відходів

При обранні методів, які б могли б покращити процес анаеробного збродження органічної сировини в біогазовому реакторі, були обрані наступні методи обробки сировини та інші, через їх переваги:

1. Механічне подрібнення сировини (подрібнення соломи, гілочок дерев тощо). Завданням цього методу є збільшення площі робочої поверхні сировини.

2. Використання ультразвукової обробки. Цей метод має наступну істотну перевагу: за допомогою утворення ефекту кавітації [42], руйнуються стінки клітин механічним способом, що дає змогу почати етап метаногенезу швидше, пропускаючи етап розщеплення зовнішньої оболонки клітини, отримуючи доступ одразу до вмістилища її. Використання ультразвукової обробки також призводить до нагрівання сировини, що допомагає анаеробним бактеріям швидше почати обробку сировини, адже вони працюють в мезофільному режимі (від 25 до 45 °C).

3. Використання мішалки. Постійне перемішування сировини сприяє рівномірному розподілу речовин і мікроорганізмів в середовищі збродження. Також це запобігає осіданню твердих частинок на дно реактора і утворенню поверхневої плівки, яка б перешкоджала виділенню газової суміші. Перемішування також сприяє постійному перемішуванню газів, що запобігає утворенню зон з концентрацією кисню і допомагає підвищити розчиненню газів у рідині, що є корисним для проходження біохімічних реакцій.

4. Термічне каталізування. Мається на увазі, що від початку і до кінця проходження процесу, температура сировини весь час нагрівається та підтримується на певному розрахованому рівні, адже це забезпечить сталість

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

36

процесу і умови, які необхідні для роботи анаеробних мезофільних метаногенних бактерій.

5. Використання певної групи бактерій. Така група мікроорганізмів вже прилаштована до роботи в певних умовах і з певними сировинними базами.

6. Додавання поживних речовин: фосфогіпсу та біочару. За своїми властивостями, фосфогіпс може взаємодіяти з утвореним аміаком в сировині, утворюючи нову сполуку – фосфат амонію, який є нерозчинним у воді (це допомагає зменшити кількість аміаку, яка буде присутня в робочому розчині та утвореній біогазовій суміші). Також фосфогіпс у своєму складі містить Фосфор, який є важливим макроелементом для росту мікробіологічних організмів та підвищує їх активність. Біочар слугує також як поживна вуглевмісна добавка для метаногенних бактерій, а також слугує для зв'язування метану та інших газів, який залишилися в кінцевому продукті збродження - біогумусі, адже він має пористу структуру, що допомагають абсорбувати різні речовини [43, 44] Також, через свій карбоновий склад, біочар може взаємодіяти з залишковим вуглецем у сировині, захоплювати його та сприяти карбонізації ґрунту. Також він допомагає структурувати землю: поліпшується водоутримання та вентиляція.

7. Коферментація. Завдяки цьому методу, поєднуються різні види органічних відходів (рослинні, тваринні, харчові відходи, стічні води тощо), які слугують як допоміжні субстрати. Вони підвищують процес метаногенерації за рахунок збільшення енергетичної цінності сировини.

3.2 Експерименте дослідження процесу переробки відходів

При поєднанні вищезазначених методів, був створений комплексний механізм переробки органічних відходів, з отримання корисних біопродуктів. На меті дослідження стало доведення ефективності методу ультразвукової обробки сировини та доданих поживних речовин. На рисунку 3.1 та 3,2, можна побачити,

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

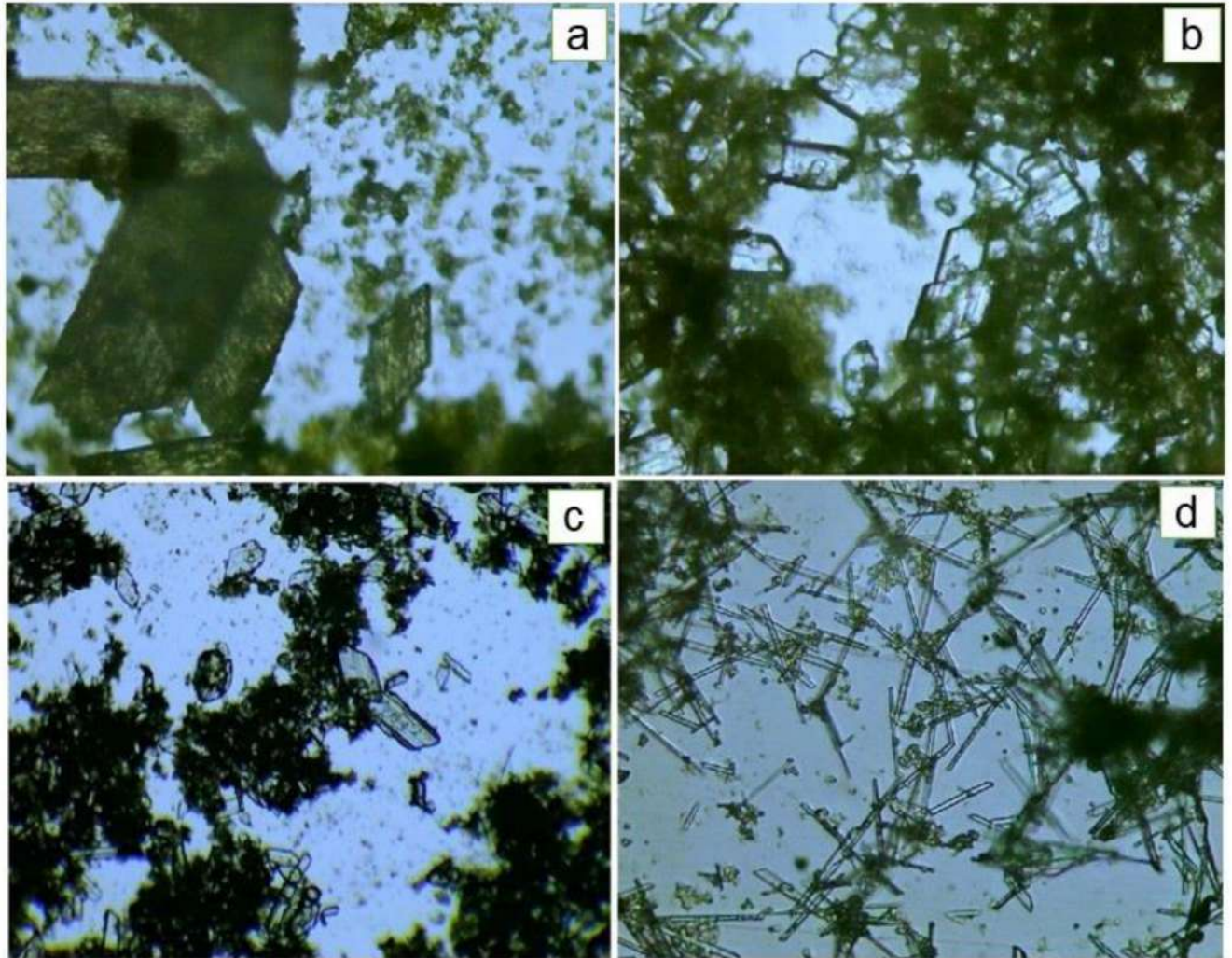
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

37

як впливає ультразвукова обробка на структура кристалів фосфогіпсу та органічну сировину.



а – збільшення 40х, без обробки; б – збільшення 40х, обробка 1хв; с – збільшення 40х, обробка 3 хв, d – збільшення 40х, обробка 6 хв.

