

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

НУБІП України

06.10. – МР. 216 «С». 2023.02.15.27 ПЗ

Наговіцина Владислава Олексіївна

НУБІП України
2023

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології
УДК 606:502.174(477)

НУБІП України

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету захисту рослин, біотехнологій та екології

Коломісць Ю.В.

« » 2023 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри фізіології, біохімії рослин та біоенергетики

Прилуцька С.В.

« » 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему: «Інноваційні розробки екологічних біотехнологій очищення побутових відходів в Україні»

Спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія»
(код і назва)

Освітня програма « Екологічна біотехнологія та біоенергетика»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми
д. с.-г. наук, професор
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Лісовий М.М.
(ПІБ)

Керівник бакалаврської роботи

доцент, к.і.н.
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Дрозд П.Ю.
(ПІБ)

Виконала

(підпис)

Наговіцина В.О.
(ПІБ студента)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Прилуцька С.В.

“ ” 2023 р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Наговіциної Владислави Олексіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 162 «Біотехнологія та біоінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Екологічна біотехнологія та біоенергетика»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Інноваційні розробки екологічних біотехнологій
очищення побутових відходів в Україні»

Затверджена наказом ректора НУБіП України від 15.02.2023 р. №216 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 1 листопада 2023 р.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи ТВП

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Характеристики твердих побутових відходів.
2. Біотехнологічні інновації в переробі ТВП.
3. Обґрунтування вибору технології отримання біогазу з органічної фракції ТПВ.
4. Характеристика мікробного угруповання, яке здійснює зброджування органічних відходів в біогаз.
5. Аналіз біохімічних перетворень, що відбуваються в процесі зброджування органічних відходів.
6. Дослідити процес отримання біогазу з органічної фракції ТПВ.
7. Проведення технологічних розрахунків, на основі яких обрали мегантенк та газгольдер

Перелік графічного матеріалу: 3 таблиці.

Дата видачі завдання 1 вересня 2022 року

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Дрозд П.Ю.

НУБІП України

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

(прізвище та ініціали)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

Реферат.....	3
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ	6

ВСТУП.....	7
------------	---

РОЗДІЛ 1. Огляд літератури щодо ТПВ та поводження з ними.....	9
1.1. Основні відомості та характеристики побутових відходів.....	9

1.2. Загальні положення щодо переробки компонентів ТПВ.....	10
---	----

1.3. Біотехнологічні інновації, які будуть розглянуті в даній магістерській роботі.....	13
---	----

1.3.1. Біорозкладання органічних відходів.....	14
--	----

1.3.2. Біополімери з використанням відходів.....	17
--	----

1.3.3. Біогаз та біопаливо. процеси біогазифікації та перетворення органічних відходів у біопаливо.....	18
---	----

1.3.4. Метаногенні бактерії та біогаз.....	20
--	----

1.3.5. Наноматеріали для очищення відходів.....	22
---	----

1.3.6. Інтернет речей (IoT) у сміттесмартності.....	23
---	----

1.3.7. Автоматизовані системи сортування сміття.....	25
--	----

1.4. Аналіз сучасного стану поводження з побутовими відходами в Україні .	26
---	----

1.4.1. Закон «Про управління відходами».....	29
--	----

Розділ 2. Біогаз та біопаливо, процеси біогазифікації та перетворення органічних відходів у біопаливо, як вибір біотехнологічної інновації в технічній частині магістерської роботи.....	36
--	----

2.1. Обґрунтування вибору технології виробництва біогазу з твердих побутових відходів.....	36
--	----

2.1.1. Обґрунтування вибору способу переробки органічної фракції твердих побутових відходів.....	36
--	----

2.1.2. Обґрунтування вибору технології зброджування органічної фракції твердих побутових відходів.....	39
--	----

2.1.3. Вибір типу метантенка.....	42
-----------------------------------	----

2.1.4. Вибір способу очищення біогазу від домішок.....	44
--	----

2.2. Характеристика асоціації мікроорганізмів, яка здійснює метанове зброджування органічної фракції твердих побутових відходів.....	48
2.3. Характеристика процесу виробництва біогазу, характеристика кінцевого продукту процесу зброджування органічної фракції твердих побутових відходів.....	53
2.3.1. Характеристика процесу метаногенезу.....	53
2.3.2. Характеристика кінцевого продукту процесу зброджування органічної фракції твердих побутових відходів.....	57
2.3.2. Опис технологічного процесу отримання біогазу з органічної фракції твердих побутових відходів.....	58
Розділ 3. Вибір та характеристика обладнання для одержання біогазу з органічної фракції твердих побутових відходів.....	68
3.1. Визначення добової витрати відходів та води.....	68
3.2. Визначення об'єму метантенка.....	69
3.3. Визначення ступеня розкладання органічних речовин.....	70
3.4. Визначення виходу біогазу та об'єму газгольдерів.....	71
3.4.1. Визначення виходу біогазу.....	71
3.4.2. Розрахунок процесу очищення біогазу.....	71
3.5. Тепловий розрахунок.....	73
3.5.1. Розрахунок необхідної температури води для розбавлення субстрату....	73
3.5.2. Визначення кількості теплоти, необхідної для підтримання оптимальної температури зброджування у метантенку та витрати теплоносія.....	74
3.6. Розрахунок виходу твердих і рідких добрив.....	77
3.6.1. Визначення маси кеку, що утворюється після центрифугування зброженої суміші органічної фракції твердих побутових відходів.....	77
3.6.2. Визначення маси твердих добрив після сушіння.....	78
3.6.3. Визначення об'єму рідких добрив.....	78
ВИСНОВКИ.....	80
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	81

НУБІП України

Реферат

НУБІП України

Магістерська робота на тему «Біотехнологічні інновації в переробці побутового сміття» виконана в обсязі 82 сторінки формату А4, містить 3 таблиці, складається з таких розділів:

НУБІП України

- Вступ
- Розділ 1. Огляд літератури щодо ТВП та поводження з ними;
- Розділ 2. Біогаз та біопаливо, процеси біогазифікації та

перетворення органічних відходів у біопаливо, як вибір біотехнологічної інновації в технічній частині магістерської роботи.

НУБІП України

- Розділ 3. Вибір та характеристика обладнання для одержання біогазу з органічної фракції твердих побутових відходів.

- Висновки;

- Список використаних джерел.

НУБІП України

Актуальність теми: Тема "Інноваційні розробки екологічних біотехнологій очищення побутових відходів в Україні" є надзвичайно актуальною у сучасному світі з численних причин:

НУБІП України

Зростання обсягів побутового сміття: Споживчий спосіб життя і виробництво супроводжуються зростанням обсягів побутового сміття. Це створює серйозні екологічні та соціальні проблеми, такі як забруднення навколишнього середовища та обмежені сміттєзвалища.

НУБІП України

Екологічна проблема: Велика кількість нерозкладаючихся матеріалів у побутовому смітті, таких як пластик, може завдавати значної шкоди навколишньому середовищу. Наприклад, пластик може залишатися в природі протягом десятиліть і призводити до забруднення водних ресурсів та виведення токсичних речовин.

НУБІП України

Потреба в ресурсах: Переробка побутового сміття може бути джерелом відновлених ресурсів, таких як метали, папір, скло, а також відновлення енергії у вигляді біогазу чи електроенергії.

Споживчий підхід до управління відходами: Сучасні споживачі стають більш вимогливими стосовно управління відходами, сприяючи популярності інноваційних підходів та технологій у переробці сміття.

Міжнародні зобов'язання: Багато країн вже зобов'язані до досягнення конкретних цілей щодо переробки та зменшення сміття відповідно до міжнародних угод та угод про клімат.

Підвищений інтерес громадськості: Зростає інтерес громадськості до збереження природи та реалізації екологічних проєктів, що сприяє популярності біотехнологічних інновацій в цій області.

Економічна вигода: Правильно спроектовані інновації в переробці сміття можуть призводити до зменшення витрат на утилізацію та створення нових можливостей для виробництва продуктів та створення робочих місць.

Отже, дана тема є актуальною через її важливість для збереження навколишнього середовища, зменшення негативного впливу на здоров'я людей і ефективного використання ресурсів. Дослідження та розвиток біотехнологічних інновацій у цій області може вирішити ряд серйозних проблем, пов'язаних із сміттям та стати важливим елементом сталого розвитку.

Об'єкт дослідження: Об'єктом дослідження є процеси та технології, пов'язані з переробкою побутового сміття за допомогою біотехнологічних інновацій.

Предмет дослідження: Біотехнологічні інновації в переробці твердих побутових відходів, біотехнологічне отримання біогазу з органічної фракції твердих побутових відходів з подальшим його очищенням.

Методи дослідження: Аналіз ГПВ та біотехнологічних інновацій в їх переробці, статистичні, аналітичне дослідження літературних джерел.

Мета роботи : Метою дослідження є ретельний аналіз та оцінка сучасних

біотехнологічних інновацій у сфері переробки побутового сміття з метою визначення їхнього потенціалу для покращення управління відходами, зменшення екологічного впливу та використання відновлюваних ресурсів.

Для досягнення були виконані такі завдання:

Постановка завдань дослідження передбачає докладну розробку конкретних завдань, які допоможуть досягнути мети дослідження.

Літературний огляд сучасних біотехнологічних підходів до переробки побутового сміття.

Збір та аналіз статистичних даних щодо обсягів та складу побутового сміття.

Оцінка ефективності біотехнологічних методів у зменшенні впливу переробки сміття на навколишнє середовище.

Обґрунтування вибору технології отримання біогазу з органічної фракції ТПВ.

Характеристика мікробного угруповання, яке здійснює зброджування органічних відходів в біогаз.

Аналіз біохімічних перетворень, що відбуваються в процесі зброджування органічних відходів.

Розробити технологічної та апаратурної схеми процесу отримання біогазу з органічної фракції ТПВ.

Проведення технологічних розрахунків, на основі яких обрали метантенк та газгольдер.

Ключові слова: тверді побутові відходи, екологія, переробка відходів, сміття, відходи, біогаз, органічна фракція, метантенк, біотехнологічні інновації.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ТПВ - тверді побутові відходи;

ТВ - тверді відходи;

ПВ - побутові відходи;

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

Сучасний світ постійно стикається з ростом кількості побутового сміття та проблемами, пов'язаними з його утилізацією та впливом на довкілля.

Актуальність та важливість вирішення цих проблем надзвичайно високі, оскільки вони безпосередньо впливають на екологічну стабільність нашого планети та життя людей.

НУБІП України

З цього приводу, дипломна робота розглядає тему "Біотехнологічні іновачії в переробці побутового сміття." Ця тема відкриває перед нами широкий

НУБІП України

горизонт можливостей у покращенні управління відходами, зменшенні впливу нашої споживчої діяльності на довкілля та оптимізації використання ресурсів.

Метою дослідження є ретельний аналіз та оцінка сучасних біотехнологічних іновачій у сфері переробки побутового сміття з метою

НУБІП України

визначення їхнього потенціалу для покращення управління відходами, зменшення екологічного впливу та використання відновлюваних ресурсів.

В рамках цієї дипломної роботи ми будемо досліджувати різноманітні біотехнологічні рішення та їх застосування у переробці побутового сміття.

Також ми розглянемо соціальні та економічні аспекти впровадження біотехнологічних іновачій у цій галузі.

НУБІП України

Використовувати ТПВ для отримання енергії можливо різними способами, зокрема, за рахунок спалювання та виробництва енергоносіїв (біогаз, піролізний

газ). При цьому виробництво біогазу з органічної фракції ТПВ є досить перспективним з огляду на те, що воно дозволяє повністю використовувати

НУБІП України

потенціал органічної складової за рахунок виробництва енергоносія (біогазу) та органічного добрива.

Наразі для зменшення залежності України від імпортованих енергоносіїв актуальним завданням є пошук альтернативних джерел енергії та розробка

НУБІП України

енергозберігаючих технологій, які сприятимуть зменшенню використання природного газу. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як біомаса, є перспективним напрямом для підвищення енергетичної безпеки країни.

Енергія, що отримується при спалюванні біогазу, може досягати 60 – 90 % від енергетичного потенціалу вихідного матеріалу. Серед усіх відновлюваних джерел енергії біогаз має особливий статус, оскільки він має широкий спектр напрямків використання, як у сфері енергетики, так і в транспорті, а в умовах України його виробництво може бути дешевшим ніж в інших країнах .

Біогаз є CO₂-нейтральним паливом з точки зору збільшення емісії вуглекислого газу в атмосферу, оскільки виробляється з відновлюваної сировини. Зважаючи на вищесказане та ряд інших безсумнівних переваг розробка та удосконалення технологій переробки органічної фракції ТПВ в біогаз та їх впровадження є актуальним для України.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. Огляд літератури щодо ТПВ та поводження з ними.

1.1. Основні відомості та характеристики побутових відходів.

Тверді побутові відходи (ТПВ) - це відходи, які виникають в результаті життєдіяльності людей та побутових процесів. Вони включають різні матеріали та предмети, які зазвичай викидаються після закінчення їхнього життєвого циклу. Ось основні відомості та характеристики ТПВ:

- **Склад і складові:**

Тверді побутові відходи можуть включати органічні матеріали, такі як їжа та садові відходи, папір, картон, скло, метал, текстиль, пластик, гуму, електронні відходи (електроніка та батарейки), відходи від побутових робіт, взуття та інші матеріали.