Рисунок 3.1 – Мікроскопіювання фосфогіпсу, до і після проходження ультразвукової обробки, концентрацією 5 г на 200 мл води

Результатом обробки пташиного субстрату є те, частинки речовин подрібнюються та гомогенізуються. Результатом обробки фосфогіпсу, яка тривала 6 хвилин, форма кристалів у структурах змінилась, утворивши кристали витягнутої форму з чистого гіпсу. Зазвичай, обробка 3-ма хвилинами в ультразвуковому апараті, достатня для отримання розміру часточок 10 мкм.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510181

Арк

38

Даний час обробки є найбільш правильним, при використанні його в технологічних рішеннях анаеробного збродження, в яких фосфогіпс повинен сягати розрахованих розмірів. В нашому дослідженні розглянутий потенціал застосування ультразвуку, з метою вдосконалити здатність компонентів фосфогіпсу у проходженнях біопроцесів, під час анаеробного збродження. Слід зазначити, що якісний склад фосфогіпсу залежить від сировини та технічного процесу виробництва, і у випадку нашого матеріалу (фосфогіпс з Сумської області), він є прийнятним для використання у якості добавки для збродження органічних відходів, бо не містить радіоактивних елементів, але у своєму складі може містити важкі метали, як в подальшому утворюють сульфідний осад.

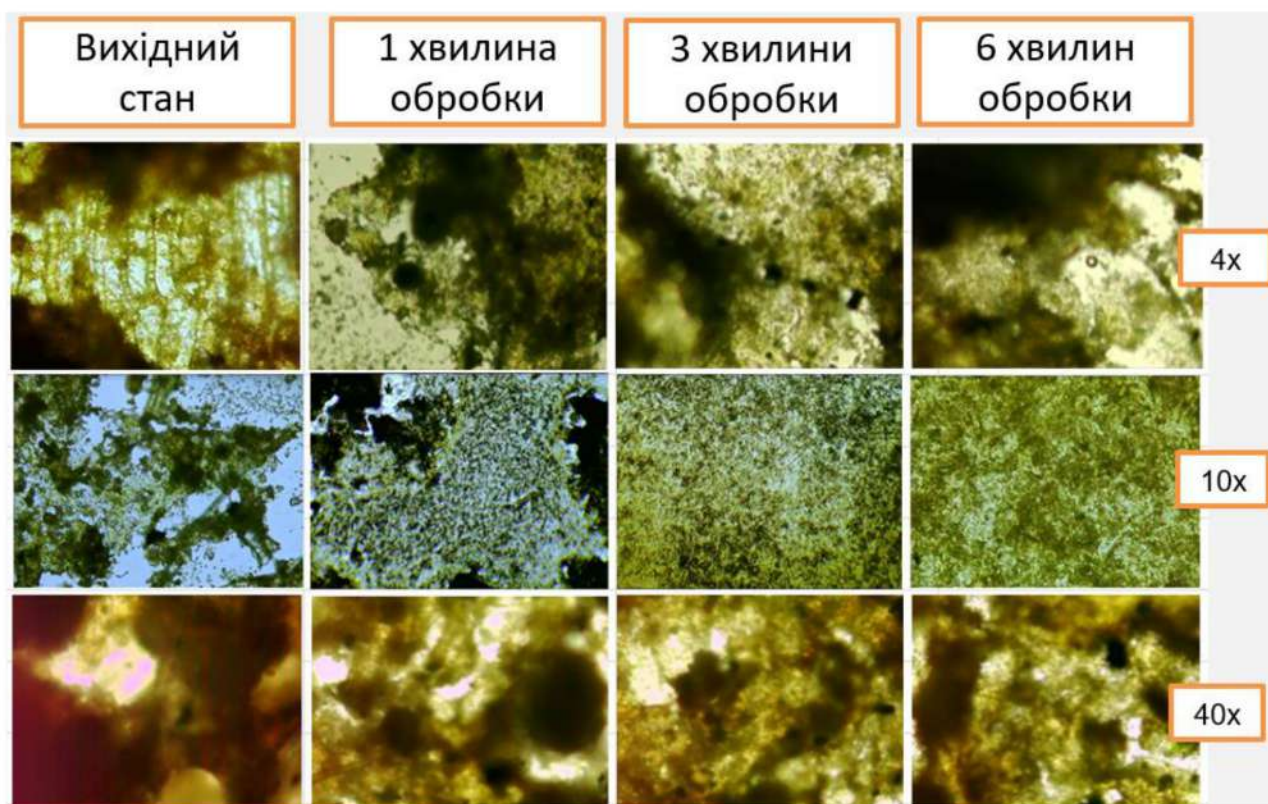


Рисунок 3.2 - Мікроскопіювання пташиного посліду в рідкій фазі

В результаті поєднання методу обробки сировини і фосфогіпсу ультразвуковим апаратом, були отримані наступні результати, наведені на рисунку 3.3:

Підп. і дата
Інв. Недубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неодобл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510181

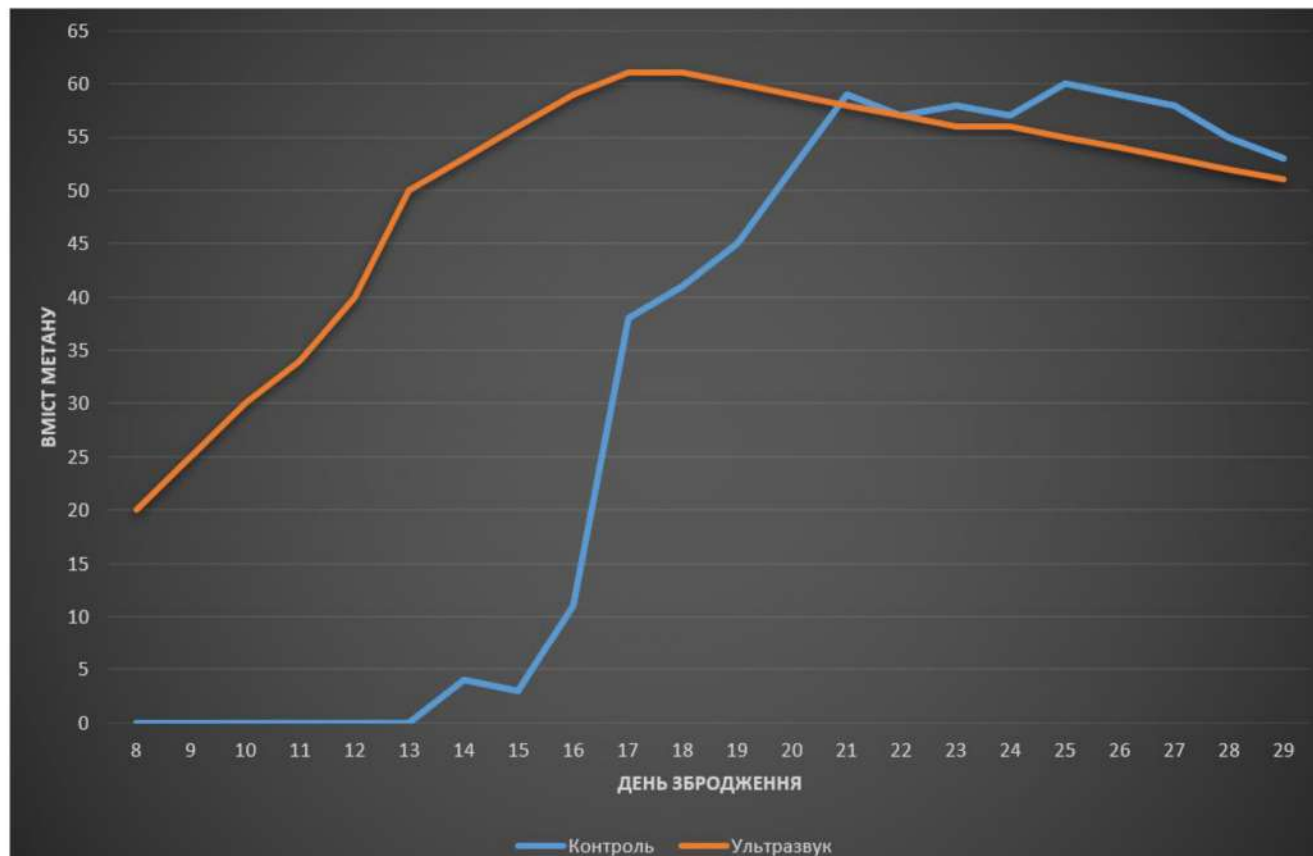


Рисунок 3.3 – Динаміка вмісту метану, в утвореному біогазі, у порівнянні з використанням ультразвукової обробки та без

За результатами порівняння двох систем, яка була стандартною та модернізованою (додавання ультразвукового апарату) видно, що оброблений субстрат почав утворювати біогаз на тиждень раніше (на 8 добу), ніж при звичайних умовах. Також варто підкреслити, що вміст метану одразу почався з 20%, поступово зростав до пікової позиції 61% на 17 та 18 добу, і поступово втрачав кількість метану до кінця завершення експерименту. У контрольному зразку видно, що біогаз почав виділятися на 2 тиждень проведення дослідження, при чому великий вміст метану почався з 18 доба (41%), найвищу концентрацію було помічено на 25 день (60%), після чого також почалось поступове зменшення вмісту метану. Загалом, об'єм метану у обробленому зразку, за весь період, становив 4 980 мл, загальний об'єм біогазу склав 9 800 мл, проти 3 370 мл метану в контрольному зразку, загальний об'єм якого був 7 640 мл. Накопичений газ

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

накопичувався в пакетах і вимірювався його якісний та кількісний склад апаратом BioGas 5000 (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Процес аналізу біогазу газоаналізатором BioGas 5000

Наступним етапом проведення досліджень було порівняння впливу фосфогіпсової добавки для 2 видів субстратів: до пташиного посліду та рослинних решток. Результати цих експериментів зображені на рисунках 3.5 та 3.6.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510181

Динаміка виходу метану (субстрат: пташиний послід)

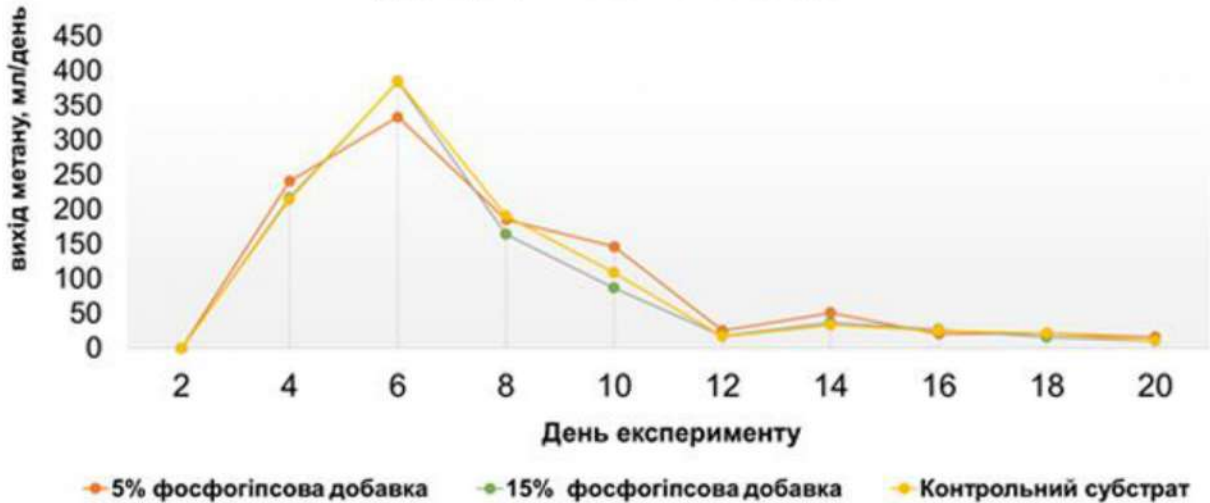


Рисунок 3.5 – Динаміка утворення метану з пташиного посліду

Динаміка виходу метану (субстрат: рослинні рештки)

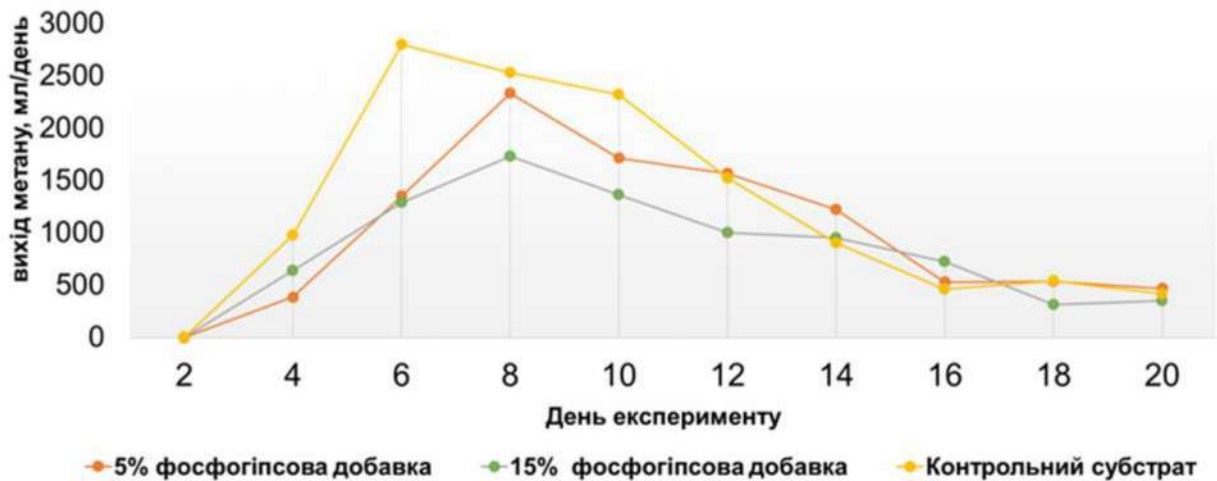


Рисунок 3.6 – Динаміка утворення метану з рослинних решток

З отриманих результатів зроблені наступні висновки: вплив добавок фосфогіпсу до досліджуваних субстратів мав незначний вплив. Були помічені невеликі коливання утворення метану при збродженні пташиного посліду (у порівнянні з контрольним зразком). Також необхідно зазначити, що був помічений незначний вплив при додаванні фосфогіпсу до рослинних решток.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510181

3.3 Технологічна реалізація комплексної переробки відходів на прикладі твердих побутових відходів

Оскільки кількість твердих побутових відходів (ТПВ), за останній час, стрімко зросла, механізми їх обробки та утилізації також повинні модернізуватись. Початковий підхід, який пропонує зберігання відходів на полігонах слід розглядати як проміжний підхід. З екологічної точки зору, зберігання ТПВ на сміттєзвалищах не тільки не полегшує вирішення проблеми, але й завдає додаткових збитків, оскільки звалища є потужним джерелом біологічного забруднення та епідемічної небезпеки.

Головним напрямом з утилізації ТПВ у прогресивних країнах світу є застосування сміттєспалювальних заводів. Розробка та реалізація даного механізму почалась ще в 1960-х роках. У розвинених країнах були побудовані сотні заводів першого покоління, в яких передбачалось просте спалювання відходів з утилізацією тепла. Однак фахівці з охорони середовища виявили, що ці заводи є потужними джерелами викидів забруднюючий речовин в атмосферу: близько 20 видів високотоксичних діоксинів, викидів ртуті та інших важких металів викидались одночасно в атмосферу без їх попереднього видалення. Через ці суттєві недоліки при розробці даних підприємств, виникла необхідність в припиненні їх роботи та переобладнанні. Сміттєспалювальні заводи другого покоління, які набули свого поширення у 1990-х роках, теж не могли забезпечити повне очищення викидів.

Для вирішення вищезазначених проблем, був застосований метод високотемпературного спалювання - піроліз. Його перевага в тому, що кількість забруднюючих речовин, що утворюються внаслідок згорання, стала в 10 разів меншою, і в одночас рештки, що лишались, не містили органічної сировини, тому не здатні до самозаймання і не можуть викликати епідеміологічну загрозу. В даний час, більшість розвинутих країн застосовує даний метод. Наприклад: в Японії спалювалося 82% сміття, в США – 81%, в Данії – 90%. В Україні ж

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

Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

43

спалюється не більше 5%. Попри надані переваги даного механізму утилізації ТПВ, пошуки більш досконалих рішень продовжуються. В Японії досліджують інші шляхи спалення відходів: в печах киплячого шару, пошарове спалювання, низькотемпературна газифікація. Внаслідок пошуку вирішення задачі, були розроблені проекти сміттеспалювальних заводів третього покоління. Вони працюють наступним чином: виконують одно- або двоступеневе спалювання відходів, з невеликою кількістю залишок. За високих температур, знешкоджується переважна більшість забруднюючих речовин, а решта очищається електрофільтрами та скруберами (перший етап), каталітичним знешкодженням газоподібних складових (другий етап) і кінцевим адсорбуванням на твердих шлаках (третій етап).