- **Обсяги:**

Обсяги ТПВ можуть значно відрізнятися в залежності від регіону та споживчих звичок. Великі міські агломерації зазвичай мають найбільший обсяг ТПВ.

- **Складність та різноманітність:**

ТПВ дуже різноманітні та складні за своєю природою, оскільки вони включають матеріали з різною структурою та хімічним складом.

- **Потенційна небезпека:**

ТПВ можуть містити небезпечні компоненти, такі як хімічні речовини, які можуть становити загрозу для здоров'я та довкілля, якщо вони не видалені або утилізовані належним чином.

- **Переробка та утилізація:**

Обробка та утилізація ТПВ включає в себе процеси, такі як сортування, вторинна переробка, компостування, виробництво біогазу, відновлення ресурсів та сміттєспалювання.

- **Управління:**

Ефективне управління ТПВ вимагає впровадження стратегій сортування на

джерелі, підвищення екологічної обізнаності громадськості, розвитку сучасних технологій переробки та ефективних систем вивезення та обробки сміття.

- Соціальні та екологічні аспекти:

Управління ТПВ має важливий соціальний та екологічний вимір, оскільки воно впливає на якість повітря та води, здоров'я громадян, а також на використання природних ресурсів.

Дослідження та вдосконалення управління ТПВ, а також розробка інноваційних методів переробки та утилізації, є важливим завданням для забезпечення сталого розвитку та збереження навколишнього середовища.

1.2. Загальні положення щодо переробки компонентів ТПВ.

Переробка компонентів твердих побутових відходів (ТПВ) є важливою частиною ефективного управління відходами та зменшення негативного впливу сміття на навколишнє середовище. Загальні положення щодо переробки компонентів ТПВ можуть бути наступними:

- Сортування на джерелі:

Переробка ТПВ починається з сортування на джерелі, коли громадяни відокремлюють різні типи відходів, такі як папір, пластик, скло, метал та інші, від органічних відходів.

- Вторинна переробка:

Після сортування на джерелі відходи транспортуються до пунктів вторинної переробки, де вони додатково сортуються та обробляються. Наприклад, пластик може бути розплавлений та використаний для виробництва нових продуктів, а папір може бути перероблений у картон чи папір.

- Компостування органічних відходів:

Органічні відходи, такі як їжа та садові відходи, можуть бути компостовані, щоб створити природне добриво для саду та городу.

- **Енергетичне використання:**

Деякі компоненти ТПВ, такі як папір, картон, деревина та біомаса, можуть бути використані для виробництва енергії у вигляді біогазу, біопалива або електроенергії.

- **Сміттєспалювання:**

У деяких регіонах ТПВ можуть бути піддані сміттєспалюванню, де вони спалюються у спеціальних установках з виділенням енергії та обробкою залишків.

- **Піроліз та газифікація:**

Піроліз та газифікація - це процеси, при яких ТПВ перетворюються у газ або рідке паливо.

- **Використання новітніх технологій:**

Використання сучасних технологій, таких як нанотехнології, для поліпшення ефективності переробки та використання компонентів ТПВ.

- **Законодавча регламентація та норми безпеки:**

Важливим аспектом переробки ТПВ є дотримання відповідної законодавчої регламентації та норм безпеки, щоб запобігти негативним наслідкам для здоров'я та довкілля.

- **Соціальна свідомість та освіта:**

Збільшення екологічної свідомості та освіти громадськості для підвищення обізнаності щодо важливості правильної переробки та утилізації відходів.

Крім описаних раніше загальних положень щодо переробки компонентів твердих побутових відходів (ТПВ), існують інші специфічні методи та підходи до обробки окремих компонентів ТПВ. Ось кілька додаткових методів переробки для різних компонентів ТПВ:

- **Пластик:**

Переробка пластику включає в себе розплавлення та формування пластмасових виробів.

Хімічна переробка пластику може використовувати процеси піролізу чи газифікації для отримання газу або рідкого палива.

Біопластики виготовляються з відновлюваних джерел та можуть розкладатися в природі.

- Скло:

Вторинна переробка скла полягає в тому, щоб розмелювати скло та використовувати його у виробництві нових скляних виробів.

Використання в будівництві - деяке перероблене скло може бути використане як матеріал для виробництва керамічних або скляних плиток.

- Метал:

Вторинна переробка металу включає в себе відновлення та переплавку металевих відходів для виробництва нового металевого матеріалу.

Використання у виробництві - перероблені металеві відходи можуть бути використані для виготовлення нових виробів з металу.

- Органічні відходи:

Компостування включає в себе розкладання органічних відходів у природному компості, який можна використовувати як добриво.

Біогазифікація перетворює органічні відходи у біогаз, який може бути використаний як джерело енергії.

- Електронні відходи (e-waste):

Рециклювання електроніки включає в себе розбирання та вторинну переробку компонентів електронних пристроїв.

Вилучення дорогоцінних металів - електронні відходи містять дорогоцінні метали, які можна видобути та використовувати.

- Текстильні відходи:

Вторинна переробка текстилю може включати в себе переробку відходів у волокно для виробництва нового текстилю або інших продуктів.

Кожен тип компонентів ТПВ може мати свої власні методи та технології

переробки залежно від їхньої природи та матеріалу. Ефективне управління ТПВ передбачає ретельне планування та використання найбільш підходящих методів переробки з метою зменшення відходів та негативного впливу на навколишнє середовище.

Переробка компонентів ТПВ є складним і мінливим процесом, який може включати в себе різні технології та методи в залежності від регіону та доступних ресурсів. Ефективне управління цими компонентами грає важливу роль у збереженні навколишнього середовища та раціональному використанні ресурсів.

1.3. Біотехнологічні інновації, які будуть розглянуті в даній магістерській роботі.

В даній магістерській роботі можна розглянути різні біотехнологічні інновації, спрямовані на покращення управління відходами та зменшення негативного впливу побутового сміття на навколишнє середовище. Напрямки, які будуть досліджені в даній роботі:

- Біорозкладання органічних відходів. Розглянемо біотехнології, які використовують мікроорганізми для розкладання органічних відходів, таких як їжа та садові відходи. Дослідження охоплює бактерії, ферменти та інші біологічні компоненти, які допомагають в перетворенні органічних відходів на корисний компост або біогаз.

- Біополімери з використанням відходів: Розглянемо можливості використання біотехнологій для виробництва біополімерів з побутового сміття. Такі біополімери можуть бути використані в промисловості для заміни пластикових матеріалів.

- Біогаз та біопаливо. Розглянемо процеси біогазифікації та перетворення органічних відходів у біопаливо. Це може бути ефективним способом використання органічних відходів для виробництва енергії.

• Метаногенні бактерії та біогаз: Розглянемо роботу метаногенних бактерій у створенні біогазу з органічних відходів. Дослідимо оптимальні умови для цього процесу та його переваги.

• Наноматеріали для очищення відходів: Дослідимо застосування нанотехнологій для створення матеріалів, які можуть використовуватися для очищення та переробки відходів.

• Інтернет речей (IoT) у сміттесмарттість: Розглянемо, як IoT може використовуватися для створення сміттесмартних систем, які відстежують та управляють потоками сміття.

• Автоматизовані системи сортування сміття: Розглянемо біотехнологічні інновації у сфері автоматизованого сортування сміття, що допомагають відокремлювати різні види відходів для подальшої переробки.

Ці інноваційні підходи в області біотехнології будуть досліджені та проаналізовані в даній дипломній роботі з метою виявлення їхнього потенціалу для покращення переробки побутового сміття та зниження екологічного впливу.

1.3.1. Біорозкладання органічних відходів.

Біорозкладання органічних відходів - це природний процес, за якого мікроорганізми, такі як бактерії та гриби, розкладають органічні речовини у воду, вуглекислий газ та органічну масу, яка може слугувати як добриво для ґрунту. Цей процес відбувається в природних умовах і також може бути штучно стимульованим у контрольованих умовах, наприклад, в компостерах чи установках для біологічної обробки відходів.

Основні етапи біорозкладання органічних відходів включають в себе:

• **Виношування органічних відходів:** Перший крок - це збір та виношування органічних відходів зібраних з домогосподарств, садів,

кухонь тощо. Ці відходи можуть включати їжу, садовий біорозкладаючий матеріал, а також деякі паперові вироби.

- Сортивання та підготовка: Важливим етапом є сортування відходів та видалення будь-яких неприпустимих матеріалів, таких як пластик, скло або метал, які можуть завадити біорозкладанню.

- Процес біорозкладання: Органічні відходи потрапляють в умови, які сприяють розкладанню. Мікроорганізми, зазвичай бактерії та гриби, розкладають складні органічні сполуки на простіші речовини, такі як вода, вуглекислий газ та органічна маса. Цей процес випускає енергію, яка може бути використана мікроорганізмами для життєдіяльності.

- Утворення компосту або біогазу: Залежно від умов, відходи можуть перетворюватися в компост або біогаз. У процесі компостування, органічна маса розкладається на поживні речовини, які можуть бути використані як добриво для ґрунту. У процесі біогазифікації, відходи виділяють метан та інші гази, які можуть бути використані як джерело енергії.

- Використання кінцевого продукту: Отриманий компост може бути використаний для поліпшення якості ґрунту в сільському господарстві або городництві. Біогаз може бути використаний для виробництва енергії для опалення, генерації електроенергії або інших цілей.

Біорозкладання органічних відходів є екологічно чистим та сталим методом обробки цих відходів, оскільки воно зменшує об'єм відходів, викидає менше токсичних речовин і сприяє використанню вторинних ресурсів. Тому цей процес є важливою складовою сучасних систем управління відходами.

Біорозкладання органічних відходів можна розглядати з біотехнологічної точки зору, оскільки цей процес базується на активності мікроорганізмів, які здатні розкласти органічні сполуки у природних або контрольованих умовах.

Ось докладніше про хід біорозкладання з біотехнологічної перспективи:

- Мікроорганізми:

Біорозкладання відбувається завдяки дії мікроорганізмів, таких як бактерії, гриби та інші мікроорганізми. Ці організми розкладають органічні речовини, роблячи їх менш складними та більш стабільними сполуками.

- Види органічних відходів:

Органічні відходи включають в себе їжу, рослинні залишки, папір, картон, текстиль та інші матеріали, які містять вуглеводи, білки, жири та інші органічні сполуки.

- Процес розкладання:

Мікроорганізми виробляють ферменти, які каталізують реакції розкладання. Наприклад, ферменти розкладають вуглеводи на простіші цукри, білки на амінокислоти і жири на гліцерин і жирні кислоти.

- Біореактори і компостери:

Для активного біорозкладання можуть використовуватися спеціальні контрольовані установки, такі як біореактори і компостери. У біореакторах створюються оптимальні умови для росту та активності мікроорганізмів, забезпечуючи їм необхідні температуру, вологість, рН і доступ до кисню чи інших дихальних газів.

Компостери - це системи для компостування органічних відходів, де температура і вологість регулюються таким чином, щоб сприяти розкладанню відходів.

- Газоутворення:

У процесі біорозкладання відбувається виділення газів, таких як вуглекислий газ (CO_2), метан (CH_4) та інші. Ці гази можуть бути використані як джерело енергії або видалені з системи з метою запобігання негативному впливу на атмосферу.

- Час розкладання:

Швидкість біорозкладання залежить від багатьох факторів, включаючи тип органічних відходів, умови оточуючого середовища та наявність поживних речовин для мікроорганізмів.

- Використання кінцевих продуктів:

Результатом біорозкладання може бути компост, який може бути використаний як природне добриво для ґрунту, або біогаз, який може бути використаний для виробництва енергії.

Біорозкладання є ефективним та екологічно безпечним методом обробки органічних відходів. З розвитком біотехнологій і впровадженням нових методів контролю, цей процес стає більш продуктивним і стає більш актуальним в контексті сталого розвитку та збереження навколишнього середовища.

1.3.2. Біополімери з використанням відходів.

Використання біополімерів на основі відходів – це важливий аспект сталого розвитку та зменшення використання пластику та інших синтетичних полімерів. З точки зору біотехнології, процес виробництва біополімерів з використанням відходів може бути розділений на декілька етапів:

- Вибір вихідних сировин: Перший етап - це вибір відходів або відновлюваних сировин для виробництва біополімерів. Це може бути біологічний матеріал, такий як біомаса, або органічні відходи, такі як залишки їжі чи рослинні відходи.
- Препарування вихідної сировини: Вихідна сировина піддається обробці для виділення біополімерних компонентів. Наприклад, целюлоза може бути виділена з деревини або бамбуку, а крохмаль зі злаків.
- Гідроліз та ферментація: Виділені біополімерні компоненти піддаються гідролізу - хімічному розкладанню за участю води та ферментів. Наприклад, целюлоза може бути гідролізована до глюкози. Далі

відбувається ферментація, під час якої мікроорганізми (зазвичай бактерії або дріжджі) перетворюють цукри в біополімери, такі як полігидроксиалканоати (PHA).

- Очищення і вирощування біополімерів: Отриману сировину, яка містить біополімери, очищують від забруднень і надлишкових речовин. Потім проводять вирощування мікроорганізмів, які виробляють біополімери, у великих кількостях.

- Екстракція і формування біополімерів: Біополімери виділяють із вирощеної маси та піддають екстракції, де вони стають чистими полімерними матеріалами. Далі ці матеріали можуть бути формовані в різні продукти, такі як плівки, пакети, контейнери та інші вироби.

- Подальша обробка і модифікація: Залежно від потреб ринку, біополімери можуть бути піддані додатковій обробці і модифікації, яка покращує їхні властивості, такі як міцність, термостійкість, устійкість до вологи і інші.
- Використання біополімерів: Кінцеві біополімерні продукти можуть бути використані у різних сферах, включаючи пакування, текстиль, медичну техніку, автомобільну промисловість та інші. Вони можуть бути

біодеградованими або біокомпозитами, що поєднують біополімери з іншими матеріалами для покращення властивостей.

Виробництво біополімерів з використанням відходів має великий потенціал для зменшення використання синтетичних полімерів та забруднення навколишнього середовища. Біотехнологія відіграє ключову роль у цьому процесі, дозволяючи отримувати біополімери з природних джерел та зменшувати вплив на земну екосистему.

1.3.3. Біогаз та біопаливо. процеси біогазифікації та перетворення органічних відходів у біопаливо.

Біогаз та біопаливо є важливими джерелами відновлюваної енергії, які

можна отримувати з органічних відходів. Процеси біогазифікації та виробництва біопалива з органічних відходів мають багато загальних аспектів, але вони включають різні технології та етапи. Ось огляд цих процесів:

Біогазифікація:

Біогазифікація - це процес перетворення органічних відходів у біогаз, який включає головним чином метан та вуглекислий газ.

Основні етапи біогазифікації:

1.Збір органічних відходів: Відходи, такі як органічні рештки їжі, сільськогосподарські відходи, стічні води тощо, збираються для подальшої обробки.

2.Підготовка відходів: Органічні відходи можуть бути розчинені чи змелені, щоб полегшити їх обробку та впровадження у біогазифікаційний реактор.

3.Біогазифікаційний реактор: Очищені органічні відходи вводяться у спеціальний біогазифікаційний реактор, де під впливом мікроорганізмів (головним чином анаеробних бактерій) відбувається розкладання органічних речовин з виділенням газу. Головним компонентом біогазу є метан (CH_4).

4.Збір та очищення біогазу: Сформований біогаз збирається та піддається процесам очищення, щоб видалити нечистоти, сероводень і інші забруднюючі речовини.

5.Зберігання та використання біогазу: Біогаз може бути зберіганий та використовуваний для виробництва електроенергії, тепла, а також як паливо для транспортних засобів.

Виробництво біопалива:

Виробництво біопалива зазвичай передбачає перетворення біомаси (включаючи органічні відходи) на різні види палива, такі як біодизель, біоетанол чи біогаз.

Основні етапи виробництва біопалива:

1.Збір і підготовка сировини: Біомасу, включаючи органічні відходи,

збирають і піддають попередній обробці для виділення біопаливних компонентів.

2.Перетворення в біопаливо: Зазвичай цей етап включає в себе процеси, такі як трансестерифікація (для виробництва біодизелю з рослинних олій), ферментація (для виробництва біоетанолу з цукрового чи крохмалю) та інші методи для виробництва біопалива.

3.Очищення та обробка біопалива: Отримане біопаливо піддається очищенню та обробці для видалення нечистот і підвищення якості продукту.

4.Зберігання та використання біопалива: Готове біопаливо може бути зберігане і використовуване в транспорті, енергетичному виробництві або інших галузях.

Якщо процеси біогазифікації та виробництва біопалива виконані ефективно, вони можуть виробляти енергію і паливо, що є більш сталими та екологічно чистими, порівняно з традиційними джерелами енергії та палива, що використовуються нафтою чи природним газом.

1.3.4.Метаногенні бактерії та біогаз.

Метаногенні бактерії є ключовими учасниками в процесі біогазоутворення з органічних відходів. Біогаз - це суміш газів, в якій основним компонентом є метан (CH_4), а також включає карбоновий діоксид (CO_2), деякі звичайні гази та дуже невелику кількість інших газів.

Основні аспекти роботи метаногенних бактерій та процесу біогазоутворення включають таке:

1. Роль метаногенних бактерій:

Метаногенні бактерії є групою мікроорганізмів, які відіграють ключову роль у біохімічних процесах розкладання органічних речовин у біогаз, головним чином у метан. Вони є анаеробами, що означає, що вони функціонують у відсутності кисню. Основна функція метаногенних бактерій - це конвертувати органічні сполуки, такі як ацетати, водень і вуглекислий газ, у метан та вуглекислий газ. Цей процес відомий як метаногенез.

Приклади метаногенних бактерій включають роди *Methanobacterium*,

Methanococcus, *Methanosarcina*, *Methanosaeta* та інші. Ці бактерії різні за формою, розміром та оптимальними умовами для їхньої діяльності. Кожен вид метаногенних бактерій може бути спеціалізованим на розкладанні конкретних органічних сполук.

2. Оптимальні умови: Метаногенні бактерії потребують специфічних умов для ефективного ферментативного розкладання органічних відходів у біогаз.

Основні умови включають:

- Температура: Ця умова залежить від типу метаногенних бактерій, але оптимальна температура може бути в діапазоні від 35°C до 55°C.

- рН: Нейтральний або слабкокислий рН (близько 7) вважається оптимальним для біогазового процесу.

- Поживні речовини: Метаногенні бактерії потребують різних поживних речовин, таких як азот, фосфор та мікроелементи, для нормального функціонування.

- Субстрат: Органічні відходи, які служать як субстрати для метаногенних бактерій, можуть включати різні біомаси, органічні речовини та відходи рослинництва.

3. Переваги біогазоутворення:

- Відновлюваний джерело енергії: Біогаз є відновлюваною джерелом енергії, оскільки він виробляється з органічних відходів, таких як стічні води, харчові відходи та рослинні відходи.

- Сприяє видаленню відходів: Процес біогазоутворення допомагає видалити органічні відходи, що може зменшувати негативний вплив на довкілля.

- Зменшення викидів парникових газів: Використання біогазу як джерела енергії може сприяти зменшенню викидів парникових газів, таких як метан, у повітря.

Виробництво енергії та тепла: Біогаз може бути використаний для виробництва електроенергії та тепла.

• Можливості використання: Біогаз може бути використаний у промисловості, сільському господарстві та комунальному господарстві.

• Споживання відходів: Використання органічних відходів у процесі біогазоутворення споживає їх та зменшує потребу в сміттєзвалищах.

Процес біогазоутворення з органічних відходів є сталим джерелом відновлюваної енергії та сприяє зменшенню викидів парникових газів, розвитку стійкого сільського господарства та створенню робочих місць.

1.3.5. Наноматеріали для очищення відходів.

Застосування нанотехнологій для створення матеріалів, призначених для очищення та переробки відходів, відкриває широкі можливості для покращення

управління відходами та зменшення негативного впливу на довкілля. Ось деякі засоби та матеріали на основі нанотехнологій, які можуть бути використані для цілей очищення відходів:

• Нанокаталізатори: Нанокаталізатори - це наноматеріали, які можуть покращити кінетику та ефективність реакцій очищення відходів. Наприклад, нанокаталізатори можуть використовуватися для перетворення шкідливих органічних сполук в менш токсичні продукти.

• Наносорбенти: Наносорбенти - це матеріали, які використовуються для поглинання забруднень та токсичних речовин з відходів або середовища. Наносорбенти можуть бути використані для очищення води, ґрунту та інших середовищ від забруднень.

• Нанокompозити: Нанокompозити - це комплексні матеріали, які містять наночастинки або наноструктури. Вони можуть бути використані для підвищення міцності та довговічності конструкцій для управління відходами, наприклад, для створення більш ефективних сміттєзвалищ або об'єктів для відновлення вторинних ресурсів.

• Нанокондитні мембрани: Нанотехнології можуть бути використані для створення нанокондитних мембран, які дозволяють відділяти та очищати різні речовини з рідини або газу. Це може бути важливим для очищення стічних вод або видобутку корисних речовин з відходів.

• Наносвітлодіоди (LED): Використання наносвітлодіодів може покращити процеси освітлення на об'єктах управління відходами, що допоможе зменшити витрати енергії та вплив на довкілля.

• Нанорозуміння та моніторинг: Нанотехнології можуть бути використані для розробки біосенсорів та датчиків для моніторингу забруднень відходів та ефективності процесів очищення.

Застосування нанотехнологій у сфері очищення відходів дозволяє підвищити ефективність процесів, зменшити викиди токсичних речовин та сприяти створенню більш стійких та екологічно чистих систем управління відходами.

1.3.6. Інтернет речей (IoT) у сміттесмартності.

Інтернет речей (IoT) в сміттесмартності може відкривати багато можливостей для покращення управління відходами та оптимізації процесів їх збору та обробки. Ось кілька способів, які IoT може бути використаною для створення сміттесмартних систем:

• Сміттесмарт-контейнери: Спеціальні сміттесмарт-контейнери можуть бути обладнані сенсорами, які вимірюють рівень заповнення контейнера. Ці дані можуть передаватися через мережу IoT до системи управління відходами, яка автоматично розпоряджається процесом збору сміття.

• Маршрутизація оптимізована під час руху: IoT може використовувати дані про рівень заповнення сміттесмарт-контейнерів для оптимізації маршрутів сміттєвозів. Це дозволить зменшити час та витрати на збір сміття.

• Моніторинг стану відходів: IoT може допомагати в моніторингу та класифікації видів відходів. Спеціальні сенсори можуть розпізнавати певні види сміття та відстежувати їх походження, що може бути корисним для вдосконалення процесів переробки та управління.

• Оповіщення про заповнення: Сміттесмартні системи можуть автоматично надсилати сповіщення службам управління відходами та сміттєзорникам про необхідність вивезення сміття, що сприяє більш ефективному використанню ресурсів.

• Ефективна переробка: IoT може використовувати дані для оптимізації процесів переробки сміття. Наприклад, автоматичне сортування відходів на сміттєпереробних заводах може бути управляне з використанням даних від сміттесмарт-систем.

• Моніторинг джерела забруднення: IoT може допомагати визначати джерела забруднення та здійснювати моніторинг викидів. Це важливо для виявлення джерел забруднення навколишнього середовища та вжиття заходів щодо їх зменшення.

• Відслідковування обсягів вторинної переробки: IoT може допомагати відстежувати обсяги вторинної переробки сміття, що дозволяє визначити ефективність програм переробки та рециклінгу.

Сполучення IoT і сміттесмарт-технологій дозволяє покращити управління відходами, зменшити витрати та покращити довкілля шляхом оптимізації процесів сміттєзбору та переробки.

1.3.7 Автоматизовані системи сортування сміття.

Автоматизовані системи сортування сміття використовуються для відокремлення та класифікації різних видів відходів з метою подальшої переробки або утилізації. Ці системи допомагають зменшити вплив відходів на довкілля, підвищити ефективність переробки та знизити витрати на сортування відходів вручну. Ось деякі біотехнологічні інновації у сфері автоматизованого сортування сміття:

- Використання машинного навчання та штучного інтелекту:

Сучасні системи сортування сміття можуть використовувати алгоритми

машинного навчання для розпізнавання різних матеріалів та видів відходів на основі їхніх характеристик та зображень. Це дозволяє автоматично відокремлювати папір, пластик, скло, метал та інші матеріали.

- Сенсорні технології: Сенсори, такі як інфрачервоні камери та

лазерні сканери, використовуються для визначення характеристик відходів, таких як їхні розміри, форма та оптичні властивості.

- Роботизовані маніпулятори: Роботизовані маніпулятори

використовуються для відокремлення та переміщення відходів у відповідні контейнери або конвейери для подальшої обробки. Ці маніпулятори можуть бути програмовані для виконання різних завдань сортування.

- Екосистеми зв'язку: Системи сортування можуть бути

підключені до мережі IoT для збору та передачі даних про процес сортування та роботу обладнання. Це дозволяє операторам моніторити та керувати системою в режимі реального часу.

- Використання роботів: Роботи, оснащені системами

комп'ютерного зору та сенсорами, можуть бути використані для автоматичного сортування відходів на сміттесортувальних лініях.

Переваги використання автоматизованих систем сортування сміття включають підвищену продуктивність, зменшення помилок, економію ресурсів та зниження впливу відходів на довкілля. Ці технології допомагають

розв'язувати проблеми сортування та переробки відходів у більш ефективний та екологічно чистий спосіб.

1.4. Аналіз сучасного стану поводження з побутовими відходами в Україні.

Ситуація у сфері поводження з відходами характеризується зменшенням загального обсягу утворення відходів, але прогресуюче накопичення їх триває і доходить до критичних меж. Внаслідок діяльності численних промислових підприємств, які використовували недосконалі ресурсоемкі технології, загалом в Україні накопичилося близько 30 млрд. т промислових відходів на площі понад 160 тис. гектарів. На даний час в Україні щороку 1500 підприємствами утворюється до 1,7 млрд. т. промислових відходів, а використовується в народному господарстві приблизно 5-12%, а в розвинених країнах вони використовуються на 60-80%.