Існує інший проєкт багатоцільового плавильного апарату безперервної дії. У запропонованій схемі, несортована сировина спалюється в присутності кисню на поверхні нагрітого до 1500 - 1700 градусів шлакового розчину, який утворюється з мінеральної складової сміття. Температура газової фази в механізмі складає 1800 - 1900 градусів. Отриманий шлак періодично зливається з печі. Даний відхід не виділяє шкідливих речовин і може використовуватись при виробленні будівельних матеріалів. Зола, що утворюється, знешкоджується газоочисним апаратом та вертається спеціальними вентиляційними шляхами в плавильну камеру до шлакового розчину і повністю поглинається ним. За кількістю викидів забруднюючих речовин, дана технологія відповідає сучасним нормативам ЄС. Недоліком цього проєкту стала відсутність сортування твердих побутових відходів.

В дану мить, попереднє сортування відходів стало невід'ємною частиною процесу. Даний підхід пов'язаний з тим, що сортоване сміття зменшує навантаження на сміттеспалювальні заводи і забезпечує утилізацію компонентів на 50% більше. При умові, що населення буде власноруч сортувати власні відходи, потреба у сортувальних конвеєрах буде відсутня. Якщо уникати сортування, дане питання вирішується створення комплексу, до якого входить

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

Вид	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

сміттєспалювальний завод із сортувальними лініями та полігоном захоронення відходів, де будуть закладені рештки непридатних для утилізації залишків згорання.

Таблиця 3.1 – Порівняння комплексних методів спалювання відходів

Критерій	ССЗ I покоління	ССЗ II покоління	ССЗ III покоління	КМ з піролізом	КМ багатопільового апарату	КМ з сортування сміття
Робоча температура	500-600 °C	500-600 °C	800-900 °C	800-900 °C	1500-1700 °C	800-900 °C
Наявність кисню	Так	Так	Так	Ні	Так	Так
Очищення викидів	Ні	Так	Так	Ні	Ні	Так
Вміст ЗР	Надзвичайно великий	Значно великий	В межах норми	В межах норми	В межах норм	В межах норми
Потреба у сортування відходів	Ні	Ні	Ні	Ні	Ні	Так

3.4 Технологічна реалізація комплексної переробки відходів на прикладі агропромислових відходів

Модернізована біогазова станція влаштована наступним чином: вона складається з 7 блоків (рис. 3.7). Перший та другий блоки відповідають за отримання та попередню обробки сировини. Третій блок перероблює сировина на біогаз. Блоки 4 і 5 (перша та друга частини) оброблюють та зберігають кінцеві продукти збродження.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510181

Арк

45

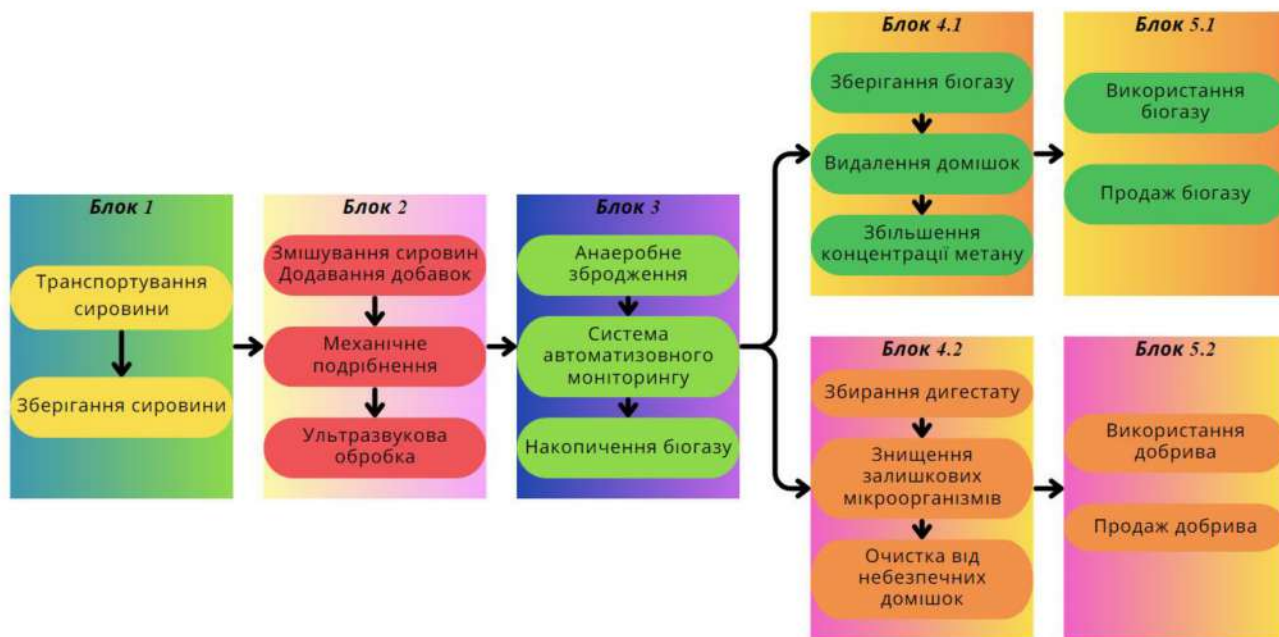


Рисунок 3.7 – Схема етапів функціонування біогазової установки

Розглянемо принципи роботи кожного блоку детально:

Блок 1. Метою даного блоку є отримання і складування сировини. Тут розташовані контейнери, цистерни тощо, в яких знаходиться привезена сировина для її переробки (це можуть бути харчові відходи з ресторанів, сільськогосподарські відходи такі як навоз та гній, лісові відходи такі як гілки та листя, стічні води та інші джерела органічних відходів). Після накопичення достатніх їх об'ємів, вони транспортуються до блоку 2.

Блок 2. Даний блок слугує попередньою обробкою сировини та аналізом її складу. Для рослинних відходів (листя, солома, сіно, гілки дерев тощо) необхідно провести механічне подрібнення, для збільшення площі робочої поверхні. Після цієї обробки, для покращення проходження процесу анаеробного збродження, використовують метод коферментації – змішують сировини різного походження для збільшення наявних поживних речовин, мікро- та макроелементів. Також важливо зазначити, що окрім стандартних сировинних баз, у модернізованій схемі додаються такі поживні добавки як фосфогіпс та біочар, у попередньо розрахованих концентраціях. Після цього проводиться аналіз складу отриманої суміші: визначається вміст вологи, сухої речовини. Якщо відсоток вологи не

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 22510181

достатній (92-95 %), є можливість використати збережені стічні води. Після досягнення бажаних результатів, отриманий субстрат йде на обробку ультразвуковим апаратом. На даному етапі він гомогенізується, клітинні стінки присутніх речовин зруйнуються, їх склад вивільниться, що прискорить подальший процес метаногенезу.

Блок 3. Це ключовий блок в процесі утворення біогазу. Тут отворений субстрат з попередніх етапів змішується з анаеробними метаногенними бактеріями, які у безкисневому середовищі починають процес метаногенезу. Для досягнення максимальної ефективності їх роботи, необхідно підтримувати оптимальні умови: температура середовища, кислотно-лужний баланс. Внаслідок встановлення автоматичної системи моніторингу за даними параметрами, ми можемо їх контролювати і вчасно впливати на них. Також обов'язковим елементом реактору є наявність мішалки, яка буде періодично розмішувати субстрат, яка попередить утворення осаду, забезпечить рівномірний розподіл речовин по всьому об'єму субстрату та не дасть можливості утворитись поверхневій плівці, що забезпечить вихід і накопичення газу у газгольдері.