В Україні стан поводження з побутовими відходами в край незадовільний. На вирішення цієї проблеми необхідно зосередити зусилля всіх органів державного управління в галузі охорони навколишнього природного середовища. Переважна більшість виробничих і побутових відходів продовжується накопичуватися на територіях підприємств та військових об'єктів. Обладнання майданчиків для тимчасового зберігання відходів відбувається за узгодженням державної санітарно-епідеміологічної служби України, однак переважна більшість місць зберігання відходів на жаль не відповідає усім умовам екологічної безпеки. В країні не вирішена проблема утилізації технологічних відходів харчової промисловості, зокрема рідких відходів спиртзаводів (післяспиртова барда), молокозаводів (сироватка) та маслозаводів (соапстоки). Жодний з 27 спиртзаводів в Україні не здійснює утилізацію післяспиртової барди, а вивозить її на за межі підприємства (бардополя). Вичерпали потужності полігони ТПВ Хмельницької області, м. Маріуполя, м. Приморськ Запорізької області, м. Генічеськ Херсонської області, м. Чернігів, м. Житомир та ін. Всього по країні кількість перевантажених полігонів ТПВ складає понад 200 одиниць. Незадовільний екологічний стан

Дзвівського міського полігону ТПВ, який влаштовано без проекту у 1959 році. В зоні впливу полігону виявлено значне перевищення встановлених норм забруднюючих речовин в у поверхневих водоймах та у ґрунтах. Подібна ситуація виявлена у Хмельницькій області у межах впливу 9-х місць видалення відходів .

Внаслідок порушення технології складування відходів відбувається періодичне їх горіння на полігонах ТПВ м. Обухова Київської області, м. Василівка Запорізької області, м. Одеса, на багатьох полігонах в Луганській області та ін. В Закарпатській області поводження з ТПВ є однією з найбільш гострих проблем

природоохоронного спрямування. Відсутність ефективної системи збору, видалення та їх переробки особливо в басейнах транскордонних річок Уж,

Латориця, Тиса, призводить до забруднення водотоків сусідніх країн - членів Євросоюзу. В Київській області проблемним питанням є розміщення відходів

які утворюються в м. Києві на полігоні № 5 ВАТ "Київспецтранс" (Обухівський район). Фільтрат, який утворюється при експлуатації полігону, продовжує накопичуватися в озерах-накопичувачах першої та другої черг полігону, його кількість складає близько 680 тис. тонн. Накопичення фільтрату становить небезпеку для навколишнього природного середовища.

Екологічне законодавство України визначило основні напрями державної політики щодо поводження з відходами:

а) забезпечення повного збирання і своєчасного знешкодження та видалення відходів, а також дотримання правил екологічної безпеки при поводженні з ними;

б) зведення до мінімуму утворення відходів та зменшення їх небезпечності;

в) забезпечення комплексного використання матеріально-сировинних ресурсів;

г) сприяння максимально можливій утилізації відходів шляхом прямого повторного чи альтернативного використання ресурсно-цінних відходів;

д) забезпечення безпечного видалення відходів, що не підлягають утилізації, шляхом розроблення відповідних технологій, екологічно безпечних

методів та засобів поводження з відходами;

е) організація контролю за місцями чи об'єктами розміщення відходів для запобігання шкідливому впливу їх на навколишнє природне середовище та здоров'я людини;

є) здійснення комплексу науково-технічних та маркетингових досліджень для виявлення і визначення ресурсної цінності відходів з метою їх ефективного використання;

ж) сприяння створенню об'єктів поводження з відходами;

з) забезпечення соціального захисту працівників, зайнятих у сфері поводження з відходами;

и) обов'язковий облік відходів на основі їх класифікації та паспортизації.

Серед мір, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки, важливе місце займають правові заборони, екологічне ліцензування, екологічна стандартизація, сертифікація й експертиза, екологічний моніторинг і аудит, екологічне планування і прогнозування, нормування, лімітування і страхування. Їхній правовий зміст стосовно до екологічної безпеки передбачено в різних актах екологічного законодавства і заслуговує короткого позначення.

Основними принципами державної політики у сфері поводження з відходами в Україні є пріоритетний захист довкілля та здоров'я людини від негативного впливу відходів, забезпечення ощадливого використання матеріально-сировинних та енергетичних ресурсів, науково обгрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства щодо утворення та використання відходів з метою забезпечення його сталого розвитку (Закон України «Про відходи»). В Україні на тепер вже сформована програмна політика поводження з відходами, яка має досить високий рівень відповідності законодавству ЄС та його реалізації, з огляду на національні особливості. Серед недоліків нормативно-правової бази України у сфері поводження з відходами слід також відзначити відсутність: чітко визначеної відповідальності громадян за неправильне поводження з відходами; відповідальності виробників за утилізацію відходів, що утворилися внаслідок використання їхньої продукції; норм,

зобов'язуючих до сортування відходів; положень, що закріплюють пріоритет утилізації відходів над їх захороненням; єдиного кодификованого акта, яким має регулюватися сфера поводження з відходами і який би чітко відображав політику держави. Враховуючи, що нині обсяги утворення відходів продовжують наростати, а повноцінний статистичний облік відходів не ведеться, застосування норм міжнародного права і позитивного міжнародного досвіду дозволить успішно реалізовувати проекти і програми поводження з відходами і формувати ефективні підходи до управління ними.

1.4.1. Закон «Про управління відходами».

9 липня 2023 року набув чинності Закон України «Про управління відходами». Цей довгоочікуваний документ запускає реформу управління відходами та наближає наше законодавство до законодавства ЄС.

Це не означає, що 9-го липня ми прокинулися у країні, де більше немає звалищ, існує сміттєпереробна інфраструктура і оброблення відходів здійснюється з урахуванням найкращих технічних рішень. Нашим європейським сусідам на «сміттьеву революцію» знадобилося 20, а декому – і 30 років, і вони досі переглядають підходи та вдосконалюють законодавство. Україна ж лише стоїть на порозі змін.

Рамковий закон, це той фундамент, на якому будуватиметься реформа. Ним передбачено наступні зміни в управлінні відходами:

Нова дієва дозвільна система

Децентралізація управління відходами

Багаторівневе планування

Розбудова інфраструктури

Європейські принципи – ієрархія управління відходами, розширена відповідальність виробника, «забруднювач платить».

Нова дозвільна система – облік і контроль

Закон «Про управління відходами» врегульовує питання дозвільної системи, визначає необхідний пакет документів для отримання дозволів,

приналежність їх до відповідних реєстрів і передбачає подання електронної звітності завдяки сервісам «ЕкоСистеми».

Це так званий “блокчейн” для відходів, аби можна було прослідкувати, хто та скільки утворює-перевозить-обробляє. Взяти відходи під контроль держави та громад допоможе інформаційна система управління відходами. Зокрема, вона дозволить вивести з тіні сферу управління відходами. Вже сьогодні розроблені перші сервіси інформаційної системи. Створено кабінет для реєстрації облікового запису, презентовано тестову версію дозволу на оброблення відходів, функціонує послуга видачі документів для транскордонного перевезення відходів.

Децентралізація – розподіл повноважень та чіткі правила співпраці

Закон також урегулює питання розділення повноважень між міністерствами, органами місцевого самоврядування та місцевими органами влади.

Відтепер встановлено належне регулювання ринку відходів, прописані чіткі правила співпраці органів місцевого самоврядування, інвесторів, переробних підприємств, виробників продукції та товарів, що дозволяють надавати якісні та доступні послуги у сфері управління відходами.

Постановою Кабінету Міністрів України від 7 липня 2023 р. № 695 затверджено «Порядок здійснення контролю за виконанням інвестиційних програм у сфері управління побутовими відходами, згідно з вимогами якого контроль за виконанням інвестиційних програм суб’єктів господарювання здійснюватиметься виконавчими органами сільських, селищних, міських рад».

Багаторівневе планування – Національний план, регіональні та місцеві плани

Нове законодавство передбачає рух від державного плану управління відходами аж до планів управління відходами підприємств.

Постановою Кабінету Міністрів України від 30.06.2023 р. № 667 затверджено «Порядок розроблення та затвердження регіональних планів управління відходами». Саме вони стануть частиною Національного плану

управління відходами.

На сьогодні обласні військові адміністрації вже розробили 15 проєктів регіональних планів управління відходами.

Регіональний план управління відходами визначає, які місця видалення відходів можна використовувати, а які мають бути рекультивовані, скільки та яких підприємств для оброблення відходів потрібно збудувати.

Щоб на заміну полігонам та звалищам була сучасна інфраструктура, потрібні інвестиції та час. Проблема накопичення відходів на звалищах наростала не одне десятиліття і зараз ми говоримо про початок докорінної зміни

підходів в управлінні відходами. Рамковий закон передбачає приведення усіх існуючих місць видалення відходів у відповідність. А ті, котрі не відповідатимуть європейським нормам, будуть закриті.

Розбудова інфраструктури – все, щоб мінімізувати захоронення

Не дивлячись на складні виклики воєнного часу, перед якими Міндовкілля постає щодня, ми не стоїмо на місці.

Вже розроблено Національний план розміщення заводів з оброблення відходів, відповідно до якого передбачено створення близько 200 нових об'єктів оброблення відходів.

Проведено низку зустрічей з потенційними інвесторами із залученням представників місцевих органів влади.

Розпочато реалізацію щільного проєкту з Київською обласною державною адміністрацією та ОМС з будівництва двох заводів. Крім того, відповідні консультації ведуться з Івано-Франківською, Полтавською та Закарпатською ОДА.

Найближчим часом планується підписання Меморандуму про співпрацю з 26 громадами Київщини у сфері поводження та утилізації твердих побутових відходів.

Впровадження європейських принципів управління відходами – перші кроки до вступу в ЄС

Рамковий Закон не буде дієвим без подальшого розвитку секторального

законодавства. Саме галузеві законопроекти покликані дати початок системі розширеної відповідальності виробника (РВВ), яка давно і успішно працює в Європі. Вже розроблені проекти Законів України «Про упаковку та відходи упаковки», «Про відходи електричного і електронного обладнання». У роботі законопроект «Про батареї і акумулятори». Європейські експерти, які були залучені до їх розробки та консультацій, відзначили цілковиту відповідність законопроектів Європейським директивам.

Ми багато говоримо про побутові відходи, бо це близько кожному українцю. Та найбільшу частку усіх відходів в Україні становлять інші відходи – відходи видобувної промисловості. Вже підготовлені два законопроекти «Про управління відходами видобувної промисловості» та «Про внесення змін до Податкового кодексу України щодо екологічного податку, що справляється за захоронення відходів та розміщення відходів видобувної промисловості».

Для реалізації положень Закону України «Про управління відходами» передбачена розробка Міністерством 17 нормативно-правових актів, деякі з них вже ухвалені, деякі готуються до подання до КМУ, інші – проходять процедуру узгодження, частина знаходиться на фінальній стадії розробки. Крім згаданих 17 НПА додатково розроблені 6 проектів наказів. Увесь перелік ми дамо нижче.

Ми розпочинаємо реформу, розуміючи суспільний запит щодо формування належної системи управління відходами. Цей виклик є одним з ключових для Міндовкілля, в тому числі, в контексті євроінтеграційного руху України. Адже шлях реформ має стати для України шляхом вступу до Європейського Союзу.

Перелік нормативно-правових актів, спрямованих на реалізацію положень рамкового Закону «Про управління відходами».

Ухвалені

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 30 червня 2023 р. № 667 «Про затвердження Порядку розроблення та затвердження регіональних планів управління відходами».

Н 2. Постанова Кабінету Міністрів України від 19 червня 2023 р. № 625 «Деякі питання поводження з побутовими відходами в особливих умовах».

Н 3. Постанова Кабінету Міністрів України №1073 «Про затвердження Порядку поводження з відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків».

На стадії підготовки до винесення на розгляд КМУ

НА 1. Проект постанови Кабінету Міністрів України «Деякі питання віднесення речовин або предметів до побічних продуктів».

НА 2. Проект постанови КМУ “ Внесення змін до Положення Міндовкілля”.

НА 3. Проект постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку класифікації відходів та Національного переліку відходів».

НА 4. Проект постанови Кабінету Міністрів України «Деякі питання оголошення припинення статусу відходів».

Н Розроблені та знаходяться на погодженні з ЦОВВ

Н 1. Проект постанови Кабінету Міністрів України «Порядок створення та адміністрування інформаційної системи управління відходами».

Н 2. Проект постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження порядку подання декларації про відходи та її форми».

Н 3. Проект постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності з управління небезпечними відходами».

Н У Д О Ш І У К Р А І Н И

4. Проект постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку виявлення та обліку відходів, власник яких не встановлений».

5. Проект постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку видачі (відмови у видачі, анулювання) дозволу на здійснення операцій з оброблення відходів».

6. Проект постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку розроблення, погодження та затвердження місцевих планів управління відходами».

7. Проект постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження технічних вимог до експлуатації установок зі спалювання відходів та установок із сумісного спалювання відходів».

8. Проект постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку здійснення моніторингу об'єктів оброблення відходів».

9. Проект Постанови «Про затвердження Технічного регламенту класифікації небезпечності, маркування та пакування хімічної продукції».

На фінальній стадії розробки

1. Проект постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Національного плану управління відходами», який включатиме Національну програму запобігання утворенню відходів та Національну програму зменшення захоронення біовідходів.

2. Проект постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження порядку надання письмової згоди (повідомлення) на транскордонне перевезення небезпечних відходів та висновку на транскордонне перевезення відходів».

3. Проект наказу Міндовкілля «Про затвердження порядку розроблення планів управління відходами підприємств, установ та організацій».

4. Проект наказу Міндовкілля «Про затвердження порядку державного
Н обліку відходів та подання звітності».

5. Проект наказу Міндовкілля «Про затвердження форми та порядку
обліку відходів».

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Розділ 2. Біогаз та біопаливо, процеси біогазифікації та перетворення органічних відходів у біопаливо, як вибір біотехнологічної інновації в технічній частині магістерської роботи.

2.1. Обґрунтування вибору технології виробництва біогазу з твердих побутових відходів.

2.1.1. Обґрунтування вибору способу переробки органічної фракції твердих побутових відходів.

Існує цілий ряд способів поводження з відходами, які дозволяють в тій чи іншій мірі вилучити корисні матеріальні та енергетичні ресурси з відходів.

Зокрема органічна фракція ТПВ може як перероблятися чи утилізуватися разом з іншими компонентами так і перероблятися окремо з отриманням цінних продуктів.

Загалом методи знешкодження та утилізації відходів можна розділити на :

- захоронення на полігонах ТПВ з подальшим отриманням метану з тіла полігону;
- спалювання;
- інші термічні методи переробки відходів – піроліз та газифікація;
- компостування;
- анаеробна обробка з отриманням біогазу.

Захоронення на звалищах є технологічно найпростішим методом утилізації відходів, проте, хоч правильне влаштування полігонів ТПВ частково і вирішує проблему забруднення довкілля і дозволяє отримати енергію з відходів, цей метод потребує тривалого виділення великих площ земель, які ще довгий час залишаються не придатними для господарського користування. При такому методі поводження з відходами велика частка матеріальних ресурсів, що містяться у відходах залишається. Технології термічного знешкодження включають спалювання, газифікацію, піроліз і плазмову газифікацію. Звичайне спалювання вкпочас масове спалювання, яке може проводитися в одну чи дві стадії, та спалювання в киплячому шарі, що використовують тепер у всьому світі. Найбільш поширеним масовим спалюванням є одностадійне спалювання на

похилих або рухомих колошникових решітках.

Двостадійне спалювання полягає в доспалюванні на другій стадії відхідних газів в середовищі з надлишком кисню і подаванні тепла в котел утилізатор.

Піроліз і газифікація відрізняються досить складними технологічними процесами і меншою мірою придатні для використання в промисловому масштабі.

Для всіх процесів термічного знешкодження відходів характерні три стадії, які перекриваються, але можуть бути розділені в просторі і часі :

- сушіння і дегазація (видалення летких речовин при 100-300°C);

- піроліз і газифікація (розклад органічних речовин без доступу кисню при 250- 700°C з утворенням синтез-газу (H_2 і CO), смол і обвугленого залишку);

- окиснення горючих газів (синтез-газу) при 800-1450°C

Високотемпературний піроліз вважається одним з найперспективніших напрямів переробки твердих побутових відходів як з погляду екологічної безпеки, так і отримання вторинних корисних продуктів: синтез-газу, рідкого палива, металів та інших матеріалів, які можна широко застосовувати в енергетиці, хімічній промисловості та інших галузях .

Газ, який отримують в процесі піролізу, має переваги над природним, тому що не містить сполук сірки й азоту. Однак у зв'язку з низькою теплотою згоряння, труднощами акумуляції і збереження піролізного газу його неможливо збирати і транспортувати на значну відстань, внаслідок чого споживач газу повинний знаходитися не далі 3 км від піролізної установки .

За допомогою високотемпературної газифікації економічно вигідно і технічно відносно просто переробляти тверді побутові відходи. При цьому немає потреби в попередньому сортуванні, сушінні та інших видах підготовки.

Значно доцільніше проводити сортування ТПВ з подальшою переробкою ресурс оцінних компонентів та утилізацією тих фракцій відходів, які не підлягають переробці. Таким методом поводження з відходами не тільки дозволяє максимально вилучити енергію і ресурси з відходів, але і є найбільш безпечним для довкілля.

Ідеальним методом сортування є сортування на рівні населення, адже при цьому не відбувається забруднення сировини, що далі буде перероблятися (паперу, пластику, скла) залишками харчових відходів, а органічна фракція не забруднюється дрібними компонентами відходів, що не піддаються біодеструкції. Відсортовану органічну фракцію ТПВ можна переробляти наступними методами:

- компостування;
- анаеробна обробка (зброджування);
- вермикомпостування.

Більшого поширення для переробки органічної фракції міських ТПВ набули компостування та анаеробне зброджування. Відповідно до рекомендується переробляти ТПВ одним цих двох методів. Обидва методи дозволяють ефективно знешкодити відходи та отримати цінне добриво, яке використовується для підвищення родючості ґрунтів. При сортуванні відходів на місцях (населенням) добриво, що отримують цим шляхом не містить інквізивних для довкілля та токсичних для людини та інших живих організмів компонентів.

Анаеробне зброджування, хоч і потребує складнішого обладнання проте дозволяє ще й вилучити частину енергії, акумульованої у відходах. Біогаз, що отримують шляхом анаеробного зброджування можна використовувати різними шляхами: спалювати в когенераційних установках з отриманням електроенергії, очищати та використовувати як заміник природного газу, використовувати як моторне паливо тощо.

Перевагами методу анаеробного зброджування перед компостуванням також є менша тривалість процесу (7-20 днів в порівнянні з 2-7 місяців), відсутність потреби у великій площі для розміщення буртів.

Ще одним перспективний напрямом у компостуванні є вермикюльтура – використання спеціальних культур дощових черв'яків, а саме каліфорнійських червоних (*Eisenia foetida*). Черви в процесі життєдіяльності перетворюють субстрат (відходи) в повноцінний білок і екологічно чисте добриво – біогумус. Вихід готового продукту, в залежності від виду субстрату і умов життєдіяльності

черв'яків досягає 40–60 %, тобто з однієї тони органічних відходів можна отримати 400–600 кг біогумусу – цінного органічного добрива, а також 100 кг білкової маси, яку можна використати для годівлі тварин, птахів чи риби. З огляду на вищесказане, враховуючи задані витрати відходів, вважаємо доцільним вибір анаеробного зброджування для переробки органічної фракції ТПВ.

2.1.2. Обґрунтування вибору технології зброджування органічної фракції твердих побутових відходів.

На відміну від фізичних та хімічних методів, окрім отримання енергії, яка в даному випадку отримується за рахунок спалювання біогазу, при біологічній конверсії органічної фракції ТПВ в біогаз отримують ще побічні продукти, які можуть бути використані в різних галузях промисловості.

При метановому бродінні виділяється біогаз і утворюється осад, який містить у своєму складі залишки поживного середовища та бактеріальну біомасу, який може бути використаний в якості біодобрива в сільському господарстві. Існує велика різноманітність методів отримання біогазу, проте всі їх можна звести до декількох варіантів з огляду на технічні характеристики процесу.

Принципова відмінність в роботі метантенків різних видів полягає в способі подачі сировини (методи порційної подачі, проточний), типі змішування маси, що зброджується (повне змішування або пробкове проштовхування), кількості ступенів процесу (одно- або багатоступінчата система) і по консистенції субстрату (твердий субстрат або метод переробки в текучому/мокрому вигляді).

Метод періодичної (порційної) подачі .

Для методу порційної подачі (в цьому випадку термін з англійського —batch означає завантаження, наповнення, порція) характерне наповнення бродильної камери за один прийом. Порція проходить бродіння до кінця заданого для цього часу, впродовж якого субстрат не додають і не виймають.

Виробництво газу починається після наповнення, досягає максимальної

продуктивності, після чого починає падати. Під кінець, по закінченню заданого часу бродіння, бродильна камера опустошується також за один прийом. При цьому частину збродженого осадку повертають назад, щоб інокулювати нову порцію субстрату мікробною асоціацією.

Для методу порційної подачі характерні:

- окрім рідких субстратів можна також переробляти тверді субстрати з високим вмістом сухої речовини;

- профілактичні огляди і ремонт ферментатора можна проводити після кожного циклу;

- необхідно мати масу для рециркуляції, яка в окремих випадках може досягати великих порцій;

- нерівномірне вироблення газу, якщо не використовувати послідовно декілька резервуарів;

- високий ефект гігієнізації процесу.

Проточний метод (безперервний).

При проточному методі роботи реактора метантенки постійно заповнені сумішшю, що зброджується. При подачі свіжого субстрату рівна йому кількість виштовхується з метантенка.

Проточний метод характеризується:

- послідовною подачею;

- постійним процесом бродіння;

- стабільним виходом біогазу в часі;

К - профілактика і ремонт наповненого ферментатора можливі не в повному об'ємі .

Метод повного змішування.

На практиці часто використовують метаногенні реактори, в яких субстрат, що подається повністю переміщується з вмістом метантенка. Завдяки цьому відпадає необхідність в рециркуляції частини збродженої суміші і процес починається безпосередньо після внесення нової порції субстрату.

Зрозуміло, що в проточних установках час бродіння субстрату тоді відповідає розрахованому середньому часу бродіння, оскільки внаслідок змішування частина свіжого матеріалу покидає метантенк. При плануванні цього чиннику необхідно також приділити увагу.

Метод пробкового проштовхування субстрату.

В установках, що використовують пробкове проштовхування, субстрат просувається як пробка в поздовжньому напрямі по ферментатору. Діаметр такого резервуару повинен бути набагато меншим ніж його довжина, слід розраховувати співвідношення діаметру до довжини як мінімум 1:4 .

Мішалку необхідно встановити впоперек до напрямку течії, вона може також підігрівати тентю. Перемішування переважно відбувається в поперечному напрямі. При певних обставинах може виникнути потреба в заправці (додаванні переродженого субстрату) з метою якнайшвиднішого приведення процесу в дію.

Важливо відзначити, що така конструкція займає багато місця .

Залежно від виконання мішалки, установки такого типу можна завантажувати істотно вище ніж установки повного змішування. На практиці відоме завантаження 5-10 кг органічної сухої речовини на м³ об'єму ферментатора в день. Як правило після описаного типу ферментатора

встановлюють великий доброджувач, який робить можливим тривале бродіння.

Одно- або багатоступінчатий метод.

Бродіння субстрату з метою отримання біогазу може проходити з

використанням одно або багатоступінчатого методу ведення процесу.

При використанні одноступінчатого методу процес бродіння проходить 3 етапи в одному і тому ж резервуарі. Тому, для систем повного перемішування всі етапи метанового бродіння відбуваються паралельно в часі і просторі. Для установок системи періодичного режиму роботи ці процеси відбуваються послідовно в часі один за іншим.

В установках пробкового руху спостерігається певне часове зміщення. При багатоступінчатому методі різні етапи процесу метанового зброджування розділять по різних реакторах або за допомогою влаштування кількох камер у одному ферментаторі.

Враховуючи, що для мікроорганізмів різних етапів метанового зброджування необхідні різні умови середовища, цей метод хоч і є дорожчим через необхідність влаштування двох реакторів, але часто дозволяє досягнути більшої ефективності процесу.

Багатоступінчаті методи використовуються:

- якщо субстрат повинен обов'язково пройти гігієнізацію;
- якщо об'єм бродильної камери невеликий, а необхідно підвищити ступінь гідролізу або розкладання;
- якщо субстрати важко перемішувати з технічної точки зору і при дуже великому завантаженні ферментатора, якщо планується пробковий рух субстрату.

Для зброджування органічної фракції ТПВ обираємо мезофільний режим зброджування, вологий тип ферментації та одноступінчасте зброджування. Режим роботи метантенка – безперервний.

2.1.3. Вибір типу метантенка.

За типом розташування та площиною руху сировини в реакторі метантенки поділяють на вертикальні та горизонтальні.

Горизонтальне розташування має певні переваги перед вертикальним особливо при використанні сухого способу зброджування. В горизонтальних

конструкціях можна застосовувати потужні, надійні в експлуатації і енергоощадні механічні перемішувачі пристрої, завдяки яким досягається кращий ефект перемішування, направлений перпендикулярно до течії.

При цьому значного перемішування у напрямі течії не відбувається.

Завдяки цьому складаються сприятливі умови з погляду біохімічних процесів біосинтезу метану. Для горизонтальних метантенків характерні високі навантаження за органічною речовиною, які можуть досягати до $7-10 \text{ кг/м}^3$.

Недоліком горизонтальних метантенків є велика потреба в площі для розміщення. Велика площа поверхні, в порівнянні з об'ємом (і як наслідок –

високі тепловтрати) та необхідність додавати інокулят (зброджений субстрат) з кінця метантенка на початок також є значними недоліками. У зв'язку з цим вертикальні метантенки, як правило будують об'ємом до 1000 м^3 .

Горизонтальні ферментатори виготовляються переважно у вигляді циліндричних металевих баків і розміщуються над поверхнею ґрунту. Бетонні метантенки можуть мати також квадратну або прямокутну форму поперечного перерізу і частково бути розміщені нижче рівня поверхні ґрунту.

Вертикальні метантенки переважно мають круглу форму поперечного перерізу. В порівнянні з горизонтальним варіантом вони мають ту перевагу, що

вони компактніші, мають вигідніше співвідношення площі поверхні до об'єму, що зменшує витрати матеріалів і тепловтрати. Вони не обмежені в своїх об'ємах, на сьогоднішній день існують типові конструкції вертикальних метантенків

об'ємом до 6000 м^3 . Днище вертикальних метантенків може бути у вигляді півсфери або конусу. Для метантенків великих об'ємів рекомендовано використовувати конічні днища.

Досягнути умов пробкового проштовхування в вертикальних метантенках неможливо, тому всі вони працюють за принципом повного або часткового

змішування. Вимоги до перемішувача пристрою в вертикальних метантенках значно вищі, оскільки потрібно забезпечити створення умов для практично

повної гомогенізації та вертикального перемішування.