Блоки 4.1 і 4.2. Дані блоки створені для накопичення і обробки кінцевих продуктів. У блоці 4.1, зберігається отриманий біогаз. Також аналізується його склад, за потреби видаляють шкідливі домішки з нього (наприклад, сірководень) і збільшують концентрацію метану. Блок 4.2 оброблює рідкий залишок з процесу збродження – дигестат. Тут знешкоджуються небезпечні залишкові мікроорганізми, за потреби додаються поживні добавки (біочар або мінеральні добрива) для підвищення його якості. Після обробки отриманих продуктів, вони транспортуються до блоків 5.1 і 5.2 відповідно.

У блоці 5.1 може знаходитись когенераційна установка, де оброблений біогаз використовують для забезпеченням тепло- та електроенергії підприємства. Іншу частину біогазу можуть продавати до газорозподільної мережі.

У блоці 5.2 зберігається оброблений дигестат, який вже буде слугувати як добриво.

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

Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

47

РОЗДІЛ 4
РОЗРАХУНОК БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

У цьому розділі буде проаналізовано вартість встановлення біогазової установки, строк її окупності та фінансова оцінка випуску біогазу з різних типів органічних відходів.

Середня вартість невеликої біогазової установки складає 1,5 млн євро [45]. Така установка може утворювати до 800 кВт електричної енергії. Для забезпечення сировиною необхідно мати до 150 голів ВРХ або до 1000 свиней. Також для забезпечення якісного біогазу, необхідно мати до 150 га землі для вирощування качанів кукурудзи з метою отримання силосу для покращення субстрату.

Розрахуємо окупність стандартної біогазової станції. Дана станція обробляє 150 голів молочних корів (одна корова в середньому утворює 55 кг/добу відходів), тоді кількість утворених відходів від цих корів складає:

$$m_{\text{відх}} = 150 * 55 = 8,525 \frac{\text{тон}}{\text{добу}}$$

Знаючи загальну кількість утворених відходів, розрахуємо масу сухої речовини в них (вологість відходів складає 75-80%):

$$m_{\text{сух зал}} = 8,525 * 0,25 = 2,131 \frac{\text{тон}}{\text{добу}}$$

Сировина, яка потрапляє до біогазового реактору, повинна мати вологість від 92 до 95 %, тоді розрахуємо масу води, яку необхідно додати, щоб отримати бажаний вміст вологи:

$$m_{\text{ідеал сировина}} = \frac{2,131}{0,08} = 26,638 \frac{\text{тон}}{\text{добу}}$$

Підп. і дата
Інв. № добул.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № по обл.

						<i>ТС 22510181</i>	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат			48

де, 0,08 – це відсотковий вміст сухої речовини у субстраті з вологістю 92%.

$$m_{\text{доданої води}} = 26,638 - 8,525 = 18,113 \frac{\text{тон}}{\text{добу}}$$

Розрахуємо вихід біогазу, який утвориться внаслідок переробки 2,131 тон/добу коров'ячого посліду (метановий потенціал коров'ячого посліду становить 0,21 м³ на 1 кг сухої речовини):

$$V_{\text{метану}} = 2131 * 0,21 = 447,5 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}$$

Для кращого розрахунку окупності біогазової установки, розрахуємо утворений об'єм біогазу за рік:

$$V_{\text{метану річний}} = 447,5 * 365 = 163\,341,2 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}$$

Вартість продажу біогазу, у складі якого вміст метану є приблизно 95% складало на 2022 рік 900 євро за 1 000 м³ [46]. Тому розрахуємо об'єм такого біогазу:

$$V_{\text{біогазу річний}} = \frac{163\,341,2}{0,95} = 171\,938,1 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}$$

Для забезпечення власних потреб підприємства, необхідно витратити 30% від річного об'єму біогазу:

$$V_{\text{біогазу залишковий}} = 171\,938,1 * 0,7 = 120\,356,6 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}$$

Тоді сума, яку ми зможемо отримати з продажу цього річного залишкового біогазу, складає:

$$S = \frac{120\,356,6}{1000} * 900 = 108\,321 \frac{\text{євро}}{\text{рік}}$$

Враховуючи, що вартість біогазової установки складала 1,5 млн євро, то ми зможемо її окупити за наступний термін:

Підп. і дата										
Інв. Недубл.										
Взаєм. інв. №										
Підп. і дата										
Інв. Перодл.										
Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат	<i>ТС 22510181</i>					Арк
										49

$$R = \frac{1\,500\,000}{108\,321} = 13,8 \text{ роки}$$

Отже, з даних розрахунків видно, що при утриманні 150 голів молочних корів, ми будемо отримувати 171 938,1 м³/рік біогазу, який буде містити в собі 95% метану. З цього об'єму 30% витрачаються на забезпечення власних потреб, а решту продаємо на ринок, і отримуємо з цього 108 321 євро в рік. Якщо лише цими коштами закрити борг за біогазову установку, то необхідно їх заощаджувати 14 років.

Розрахуємо варіант модернізованої біогазової установки, до якого ми будемо додавати 1 тони за добу гібридного кукурудзяного силосу (вміст вологи 65%), використовувати ультразвукову обробку (збільшує вихід метану у 1,5 рази [47]) та автоматизовану систему моніторингу, яка заощадить на використанні тепла на підігрів сировини і зекономить електроенергію (відсоток біогазу для забезпечення власних потреб зменшиться до 24%).

Маса сухої речовини кукурудзяного силосу становить:

$$m_{\text{сух зал}} = 1 * 0,35 = 0,35 \frac{\text{ТОН}}{\text{добу}}$$

Розрахуємо об'єм утвореного метану, з гібридного кукурудзяного силосу (на 1 кг сухої речовини утворюється 0,26 м³ метану):

$$V_{\text{метану}} = 350 * 0,26 = 91 \frac{\text{М}^3}{\text{добу}}$$

Новий загальний об'єм утвореного метану буде складати:

$$V_{\text{метану}} = 91 + 447,5 = 538,5 \frac{\text{М}^3}{\text{добу}}$$

Тепер врахуємо той фактор, що наша сировина була попередньо оброблена в ультразвуковому апараті, і вихід метану збільшився у 1,5 разів.

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

Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

50

$$V_{\text{метану}} = 538,5 * 1,5 = 807,7 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}$$

Річний об'єм біогазу становить:

$$V_{\text{біогазу річний}} = \frac{807,7 * 365}{0,95} = 310\,346,1 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}$$

Залишковий об'єм біогазу складає:

$$V_{\text{біогазу залишковий}} = 310\,346,1 * 0,76 = 235\,863 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}$$

Тоді сума, яку ми зможемо отримати з продажу цього річного залишкового біогазу, складає:

$$S = \frac{235\,863}{1000} * 900 = 212\,276 \frac{\text{євро}}{\text{рік}}$$

Термін окупності біогазової установки і ультразвукового обладнання (комплект ультразвукового обладнання на 230л сировини складає 1 516 800 грн, або 38 тис євро) становлять:

$$R = \frac{1\,500\,000 + 38\,000}{212\,276} = 7,2 \text{ роки}$$

Отже, з отриманих результатів видно, що модернізація субстрату і установки, зменшила свій термін окупності майже у 2 рази, і збільшила вихід біогазу у 1,8 разів.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

51

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів біогазового підприємства

На біогазовому підприємстві існує певна кількість потенційно небезпечних факторів, які утворюються внаслідок його діяльності і можуть мати шкідливий вплив на здоров'я робітників та навколишнє природне середовище.

Перший чинник небезпеки є власне біогаз. Небезпека полягає в тому, що головною складовою цієї суміші газів є метан. За своїми фізико-хімічними властивостями метан є легкозаймистим та вибухонебезпечним газом. Орієнтовно безпечним рівнем впливу даної речовини в атмосферному повітрі є 50 мг/м^3 [48]. При знаходженні людини у зонах високих концентрацій метану, можуть виникнути наступні серйозні проблеми зі здоров'ям: запаморочення, нудота і блювота, головний біль, пошкодження легень та смерть. Для уникнення шкідливого впливу, необхідно використовувати респіратори, які мають сертифікацію для захисту від метану.

Другим критерієм безпечного функціонування підприємства є забезпечення газовою системою. Завдяки використанню нормованих газових систем є гарантія безпеки експлуатації таких систем для людей, навколишнього середовища та майна, забезпечення економічної ефективності та відповідність сучасним вимогам техніки та технологій. Регулюються газові системи наступним законодавством та нормативно-правовими актами: ЗУ «Про ринок природного газу» [49], Правила безпеки систем газопостачання України, затверджені наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України [50]. Дані документи містять правові та економічні засади для діяльності у сфері виробництва, транспортування, розподілу, постачання та споживання газу, а також встановлюють вимоги безпеки до проектування, будівництва, реконструкції,

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

Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

52

експлуатації, ремонту та ліквідації систем газопостачання, а також вимоги до персоналу, який здійснює діяльність у сфері газопостачання.

Обладнання, яке обробляє кінцеві продукти, може виділяти небезпечні речовини (аміак, сірководень тощо) у навколишнє середовище. Тому, відповідно до Постанови Про затвердження Порядку запровадження обов'язкових автоматизованих систем контролю викидів забруднюючих речовин від Кабінету Міністрів України [51], підприємство має забезпечити своєчасний та достовірний контроль за обсягами та параметрами викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Перевагами дотримання цієї постанови є автоматизоване вимірювання складу викидів, передача даних про ці викиди до державної системи обліку викидів. Контроль за викидами необхідний для дотримання Закону України Про охорону атмосферного повітря [52].

Робота певного обладнання на підприємстві може створювати шумове забруднення та вібрації. За вимогами санітарних норм, допустимий рівень шуму у робочій зоні повинен сягати не більше 80 дБ [53]. При знаходженні працівників у зоні перевищення норми шуму зменшується рівень працездатності, збільшується ризик отримання виробничих травм або професійної захворюваності. Для зниження рівня шуму у робочому просторі застосовують наступні заходи: використання раціональних конструкцій обладнання, які зменшують вібрацію та шум (безшумна вентиляція, двигуни тощо); використання звукоізолюючих матеріалів для обшивки стін, підлоги; використання захисних конструкцій, які поглинають шуми; використання індивідуальних засобів захисту слуху (навушники, беруші).

Також важливо пам'ятати, що при обладнанні біогазового комплексу, необхідно мати електрообладнання належної якості роботи, яке повинно мати заземлення. Вимогами Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), затверджені наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України [54] регулюються наступні параметри: матеріал заземлюваного пристрою, достатня площа контакту з землею, періодичні перевірки та обслуговування обладнання.

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

Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

5.2 Розрахунок вентиляції виробничого приміщення

Для розрахунку кількості повітря, яке повинно надходити у приміщення біогазової установка, оберемо наступні середні умови: об'єм приміщення: 800 м³, концентрація наявної забруднюючої речовини (метан) = 0,01 мг/м³. Загальна кількість метану в приміщенні 3 мг/годину. Повітря, яке буде надходити у приміщення, не буде містити в своєму складі домішок цієї речовини.

Для розрахунку необхідного повітряобміну застосовують наступну формулу:

$$L_3 = \frac{M}{C_{p.з.} - C_{п.}}$$

де: М – концентрація забруднюючої речовини, яка надходить в об'єм приміщення, мг/год;

Ср.з., Сп – відповідні концентрації цієї забруднюючої речовини в повітрі – в робочій зоні та припливному повітрі, мг/м³ (Ср.з. = ГДК, а Сп = 0 (за умовою)).

Тоді формула для розрахунку приймає наступний вигляд:

$$L_3 = \frac{M}{C_{p.з.}}$$

$$L_3 = \frac{3}{0,01} = 300 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Кратність повітряобміну (необхідна кількість повторень разів для подавання цього об'єму у приміщення за годину) розраховується за формулою:

$$K = \frac{L_3}{V_B}$$

де: L₃ – повітрообмін, м³/год; V – внутрішній об'єм приміщення, V_B = 0,2V, де V – об'єм приміщення, м³.

Тоді формула для розрахунку приймає наступний вигляд:

$$K = \frac{L_3}{0,2V}$$

$$K = \frac{300}{0,2 \cdot 800} = 1,875 \frac{1}{\text{год}}$$

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

54

Отже, кількість повітря, яку необхідно ввести в приміщення, щоб концентрація забруднюючої речовини у повітрі не перевищувала ГДК – 300 м³/год, а кратність повітрообміну складає 1,875 год⁻¹.

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях при виробництві біогазу

Пожежі головним чином виникають через наступний ряд причин: дефективне електрообладнання та мережі, невідповідність технічним вимогам з питань пожежної безпеки, порушення протипожежних заходів (таких як куріння, використання відкритого вогню та використання несправного обладнання), а також недбале поводження з вогнем. Основні фактори, які підвищують ризик виникнення пожежі, включають теплове випромінювання, високі температури та токсичний вплив продуктів горіння, таких як чадний газ. Задимлення може призвести до зниження видимості, що є додатковим чинником ризику. Важливо наголосити на тому, що дотримання правил безпеки та вживання відповідних заходів уникнення пожеж є вирішальними для забезпечення безпеки виробничого процесу.

У ситуації, коли існує загроза вибуху, негайно лягайте обличчям вниз, захищайте голову обома руками і утримуйтеся подалі від вікон, скляних поверхонь, проходів та сходових клітин. У випадку фактичного вибуху необхідно негайно вжити заходів для запобігання пожежі та уникнення паніки, а також надати першу медичну допомогу потерпілим. Важливо, щоб кожен працівник, який виявляє ознаки пожежі або виявляє пожежу (дим, запах гару, підвищення температури), негайно звертався за допомогою, телефонуючи за номером "101" (пожежна частина). При цьому слід чітко повідомити назву об'єкта, точне місце виникнення пожежі та своє прізвище для подальшої ідентифікації та координації допомоги. Завжди слід дотримуватися визначених процедур та інструкцій з безпеки для забезпечення найвищого рівня захисту працівників та майна в умовах надзвичайних ситуацій.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

55

Необхідно вжити заходів для проведення евакуації, припинення поширення пожежі та захисту майна. Особи, яким надано право володіти, користуватися або розпоряджатися майном на час виникнення пожежі, включають керівників підприємств, посадових осіб та офіційно призначений персонал, який відповідає за питання пожежної безпеки. У разі повторного виникнення пожежі важливо негайно зателефонувати за номером "101" і звернутися до керівництва для отримання додаткової допомоги та координації дій. Зокрема, слід інформувати про поточну ситуацію, можливі загрози та будь-які важливі подробиці, які можуть бути корисними для оперативного реагування на надзвичайну ситуацію, що утворилась.

У разі, коли існує загроза для життя людей, негайно організуйте рятувальні заходи та реагуйте наявними силами і засобами для максимальної ефективності. Враховуйте, що в крайньому випадку важливо вимкнути джерела електроживлення (за винятком засобів пожежогасіння), увімкнути системи аварійної та прилеглої вентиляції приміщень та застосовувати інші заходи для запобігання пожежі та утворенню задимлення. У разі виникнення такої надзвичайної ситуації також важливо призупинити всі роботи, за винятком тих, які пов'язані з протипожежним контролем, щоб уникнути додаткового ризику та максимально зосередитися на врятуванні людей та подоланні негайних загроз.

Виконуйте плани евакуації та ретельно дотримуйтеся вказівок з евакуації, виводячи з небезпечної зони працівників, які не призначені для участі в гасінні пожежі або евакуації. Важливо забезпечити, щоб працівники, які задіяні в протипожежних заходах, суворо слідували наданим їм інструкціям та правилам. У разі евакуації пріоритетом є безпечний вихід всіх працівників з небезпечної зони. Переконайтеся, що всі працівники розуміють свої обов'язки та взаємодіють з вами відповідно до визначених процедур евакуації. Особливу увагу слід приділити інструкціям для тих, хто має виконувати протипожежні заходи, і переконатися, що вони повністю ознайомлені з усіма вимогами та процедурами безпеки.