Для нормального протікання процесу збродження навантаження

вертикальних метантенків за органічною речовиною має бути 4 кг органічної речовини на м³ резервуару. І залежить від розмірів метантенка, типу мішалок і їх потужності, а також від властивостей субстрату, який зброджується.

Наземне або підземне розміщення метантенка.

Наземне розміщення обирають, як правило, при високому рівні ґрунтових вод та невеликих об'ємах самого метантенка. У разі використання наземного розміщення обов'язковим є використання зовнішньої теплоізоляції.

Неповне занурення, надземне або підземне розміщення вертикальних резервуарів обирають залежно від рівня ґрунтових вод.

Повністю підземні метантенки більш енергоефективні через низькі тепловтрати, не міняють загального виду ландшафту, не займають місце над поверхнею землі, але потребують виконання земляних робіт на етапі спорудження. Варто враховувати, що більшість допоміжних комунікацій в разі підземного розміщення метантенків теж знаходяться під землею, що ускладнює їх ремонт та обслуговування.

Підземне розміщення – це ідеальний варіант для метантенків великого об'єму.

Зважаючи на необхідні об'єми виробництва та характеристику сировини для зброджування органічної фракції ТПВ обираємо вертикальний метантенк з підземним розміщенням з конічним днищем.

2.1.4. Вибір способу очищення біогазу від домішок.

Відповідно до завдання необхідно очистити біогаз для використання в якості моторного палива. Тому для очищеного біогазу важлива повна відсутність аміаку, низький вміст сірководню (до 0,02 %), низький вміст води (до 0,2 %), відсутність оксидів сірки.

Виробництво та використання біогазу не тільки як палива, а й у вигляді основних чистих компонентів (метану й діоксиду вуглецю), значно підвищує економічну цінність цього нетрадиційного джерела енергії та сировини, поліпшує екологічну ситуацію та дозволяє отримати цінні органічні добрива.

Метан може використовуватися як паливо, а діоксид вуглецю – як інертний газ для зварювальних робіт, для заправлення вогнегасників, у харчовій промисловості, як холодоагент у вигляді сухого льоду, у тепличних господарствах тощо.

Діоксид вуглецю (CO_2) та сірководень (H_2S) – це найпоширеніші шкідливі домішки в біогазі. Кількість H_2S варіює від відсотків до десятих часток відсотка. Діючи в Україні технічні умови на біогаз метантенків вимагають зниження вмісту H_2S до $0,2 \text{ г/м}^3$.

Для грубого очищення біогазу від домішок застосовуються такі способи :

- абсорбція водою під тиском;
- етаноламінове очищення;
- абсорбція гарячим розчином поташу.

Для тонкого очищення газу застосовуються такі способи:

- абсорбція CO_2 розчинами лугів Na_2CO_3 , K_2CO_3 , NaOH , KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$;
- низькотемпературна абсорбція метанолом для очищення біогазу від CO_2 ;
- технологія очищення біогазу від H_2S і NH_3 на біофільтрах;
- окисно-адсорбційний метод очищення газів від сірководню .
- адсорбція H_2S на оксидах алюмінію і цеолітах .

Абсорбційні методи базуються на різній розчинності сірководню та інших компонентів газів у водних розчинах чи органічних розчинниках.

Розчинність сірководню у воді становить $0,378 \text{ г}$, вуглекислого газу $0,169 \text{ г}$, а метану $0,00236 \text{ г}$ на 100 г води (20°). Крім сірководню, абсорбційні методи дають змогу поглинати з газів й інші домішки такі як: CO_2 , COS , CS , RSH , а інколи навіть осушити біогаз.

Очищення біогазу абсорбцією водою ґрунтується на різній розчинності у воді діоксиду вуглецю, сірководню, аміаку і метану. При невисоких парціальних тисках розчинність CO_2 у воді невелика, але зі збільшенням тиску вона зростає.

Регенерацію води проводять шляхом зниження тиску при цьому абсорбовані гази виділяються з розчину.

Цей спосіб очищення доволі простий і дозволяє багаторазово використовувати оборотну воду, проте у технічній оборотній воді, що використовується для водного очищення від CO_2 , містяться розчинені солі, що знижують розчинність CO_2 у технічній воді порівняно з чистою. Суттєве значення для економічності процесу водяного очищення має витрата води на

очищення і витрата енергії на подачу цієї води. При використанні цього методу отримують суміш газів, які потрібно далі розділяти для того, щоб використати.

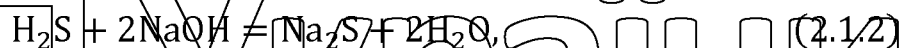
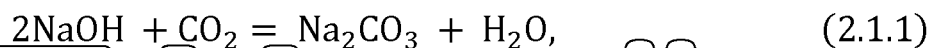
Для очищення газу від CO_2 та сірководню застосовують розчини етаноламінів (аміноспиртів), що мають лужні властивості і при взаємодії з кислотами утворюють солі.

Для очищення газу від CO_2 та сірководню застосовують розчини етаноламінів (аміноспиртів), що мають лужні властивості і при взаємодії з кислотами утворюють солі.

При етаноламіновому очищенні біогазу від CO_2 протікають побічні реакції, внаслідок яких відбуваються необоротні зміни складу розчину, що знижують його поглинальну здатність і призводять до втрат аміну. Розчини етаноламінів викликають корозію обладнання, особливо при високих ступенях насичення кислими газами.

Економічність процесу очищення визначається, в основному, витратою тепла на регенерацію розчину етаноламіну, які залежать від схеми регенерації.

Очищення газів від CO_2 та H_2S водяним розчином гідроксиду натрію NaOH засновані на необоротній реакції:



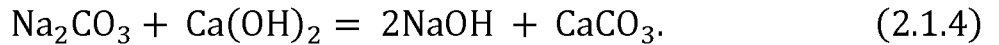
Парціальний тиск CO_2 над розчином їдкого натрію NaOH у процесі поглинання дорівнює нулю доти, доки весь луг не перейде в карбонат.

Поглинання CO_2 розчином карбонату натрію протікає з утворенням бікарбонату:



Швидкість абсорбції CO_2 лугом зростає з підвищенням температури. Збільшення концентрації карбонату в розчині сприяє зниженню швидкості абсорбції.

Регенерація відпрацьованого розчину лугу здійснюється вапном:



Проте регенерацію відпрацьованого лугу передбачають тільки при значній витраті лугу. Як правило, відпрацьований розчин лугу використовують для нейтралізації середовища при закисненні. На очищення 1000 м^3 газу витрачається $0,15 - 1,6 \text{ кг}$ 92% - і каустичної соди (залежно від концентрації CO_2

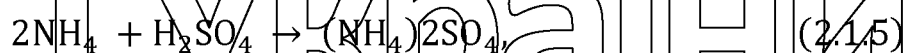
у вихідному газі). На регенерацію відпрацьованого розчину лугу витрачається 9 кг CaO і 30 кг пари при тиску $0,5 \text{ Мпа}$.

Адсорбційні методи очищення від сірководню базуються на поглинанні сірководню твердими речовинами – сорбентами. Як сорбенти використовують метали та оксиди металів у вигляді порошку, стружки, цеоліти тощо. Регенерація цих матеріалів можлива, проте часто досить високоякісна та потребує спеціального обладнання. Враховуючи досить низький вміст сірководню в біогазі використовувати такі методи часто нерентабельно.

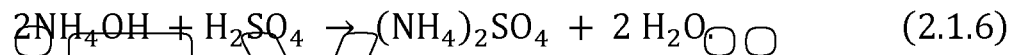
Ефективність застосування абсорбентів головним чином залежить від фізико-хімічних властивостей, (питома поверхня, об'єм, величина та розташування пор). Розміри молекули сірководню відносно невеликі, тому для його уловлення використовують абсорбенти з високою мікропористістю.

Адсорбційні методи очищення газів від сірководню дають змогу досягти високого ступеня очищення, однак через невисоку сорбційну ємність абсорбентів їх доцільно використовувати для очищення газів з невисоким вмістом сірководню до $0,5-1,0\%$.

Для очищення біогазу від аміаку запропоновано використовувати абсорбцію кислотою. Поглинання аміаку з утворенням солей амонію буде відбуватися зокрема при взаємодії з сульфатною кислотою відповідно до реакції:



або при використанні розчину аміаку:



Сульфат амонію, що утворюється містить 21% Нітрогену і 24% Сульфуру. Заміну абсорбента здійснюють при досягненні нейтрального значення рН.

Для очищення біогазу, що утворюється в процесі зброджування органічної фракції ТПВ потрібно обрати технологію, яка дозволить очистити біогаз до показників, які задовольняють вимоги до використання біогазу як моторного палива. Важливо, щоб біогаз після очищення не містив аміаку та сульфосмісних продуктів, а також мав низький вміст CO_2 .

Тому очищення біогазу, що утворюється в процесі зброджування органічної фракції ТПВ обираємо двостадійне очищення в абсорберах з розчином гідроксиду натрію і сірчаною кислотою.

Після очищення біогаз підлягає обов'язковому зневодненню на механічному фільтрі осушувачі.

2.2. Характеристика асоціації мікроорганізмів, яка здійснює метанове зброджування органічної фракції твердих побутових відходів.

В процесі метанового зброджування органічних відходів беруть участь багато видів мікроорганізмів, однак, основними біологічними агентами, які сприяють руйнуванню органічних речовин є бактерії.

З точки оптимальної температури для протікання ферментативних реакцій процесу зброджування виділяють два основних види мікроорганізмів – термофільні – активні при температурі 45 – 70 °С, і мезофільні – активні при температурі 20 – 40 °С.

Ферментативний гідроліз і кислотоутворення здійснюються ферментативними бактеріями, які представлені родами *Bacillus*, *Clostridium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* та ін. На стадії кислотоутворення джерелом живлення для гетерогенних мікроорганізмів є вуглець.

Друга група – облігатні ацетогенні бактерії синтезують водень і оцтову кислоту, а іноді і вуглекислий газ з кінцевих продуктів першої стадії.

Ацетогенна стадія здійснюється двома групами бактерій. Перша група утворює ацетат з виділенням водню. Друга група бактерій забезпечує виділення

оцтової кислоти і використовує при цьому водень для відновлення вуглекислого газу.

На третій стадії метаногени використовують водень, утворений на попередніх стадіях і відновлюють вуглекислий газ до метану, а оцтову кислоту розщепляють до метану та вуглекислого газу.

Саме метаногени відіграють значну роль в процесі анаеробного розкладання органічних речовин, оскільки вони є єдиними мікроорганізмами, які здатні здійснювати катаболізм оцтової кислоти і водню з утворенням газоподібних продуктів без використання сонячної енергії або екзогенних акцепторів електронів (кисню, сульфатів, нітратів).

Взаємозв'язок між мікроорганізмами різних стадій досить тісний. Розвиток метаногенів не можливий без трофічних зв'язків з бактеріями попередніх стадій через їхню високу субстратну специфічність. В свою чергу, метаногенні бактерії, використовуючи речовини, синтезовані анаеробними мікроорганізмами на першій та другій стадіях, визначають швидкість реакцій, які здійснюють ці бактерії.

Без участі метаногенів ефективного розщеплення складних органічних сполук практично стає неможливим через накопичення відновлених жирних кислот і спиртів, які містять майже таку саму кількість енергії, яка міститься в вихідному субстраті.

На метаногенній стадії в процесі беруть участь групи бактерій, які розщеплюють ацетат, і група бактерій, яка відновлює вуглекислий газ воднем.

Це бактерії *Methanococcus*, *Methanobacterium*, *Methanospirillum*, *Methanofrix* і *Methanosarcina*.

Розклад ацетату з утворенням метану і вуглекислого газу здатні здійснювати представники тільки двох родів метаногенних бактерій *Methanofrix* і *Methanosarcina*. *Methanosarcina* потребують більш високих концентрацій ацетату, і, як правило, зустрічаються в метантенках з високою швидкістю процесу, але не з глибоким зброджуванням субстрату. *Methanofrix* мають більшу спорідненість до ацетату і здатні його використовувати в концентраціях до п'яти

разів нижчих, ніж метаносарцина.

Метаногенне угруповання функціонує з найбільшою швидкістю при збалансованій чисельності бактерій в кожній групі. Найбільша швидкість

досягається коли кількість метанових бактерій достатня для підтримання низької концентрації водню і ацетату. Швидкість росту метаногенів на порядки нижча

ніж первинних анаеробних бактерій. Особливо повільно ростуть Methanofrix, які метаболізують ацетат.

Метанові бактерії строго анаеробні. Оптимальний режим утворення метану протікає при pH 7,0 – 7,5.

Метаногени складають обмежену, але різнотипну групу і мають дуже віддалене відношення до інших мікроорганізмів. Вони являють собою групу бактерій, яка включає різноманітні види з різною формою і структурою клітин.

Метаногени відрізняються від інших мікроорганізмів тим, що в стінках їх клітин не міститься мурамова кислота, а в ліпідах замість звичайних гліколіпідів і

фосфоліпідів, зв'язаних у складні ефіри, містяться гліцеринові ефіри фітанілу C₂₀ і дифітанілу C₄₀. Для росту метаногенів необхідні строго анаеробні умови: мікроорганізми можуть рости тільки за відсутності кисню при окисно-відновному потенціалі середовища нижче 300 мВ.

Метанові бактерії можуть жити і розмножуватися, коли субстрати в достатній мірі розчинені у воді (у складі мінімум 50% води). На відміну від аеробних бактерій, дріжджів і грибів вони не можуть існувати в твердій фазі.