Підп. і дата
Інв. Неодубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неодобл.

Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

56

Організація тренувань для пожежних бригад з метою визначення оптимального маршруту для вибору найшвидшого шляху до місця пожежі є важливим етапом підготовки. Забезпечте ефективний обмін інформацією між пожежними бригадами, щоб уникнути затримок у визначенні шляху. Додатково важливо повідомляти пожежну охорону, яка викликана для гасіння пожежі та аварійно-рятувальних робіт, про наявність небезпечних, вибухонебезпечних або хімічно небезпечних матеріалів на об'єкті. Це дозволить пожежникам приймати належні заходи з безпеки та використовувати необхідні заходи для нейтралізації можливих загроз.

Під час евакуації важливо оперативно пересуватися через області з пожежею або задимленням. Застосовуйте методи збереження здоров'я, стрімко проходячи через вогнені або задимлені зони, утримуйте дихання та захищайте носову і ротову ділянки вологою тканиною. У випадку, якщо ви опинилися в приміщенні з задимленням або в зоні з низьким рівнем кисню, припадіть або нахиліться біля підлоги, щоб забезпечити додатковий доступ до більш чистого повітря та зменшити ризик отруєння.

У випадку загоряння одягу, негайно зніміть його або допоможіть загасити, наприклад, накривши ковдрою і щільно притискаючи. Забезпечте обмеження доступу повітря до зони загоряння, щоб швидко припинити горіння.

Випадки повного або часткового обвалення будівлі представляють собою надзвичайні ситуації, які можуть виникнути внаслідок сильної пожежі або ударної хвилі від вибуху, а також інших природних чинників. Такі надзвичайні обставини можуть виникнути через помилки на етапі технічного проектування, відхилення від технологічних норм у процесі будівництва, порушення правил монтажу та неналежне встановлення комплектуючих елементів. Дії та заходи в цих ситуаціях вимагають негайної та професійної реакції для забезпечення безпеки та мінімізації можливих пошкоджень.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

57

ВИСНОВКИ

У ході розробки дипломного проєкту було:

1. Досліджено поняття «відходи», розглянуто фактори та об'єми їх утворення. Розглянуті методи поводження з відходами в Україні, проаналізовано їх переваги та недоліки. Виявлено, що найпопулярнішим методом є захоронення відходів, який в свою чергу не вирішує проблему з утилізації їх. Тож було запропоновано класифікувати відходи, і відповідно до типу класу обирати відповідний метод переробки. Було досліджено, що органічні відходи мають велику перспективу в біологічній переробці з отриманням корисних продуктів, але не мають популярного комплексного методу переробки їх.

2. Були розроблені експериментальні лабораторні стенді на базі Сумського державного університету, на кафедрі Екології та природоохоронних технологій, які досліджували методи інтенсифікації і комплексні підходи в процесах анаеробного збродження пташиного посліду, з додаванням корисних добавок – фосфогіпс та біочар, разом із застосуванням ультразвукової обробки органічної сировини.

3. Був розроблений експериментальний стенд з застосуванням систему автоматизованого моніторингу, який збирав дані про проходження процесу анаеробного збродження та допомагав математично-статистичним методом проаналізувати його.

4. Було запропоновано модифікувати стандартний варіант біогазової установки, з додаванням до неї ультразвукового обладнання для попередньої обробки сировини, а також автоматизованих систем моніторингу сировини в біореакторі, для оцінки ефективного проходження процесу анаеробного збродження.

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

Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

58

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Чубур В. С., Черниш, Є. Ю., Скиданенко М. С., Данилов Д. В., Білоус О. О. (2022) Переробка пташиного посліду в енергетичних цілях в технологіях захисту довкілля. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях 3(13):86–92. <https://doi.org/10.20998/24134295.2022.03.13>

2. 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 симпозиум «Сталий розвиток – стан та перспективи» (26-29 січня 2022), Львів – Славське : Збірник матеріалів. Київ : Яроченко Я. В., 2022. С. 62-65.

3. Черниш Є. Ю., Чубур В. С., Скиданенко М. С., Соколов О. С., Данилов Д. В., Білоус О. О., Рубік Г. Автоматизація систем моніторингу та контролю параметрів метаногенезу в процесі анаеробного збродження відходів. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Галузеві проблеми екологічної безпеки – 2022» (27 жовтня 2022). Харків, 2022. С. 225–227..

4. Черниш Є.Ю., Пляцук Л.Д., Чубур В.С., Білоус О.О., Рубік Г. «Біоенергетичні інновації для цілей сталого розвитку». II Міжнародна науково-практична конференція «Екологія. Довкілля. Енергозбереження» присвячена 203-річчю Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Україна, Полтава: Збірник матеріалів – Полтава. 2021. – 348-348 с..

5. Білоус О.О., Данилов Д.В., Черниш Є.Ю., Штепа В.М., Балінтова М. «Екологічно безпечне поводження з органічними відходами птахівництва: регіональний менеджмент ресурсів та енергії». II Міжнародна інтернет-конференція «Сучасні проблеми екологічного контролю та аудиту». Україна, Харків: Збірник тез доповідей – Харків. 2022. – 14-16 с.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

59

6. Про затвердження Порядку класифікації відходів та Національного переліку відходів : постанова Кабінету Міністрів України від 20.10.2023 №1102.
// Верховна Рада України : офіційний портал. URL:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1102-2023-%D0%BF#Text>

7. Франко О. Українцям розповіли, що належить до побутових відходів. *ЕкоПолітика*. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/ukraincyam-rozpovili-shho-nalezhit-do-pobutovih-vidhodiv/>

8. Тверді промислові відходи: джерела утворення та екологічні аспекти проблеми. Освіта.ua. URL: <https://osvita.ua/vnz/reports/ecology/21365/>

9. Березюк С. В. Еколого-економічні аспекти використання та утилізації побутових відходів. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2016. № 10. С. 49-60

10. Федорова Ю. І., Чупріна М. О. Проблеми і напрямки утилізації відходів в Україні та світі. Збірник наукових праць молодих вчених: електронне наукове видання факультету менеджменту та маркетингу НТУУ «КПІ». – 2017. – URL: http://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/22540/1/2017-11_2-04.pdf.

11. Матвеев Ю. Б., Гелетуха Г. Г. Перспективи енергетичної утилізації твердих побутових відходів в Україні. Біоенергетична асоціація України. – 2019. – URL: <https://uabio.org/materials/uabio-analytics/>.

12. Утворення відходів: причини, наслідки та способи їх уникнення. WARBLETONCOUNCIL. – 2023. – URL: <http://surl.li/obzje>

13. Управління відходами: скільки в Україні утворюється і накопичується сміття. СУСПІЛЬСТВО. – 2021. – URL: <https://www.slovoidilo.ua/2021/08/28/infografika/suspilstvo/upravlinnya-vidxodamy-skilky-ukrayini-utvoryuyetsya-nakopychuyetsya-smittya>

14. Посібник належних практик поводження з відходами місцевих органів влади та екологічних організацій у басейні чорного моря. Marlana. – 2020. – URL: <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://blacksea-cbc.net/wp->

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

60

content/uploads/2020/03/BSB-139_-MARLENA_Waste-Management-Best-Practice-Guide_UA.pdf

15. Спирні питання розміщення відходів на території підприємства. Вимоги до місць зберігання відходів. Ecobusiness Group. – 2021. – URL: <https://ecolog-ua.com/news/spirni-pytannya-rozmishchennya-vidhodiv-na-terytoriyi-pidpryyemstva-vymogy-do-misc-zberigannya>.

16. Лановенко О. Г., Остапішина О. О. Захоронення відходів. Словник-довідник з екології: навч.-метод. посіб. Херсон: ПП Вишемирський В. С., 2013. — 96 с.