Світло значною мірою сповільнює процес, хоч воно і не є для бактерій летальним.

Метаболічна активність і репродуктивна здатність цих мікроорганізмів знаходяться у функціональній залежності від температури.

Таким чином, температура впливає на об'єм газу, який можна отримати з певної кількості органічної сировини на протязі певного часу, а також на

технологічний час процесу бродіння, необхідний для виділення при певній температурі певної кількості газу.

Існує два температурних діапазони (близько 33°C і 52 °C), яким

відповідають найвищі значення метаболічної активності.

Незважаючи на те, що при збільшенні температури відбувається заміна активності мезофільного штаму на термофільний і мали б спостерігатися розриви в залежності виходу газу від температури таких розривів не спостерігається. Це означає, що з підвищенням температури приблизно до 54 °С умови утворення газу покращуються. Мікробіологічна активність майже припиняється, якщо температура знижується приблизно до 15 °С. Крім того, температура впливає на якісний склад газу. Так, при підвищенні температури встановлено зниження частки CH_4 в загальному об'ємі газів, що виділяються.

Для всіх бактерій дійсним є наступне: якщо рівень рН перевищує оптимальний, то у них сповільнюються метаболічні процеси, що уповільнює утворення біогазу. В той час, як ферментативні і кислотоутворюючі бактерії в кислому середовищі з рівнем рН 4,5-6,3 досягають оптимуму своєї активності, бактерії, які синтезують оцтову кислоту і метан можуть жити тільки при нейтральному або слаболужному рівні рН 6,8-7,6.

Оскільки метаболічна активність і швидкість відтворення метанових бактерій нижча ніж кислотоутворюючих, при збільшенні кількості органічних речовин, які утворюються в процесі життєдіяльності кислотоутворюючих бактерій, може утворюватись надлишок летких кислот, які сприяють зниженню рН середовища нижче 6,5, що призводить пригнічення росту і розмноження метанових бактерій. Проте, зазвичай величина рН підтримується на постійному рівні завдяки буферним властивостям субстрату.

При стабільному процесі утворення біогазу потреба в органічних кислотах (їх також називають еквівалентами оцтової кислоти) нижче 2000 мг/дм³.

Оптимальними значеннями для росту таких угруповань є:

- лужність 1500 – 5000 мг CaCO_3 на 1 дм³ субстрату;

- рН 6,5 – 7,5; - вміст летких кислот 600 – 1500 мг на 1 дм³ субстрату.

Ознаками порушення процесу анаеробного зброджування є: зниження лужності, зменшення величини значення рН, збільшення вмісту летких кислот, збільшення частки CO_2 в газі, що виділяється, зниження виходу газу.

Вимоги до поживних речовин для метаногенних бактерій прості – ріст більшості видів проходить в середовищі мінеральних солей, CO_2 , аміаку та сульфідів, які відповідно слугують основними джерелами вуглецю, азоту і сірки, мінеральних речовин і мікроелементів. Аміак має важливе значення для росту, і жоден з відомих видів метаногенів не використовує в якості джерела азоту амінокислоти або пептиди. Активність мікробної асоціації, все-таки значною мірою визначається співвідношенням вуглецю і азоту. Найбільш сприятливі умови відповідають значенням $\text{C/N} = 10 - 16$.

Принциповим є, що чим менше субстрату, тим краще. Чим більше площа взаємодії для бактерій і чим більш волокнистий субстрат, тим легше і швидше бактеріям розкладаги субстрат. Крім того, його простіше перемішувати, змішувати і підігрівати без утворення плаваючої кірки або осаду. Ступінь подрібнення сировини впливає на кількість виділеного газу за певний період бродіння. Чим коротший період бродіння, тим краще повинен бути подрібнений матеріал. При достатньо тривалому періоді бродіння кількість виробленого газу буде досить високою навіть за відсутності подрібнення.

Перемішування важливе не тільки щоб уникнути кірки і осаду, але і для відведення утвореного газу. Чим густіший субстрат, тим частіше треба його перемішувати.

Унгібіторами процесу анаеробного зброджування є перш за все важкі метали та їх солі, лужні метали та аміак (в великих кількостях), нітрати сульфідів, детергенти, органічні розчинники, антибіотики.

Деякі речовини ушкоджують оболонку клітин або структуру бактерій, інші речовини руйнують ензими обміну речовин клітини (важкі метали і т.д.). У таблиці 1.1 наведено дані щодо впливу важких металів на процес метаногенезу.

Токсичність важких металів залежить від їх розчинності у воді, яка у свою чергу залежить від рівня рН. Важкі метали діють на ензими клітинного обміну речовин і можуть негативно впливати на життєдіяльність бактерій. При цьому немає чіткої межі між стримуючою і токсичною дією. Це пов'язано з високою здатністю бактерій пристосовуватися до змін у складі субстрату.

Іони важких металів не чинять інгібуючого впливу на мікроорганізми, коли вони утворюють важкорозчинні сульфідні метали в H_2S і випадають в осад.

Антибіотики, хіміотерапевтичні і дезінфікуючі засоби можуть стримувати процес бродіння і привести до його повної зупинки, особливо при їх високій концентрації.

Стримуючий вплив чинить також накопичення органічних кислот, через підвищення кислотності, як було зазначено вище.

В природних умовах мікроорганізми, які беруть участь у метановому бродінні присутні в відходах тваринництва оскільки ці бактерії є симбіотичними мікроорганізмами. За допомогою яких жуйні тварини перетравлюють їжу, яка містить складні органічні речовини.

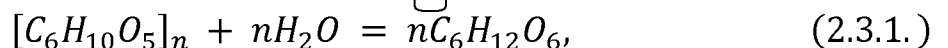
2.3. Характеристика процесу виробництва біогазу. характеристика кінцевого продукту процесу зброджування органічної фракції твердих побутових відходів.

2.3.1. Характеристика процесу метаногенезу.

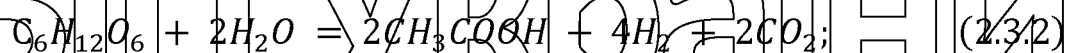
Метанове бродіння – давно відомий процес розкладання складних органічних речовин мікроорганізмами в анаеробних умовах. Він широко поширений в природі (розкладання органіки в болотах, ґрунті, рубці тварин).

Процеси деструкції органічних речовин до метану відбуваються також в осадових відкладеннях, в результаті чого утворюються промислові родовища природного газу. Кінцевим продуктом метанового бродіння є біогаз, що складається в середньому з 65-70% метану і 25-30% діоксиду вуглецю з невеликими домішками сірководню, водню, азоту.

Процес утворення біогазу (метаногенез) проходить у три стадії: I стадія – розкладання органічної маси (гідроліз):



II стадія – розмноження ісло утворюючих бактерій (ацетогенез):



III стадія розмноження метаноутворюючих бактерій (метаногенез):

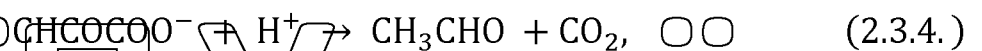
$$\text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_4 + \text{CO}_2, \text{NH}_2 + \text{CO}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}. \quad (2.3.3)$$

На першій стадії метаногенезу шляхом гідролізу відбувається розкладання високомолекулярних сполук (вуглеводів, особливо клітковини (целюлози), жирів, жироподібних речовин (фосфогліцеринів, гліколіпідів, воску, стероїдів тощо) та білків на низькомолекулярні органічні сполуки, а саме, моно- та олігосахариди, амінокислоти і пептиди, пуринові піримідинові азотисті основи, гліцерин, карбонові кислоти, діоксид вуглецю і водню.

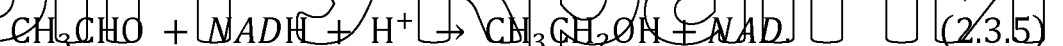
Перша стадія ферментації полісахаридів багато чим нагадує ферментацію складних органічних сполук в рубці і проходить по шляху Емдера – Мейєрхофа– Парнаса з утворенням електронів пірвіноградної кислоти, які відновлюються в нікотинамід-аденін-динуклеотид, характер продуктів, які утворилися залежить від того наскільки глибоко проходить катаболізм пірвіноградної кислоти.

Пірвіноградна кислота може розщеплюватися на оцтову кислоту, вуглекислий газ і водень або на пропіонову кислоту (через лактат або сукцинат), масляну кислоту або етанол.

Розкладання пірвіноградної кислоти з утворенням етанолу включає дві реакції в яких спочатку пірват розкладається до ацетальдегіду і вуглекислого газу:



а на наступній ацетальдегід ферментується до етанолу:

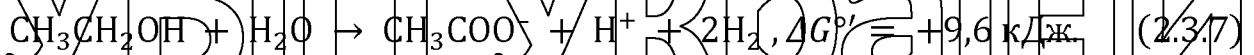


Розкладання пірвіноградної кислоти з утворенням молочної кислоти відбувається відповідно до наступної реакції:

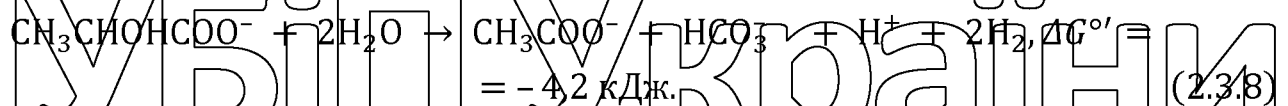


На другій стадії за участю кислотоутворюючих бактерій відбувається подальше розкладання з утворенням органічних кислот і їх солей, а також спиртів, CO_2 і H_2 , а потім H_2S і NH_3 . Ці кислоти окислюються переважно до ацетату і діоксиду вуглецю. Утворюються також водень, аміак, сірководень.

Так під дією синтрофічного угруповання мікроорганізмів відбувається ферментація етанолу до оцтової кислоти і водню:



Лактат розщеплюється до оцтової кислоти, вуглекислого газу і водню:

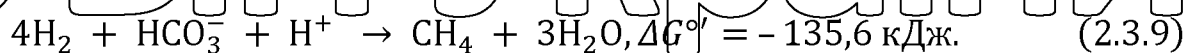


Швидке споживання водню метаногенами зміщує рівновагу даних реакцій, що сприяє росту ацетогенних бактерій.

На третій стадії за участю ферментів, що їх продукують спорові і не спороутворюючі сарцинові і сарциноподібні мікроорганізми, органічні речовини перетворюються на метан (CH_4) і діоксид вуглецю (CO_2). Крім того,

з CO_2 і H_2 утворюється в подальшому додаткова кількість CH_4 і H_2O . Ці реакції протікають одночасно, причому умови існування метаноутворюючих бактерій значно вищі, ніж кислотоутворюючих. Швидкість і масштаби анаеробного бродіння метаноутворюючих бактерій залежать від їх метаболічної активності.

Всі види метаногенів, за виключенням паличок, які засвоюють оцтову кислоту і термофільних штамів *Methanosarcina* використовують для свого росту H_2 і CO_2 :



Важливим субстратом для метаногенів є оцтова кислота: приблизно 65 – 70 % метану в процесі метаногенезу утворюється за рахунок метильної групи оцтової кислоти. Вважається, що лише деякі види метаногенних бактерій здатні метаболізувати оцтову кислоту; в чистому вигляді з них були виділені тільки

Methanosarcinabarkeri. Розщеплення оцтової кислоти проходить відповідно до реакції:



Центральним метаболітом, який здійснює регуляторну функцію в метаногенному угрупованні є водень. За рахунок підтримання низького парціального тиску водню стає можливим його міжвидовий перенос, який змінює метаболізм первинних анаеробів в бік утворення безпосередніх попередників метану.

На інтенсивність процесу зброджування і, як наслідок, утворення біогазу впливають чотири групи чинників: біологічні (склад зброджуваної біомаси; склад мікрообного угруповання; умови життєдіяльності мікроорганізмів), фізичні (температурний режим зброджування; тиск у біогазовій установці; гідравлічний режим), хімічні (концентрація, рН середовища; вміст летких жирних кислот в зброджуваній масі; об'єм і склад біогазу, що утворюється) та організаційно технологічні (доза добового завантаження; навантаження за безвольною речовиною; залишкові речовини).

Різноманітність видового складу бактерій, що входять в метаногенний консорціум, дозволяє використовувати практично всі види рідких і твердих органічних відходів. До цього виду біомаси відносяться:

- біологічні відходи тварин (гній великої рогатої худоби, послід домашньої птиці і т.д.);
- залишки від збору врожаю сільськогосподарських культур і побічні продукти їх переробки: солома жита, пшениці, качани кукурудзяного качана, рисове лушпиння і т.д.;
- відходи лісозаготівель, лісопиляння і деревообробки, кора, тирса, стружки, тріски;
- промислові стічні води (текстильних, молочних і інших харчових підприємств);
- міські відходи (ТПВ та стічні води).

Усереднений склад газу, який утворюється в процесі метанового зброджування органічних відходів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Склад біогазу, що утворюється в процесі зброджування органічних відходів.

Компо- нент	Діапазон значень,	Усереднений вміст для органічної фракції ТПВ, %
CH ₄	50-75	65
CO ₂	25-50	30
H ₂	1-5	3
H ₂ O	0-10	2
NH ₃	до 2,5	2,5 мг/дм ³
H ₂ S	0,001-3	0,5
N ₂	0-10	0

2.3.2. Характеристика кінцевого продукту процесу зброджування органічної фракції твердих побутових відходів.