17. Найбільше сміттєзвалищ у Вінницькій та Полтавській областях. СУСПІЛЬСТВО. – 2020. – URL: <https://www.slovoidilo.ua/2020/12/04/infografika/suspilstvo/najbilshe-smittyezvalyshh-vinnyczkij-ta-poltavskij-oblastyah>

18. В Україні нарахували понад 33 тисячі несанкціонованих сміттєзвалищ. УКРІНФОРМ. – 2021. – URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3324922-v-ukraini-ponad-33-tisaci-nesankcionovanih-smittyezvalis-ofis-prezidenta.html>

19. Вторинна переробка: роль та важливість для екології. Токар. – 2023. – URL: <https://tokar.ua/read/92362/vtorynna-pererobka-rol-ta-vazhlyvist-dlia-ekolohii/>.

20. Україна імпортує відходи з інших країн на мільярди. Чому так та як у нас працює бізнес з переробки сміття? Економічна правда. – 2021. – URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2021/06/18/675131/>

21. Переробка вторинних ресурсів – сьогодення та перспективи. Ecobusiness Group. – 2018. – URL: <https://ecolog-ua.com/news/pererobka-vtorynnyh-resursiv-sogodennya-ta-perspektyvu>

22. Українці буквально живуть у смітті, а бізнес змушений купувати відходи: чому так склалося? Екополітика. – 2022. – URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/ukrainci-bukvalno-zhivut-u-smitti-a-biznes-zmushenij-kupuvati-vidhodi-chomu-tak-sklalosya/>

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

23. Як працює сміттєспалювальний завод "Енергія" у Києві. Рубрика. Все по поличках. – 2018. – URL: <https://rubryka.com/article/zavod-energia/>

24. В. Міроненко, В. Маслова, А. Фесенко, Р. Рідний. Тверді побутові відходи є екологічно небезпечними // Кременчутський Національний Університет ім. Михайла Остроградського. – 2015. – №19. – С. 12–17.

25. Мерзлов С. В. Корекція параметрів біотехнології вермікультування та регламентація використання біомаси черв'яків і сапоніту у використанні м'яса курчат-бройлерів. Дисертація. — Біла Церква, 2004. – С. 161.

26. Brawn V.J. Biogas a bright idea for Africa / V.J. Brawn // Environmental Health Perspectives, 2006. – No 114(5) - P. 300 – 303

27. Пташиний послід за удобрювальними якостями перевершує гній. AgroTimes. – 2023. – URL: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/ptashynyj-poslid-za-udobryuvalnymy-yakostyamy-perevershuye-gnij/>.

28. Дослідження посліду птиці допомагає проаналізувати її добробут. AgroTimes. – 2021. – URL: <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/doslidzhennya-poslidu-ptyczi-dopomagaye-proanalizuvaty-yiyi-dobrobut/>.

29. Nuhu S. K., James Gyang J. A., Kwarab J. J. The domestic pilot biodigester performance. Cleaner Engineering and Technology. – 2021. – №5.

30. Державна дослідна станція птахівництва: вебсайт. URL: http://avianua.com/ua/index.php/statty_po_pticevodstvu/tekhnolohiia-ptakhivnytstva/

31. Шацький В. В., Скляр О. Г., Скляр Р. В., Солодка О. О. Вплив структури субстрату на вихід біогазу при метановому зброджуванні // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13, т. 3. – С. 3-12.

32. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Властивості біодобрих, що отримуються після анаеробної ферментації гною // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. – Вип. 13, т.3. – С.110-118.

33. Т. Bituh, В. Petrinec, В. Babić. Phosphogypsum and its potential use in Croatia: challenges and opportunities // Constr. Build. Mater. – 2021. – С. 93–100.

Підп. і дата
Інв. Неодубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неодубл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

62

34. Сердюк В. Р, Сідлак О. С. Теоретичні передумови гідравлічної активності цементно-гіпсо-зольного в'язучого. Матеріали XLV Науково-технічної конференції ВНТУ, Вінниця, 23-24 березня 2016 р. - URL: <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2016/paper/view/118>.

35. K. Wu, H. Han, L. Xu. The improvement of freezing–thawing resistance of concrete by cellulose/polyvinyl alcohol hydrogel // Cleaner Engineering and Technology. – 2021. – №291.

36. European Biochar Certificate Guidelines for a Sustainable Production of Biochar. European Biochar Foundation (EBC). – 2013. – URL: <http://www.european-biochar.org/en/download>

37. Nanthi Bolan Biochar Production Characterization, and Applications. CRC Press Taylor&Francis Group an inform business. – 2015. – С. 432.

38. Biochar Overview. – 2014. – URL: <https://www.biochar.info/biochar.biochar-overview.cfml>

39. Nitrate Retention by Biochar: mechanistic insights by 15N tracing. The Earth Living Skin: Soil, Life and Climate Changes. – 2014. – URL: <https://drive.google.com/file/d/0BzlvtyMIDzp2SDFoZ3hVUkVMSjQ/view?usp=sharing>

40. Biochar Quality Mandate (BQM). British Biochar Foundation. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management. – 2016. – URL: <http://www.geos.ed.ac.uk/homes/sshackle/BQM.pdf>

41. L. Awhangbo, R. Bendoula, J. M. Roger, F. Béline. Multi-block data analysis for online monitoring of anaerobic co-digestion process. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. – 2020. – №205.

42. Мірошніченко Н. В., Белянська О. Р., Красніков К. С., Шумило К. П. Дослідження енергоекологічного методу переробки промислово-побутових відходів. Журнал "Актуальні наукові дослідження у сучасному світі". – 2019. – №18. – С. 75–80.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

63

43. Гідротермальна карбонізація біомаси — шлях до вирішення екологічних проблем. Пропозиція. – 2020. – URL: <https://propozitsiya.com/ua/gidrotermalna-karbonizaciya-biomasy-shlyah-do-vyrishennya-ekologichnyh-problem>

44. "астосування біочару сприяє підвищенню врожайності культур — фахівець. Kurkul. – 2020. – URL: <https://kurkul.com/news/23820-zastosuvannya-biocharu-spriyaye-pidvischennyu-vroжайnosti-kultur--fahivets>

45. Невеликі біогазові установки (БГУ) — до 1 мВт // АгроТех. – 2023. – URL: <https://agrotex.info/statti/neveliki-biogazovi-ustanovki-bgu-do-1-mvt.html>.

46. Три ціни на газ і одна на біопаливо // Економічна правда. – 2022. – URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/02/10/682271/>.

47. Ковалев О.О., Ковалев Д.О. Енергетична ефективність передобробки синтетичного субстрату метантенка в апараті вихрового шару. Наукова стаття, 2020. – С. 97.

48. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 14.01.2020 року №52 «Гігієнічні регламенти орієнтовно безпечних рівнів впливу хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0157-20#n12>

49. Закон України від 03.09.2023 року «Про ринок природного газу». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/329-19#Text>

50. Наказ від Міністерства Енергетики та Вугільної Промисловості України від 15.05.2015 року про «Про затвердження Правил безпеки систем газопостачання». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0674-15#Text>

51. Постанова Кабінету Міністрів України від 28.03.2023 року «Про затвердження Порядку запровадження обов'язкових автоматизованих систем контролю викидів забруднюючих речовин URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/272-2023-%D0%BF#Text>

52. Закон України від 01.10.2023 року «Про охорону атмосферного повітря». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text>

Підп. і дата
Інв. Неодубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. Неодубл.

Вин	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 22510181

Арк

64

53. Шум, його основні характеристики та засоби зменшення впливу шуму на організм працюючих на підприємствах. Південно-Східне міжрегіональне управління Державної служби з питань праці. – 2019. – URL: <https://dp.dsp.gov.ua/novyny/shum-ioho-osnovni-kharakterystyky-ta-zasoby-zmenschennia-vplyvu-shumu-na-orhanizm-pratsiuiuchykh-na-pidpryiemstvakh/>.

54. Наказ від Міністерства Енергетики та Вугільної Промисловості України від 21.07.2017 року про «Про затвердження Правил улаштування електроустановок». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0476732-17#Text>

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата						Арк
					ТС 22510181					65