Кінцевим продуктом описаного технологічного процесу є біогаз, отриманий шляхом мезофільного зброджування органічної фракції твердих побутових відходів. Накопичення біогазу відбувається в газгольдері, з якого він шляхом витіснення подається на двоступінчате очищення в абсорберах на першому ступені з 10% розчином NaOH та розчином H₂SO₄ к. на другому ступені з подальшим зневодненням. Очищений біогаз зріджується за допомогою криогенної газової машини Стирлінга і відразу закачується в автоцистерни і направляється споживачам. Перед закачуванням у цистерни біогаз одорують етилмеркаптаном.

Склад кінцевого продукту.

В очищеному біогазі основну масу складає метан (95%) та водень (до 3%).

Також можлива присутність вуглекислого газу у кількостях до 2% та сірководню у залишкових кількостях 0,01 – 0,02%. Вміст води не повинен перевищувати 0,2%.

Отриманий біогаз повинен відповідати ДСТУ 7721:2015 Газоподібне паливо. Біогаз. Технічні вимоги та методи контролювання.

Фізико-хімічні властивості біогазу наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Фізико-хімічні властивості очищеного біогазу.

Характеристика	Кількісний показник
Об'ємна теплота згорання	35,8 МДж/м ³
Межа спалахування у повітрі	5 - 15 %
Температура спалахування	59 °C
Критичний тиск біогазу	4,6 МПа
Критична температура	- 82,5°C
Нормальна густина	0,72 кг/м ³

Основне призначення продукції і галузь використання.

Очищений біогаз призначений для використання в якості моторного палива. Біогаз також може використовуватися у вигляді палива для систем теплопостачання.

2.3.2. Опис технологічного процесу отримання біогазу з органічної фракції твердих побутових відходів.

1. Підготовка технологічного повітря

Технологічне повітря при виробництві біогазу використовується для пневматичного витиснення біогазу з газгольдера гнучкого типу, який

використовується для вирівнювання тиску біогазу, що утворюється в метантенку, перед подачею його на очищення в абсорбери.

Підготовка повітря, що використовується виконується з метою забезпечення необхідних параметрів повітря, зокрема: очищення від пилу та аерозолів, зменшення вологості та компресування для подолання опору повітропроводів та арматури.

1.1. Забір повітря з атмосфери

Здійснюється шляхом забору повітря з атмосфери виносними трубами з точкою забору 4-6 м вище рівня землі.

1.2. Фільтрування повітря

Повітря фільтрується в два етапи. На першому етапі повітря фільтрують через багатошарові дротяні сітки, при цьому видаляються частинки з розміром 5-10 мкм.

Для фільтрування повітря на другому етапі використовують волокнистий фільтр виготовлений з фільтрувального матеріалу ФВНР, що затримує пил, механічні частинки з розміром більше ніж 1-1,8 мкм з ефективністю 98%. На стадії підготовки повітря проводять контроль ефективності очищення.

1.3. Компресування та кондиціонування повітря

Для компресування повітря застосовують повітродувки з продуктивністю від 2 до 190 м³/хв зі стисненням повітря до 5 кПа.

При стисненні повітря відбувається його значне нагрівання. Для осушення повітря від зайвої вологи його охолоджують до температури 20 °С. При цьому надлишкова волога конденсується.

На даній стадії постійно здійснюється контроль тиску та температури.

2 Підготовка виробництва

2.1. Санітарна підготовка персоналу

Персонал, що задіяний у виробничому процесі повинен регулярно проходити медичне обстеження. Нові працівники повинні мати відповідну

кваліфікацію, пройти попередній інструктаж, а за потреби навчання. Періодично персонал проходить інструктаж з техніки безпеки та охорони праці. Перед початком роботи працівники мають отримати та одягнути засоби індивідуального захисту.

2.2 Підготовка обладнання

Підготовка обладнання для виробництва включає планові ремонти та техогляди. Також періодично проводять санітарне очищення споруд, апаратів та трубопроводів від осадів та накипів, що можуть утворюватися в процесі експлуатації.

Періодично при заємиченні трубопроводів проводять промивання водою, що подається під тиском. Обробку миючими та дезінфікуючими засобами не проводять, оскільки даний технологічний процес не потребує дотримання асептичних умов.

2.3 Перевірка обладнання на герметичність

Перевірку споруд та трубопроводів, що знаходяться під тиском та використовуються для виробництва, очищення та транспортування біогазу здійснюють гідравлічним способом. Повітря для перевірки на герметичність не використовують, оскільки виробництво пов'язане з утворенням пожежо- та вибухонебезпечного продукту – біогазу.

В процесі перевірки відповідну ланку технологічної схеми заповнюють водою створюючи надлишковий тиск 50 кПа та витримують протягом 15 хв. При цьому фіксують покази датчиків манометрів. Під час гідравлічного випробування тиск в системі не повинен самочинно знижуватися. Одночасно проводять візуальний огляд споруд та комунікацій на наявність протікань. На цій стадії проводиться технологічний контроль тиску.

3 Підготовка розчину гідроксид натрію

Розчин NaOH готується шляхом змішування технічного NaOH (сода каустичної) з концентрацією NaOH не менше 48% з водою. Потрібна концентрація розчину становить 10%. Отриманий розчин подається до ТП 11.1.

в абсорбер А-14. Проводиться технологічний контроль та хімічний контроль концентрації розчину NaOH.

4 Розвантаження і прийом відходів

Органічна фракція твердих побутових відходів вивантажується в приймальний бункер Пб-4, оснащений пластинчастим живильником Пж-5. Стінки бункера спроектовані вертикальними. Тривалість перебування відходів у приймальному бункері не більше 8 год. Живильник бункера забезпечує рівномірну подачу відходів на технологічну лінію.

5 Відсортування баластних включень

5.1 Магнітна сепарація металів

За допомогою пластинчастого живильника Пж-5 відбувається переміщення відходів на електромагнітний сепаратор МС-6. На сепараторі відділяються метали, які далі відправляють на переробку. Проводиться технологічний контроль.

5.2 Ручний відбір баластних фракцій

З магнітного сепаратора відходи подаються на стрічковий транспортер Тр-6, де відбувається ручний відбір баластних фракцій (до 0,5 % від маси всіх відходів). Тут відбирають пластик папір та інші крупні відходи, які могли потрапити в органічну фракцію при неправильному сортуванні мешканцями на в'їздах збору відходів. Відібрана сировина сортується за видами відходів а потім відправляється на утилізацію або переробку. Органічна фракція зі стрічкового транспортеру накопичується в Зб-8, який забезпечує рівномірну подачу відходів на наступні етапи технологічного процесу. Проводиться технологічний контроль.

6 Подрібнення відходів

Зі Зб-8 відходи подаються в шнекову дробарку Шн-9, де відбувається подрібнення. В результаті частинки сировини подрібнюються до розмірів 1-3 мм. Подрібнення сировини перед зброджуванням дозволяє збільшити площу контакту сировини з біологічним агентом та підвищити ефективність процесу

зброджування. Проводиться технологічний контроль.

7 Розбавлення відходів водою

Подрібнена сировина подається до збірника ЗБ-10, де розбавляється до вологості $W=95\%$. Для розбавлення використовують вторинний конденсат з теплообмінника рекуператора Т-32. Використання вторинного конденсату дозволяє підвищити температуру органічних відходів, які подаються на зброджування, тим самим зменшити тепловтрати суміші в метантенку при завантаженні свіжого субстрату. Проводиться технологічний контроль.

8 Вторинна сепарація баласту

На виході зі збірника встановлено сито, через яке пропіджується суміш органічних відходів, які подаються на зброджування. На ситі затримується баластна фракція розміром $d = 20$ мм. Баластна фракція, що відділяється на цьому етапі може містити склобій, каміння дрібні частинки пластику тощо і після відокремлення відправляється на утилізацію. Проводиться технологічний контроль.

9 Зброджування відходів

Процес зброджування здійснюється в метантенку М-12. Субстрат, який являє собою подрібнену органічну фракцію ТПВ розбавлену до вологості 95% , завантажується в верхню частину метантенка. Зброджування проводиться у мезофільному режимі при температурі 35°C і $\text{pH}=6,5-7,5$. Для підтримання оптимальної температури зброджування в метантенку встановлений змієвик. Температура теплоносія в змієвику – 50°C . Відпрацьований теплоносій регенерують шляхом нагрівання в теплообміннику-рекуператорі Т-32 на ПВ17. Нагрівання здійснюють вторинною парсю, що утворюється в процесі сушіння твердої фракції та упарювання фугату.

В реакторі одночасно відбуваються процеси гідролізу, ацетогенез та метаногенез. Тому, для підтримання оптимального значення pH процесу, при закисленні субстрату в реактор вводиться Na_2CO_3 від А-14. Біогаз, який утворюється в процесі зброджування органічної фракції ТПВ відводиться в

газгольдер Г-13.

На стадії зброджування проводиться технологічний контроль тиску та температури зароджуваної суміші, контроль рівня заповнення метантенка, хімічний контроль рН та складу середовища, а також мікробіологічний контроль складу мікробного угруповання. В процесі подачі сировини в метантенк контролюється витрата сировини.

10 Накопичення біогазу в газгольдері

Біогаз з метантенка М-12 подається до газгольдера низького тиску Г-13, який розрахований на зберігання газу протягом 3-4 год та слугує для регулювання тиску та витрати біогазу, який подається на очищення в абсорбери. Використовується м'який газгольдер з пневматичним видаленням біогазу, розрахований на надлишковий тиск до 5 кПа. На цій стадії проводиться технологічний контроль тиску.

11 Очищення біогазу від домішок

Для використання біогазу як заміника природного газу сирий біогаз підлягає обов'язковому очищенню. Очищення полягає у видаленні домішок CO_2 , H_2S , NH_3 і є обов'язковим оскільки наявність сполук сірки та CO_2 , призводить до корозії обладнання для спалювання біогазу. Крім того, значний вміст вуглекислого газу зменшує енергетичну цінність біогазу.

Для очищення від домішок в технологічній схемі використовується двоступінчаста абсорбція.

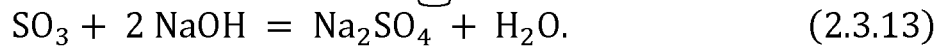
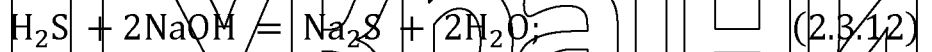
11.1 Очищення в абсорбері з гідроксидом натрію

З Г-13 біогаз подається на очищення в А-14. В абсорбері А-14 відбувається очищення біогазу від CO_2 . Як абсорбент використовують 10% розчин NaOH , приготованим на стадії ДР 3.

В процесі хемосорбції відбувається взаємодія вуглекислого газу з гідроксидом натрію:



Домішки H_2S та SO_2 також будуть видалятися на цій стадії:

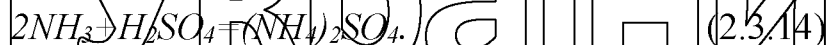


Заміну абсорбенту проводять при помутнінні розчину, яке спостерігається при випадінні осаду соди. Утворений Na_2CO_3 використовують для регулювання рН в метантенку М-12 на стадії зброджування ГП9. Біогаз подають в абсорбер А-15. Проводиться технологічний контроль та хімічний контроль для визначення залишкового вмісту абсорбенту та продуктів реакції.

11.2 Очищення в абсорбері з сульфатною кислотою

З абсорбера А-14 біогаз подається в абсорбер з сульфатною кислотою А-15, де відбувається очищення від NH_3 .

Аміак поглинається концентрованою сульфатною кислотою при цьому відбувається утворення сульфату аміаку:



Заміну абсорбенту проводять при досягненні нейтрального значення рН.

Сульфат амонію, який утворюється можна використовувати як мінеральне добриво. Тому відпрацьований абсорбент використовують для виготовлення рідких добрив разом з рідкою фракцією зброженої суміші. Для цього відпрацьований абсорбент подають в 36-28. Очищений біогаз далі подається на зневоднення. Проводиться технологічний контроль та хімічний контроль для визначення залишкового вмісту абсорбенту та продуктів реакції. Також на виході з А-15 проводиться хімічний контроль складу біогазу для підтвердження повноти очищення.

12 Зневоднення біогазу

Зневоднення біогазу відбувається на механічному фільтр-осушувачі ФО-17. Фільтр-осушувач встановлюють на трубопроводі, що прокладений під землею. Видалення води відбувається внаслідок конденсації через зниження

температури та за рахунок затримання води на внутрішніх перегородках фільтра. Осушення біогазу до вмісту вологи 0,2%. Утворений конденсат направляється до збірника 35-28. Проводиться технологічний контроль

13 Накопичення очищеного біогазу в газгольдері

Очищений газ стискається до $P_g = 300$ кПа і надходить у газгольдер Г-15 середнього тиску, де зберігається. Об'єм газгольдера розрахований на тривалість накопичення газу до 24 год. Проводиться технологічний контроль тиску.

14 Закачування біогазу в автоцистерни

Очищений біогаз одорують перед реалізацією. Одорування проводять у крапельному одораторі, який розміщений на вихідному трубопроводі, шляхом додавання етилмеркаптану з розрахунку 16г одоранту на 1000 м³ біогазу.

Біогаз закачують в автоцистерни та відправляють на реалізацію.

Проводиться технологічний контроль тиску та розходу одоранту.

15 Переробка збродженої суміші

15.1 Розділення збродженої суміші

Для розділення на рідку та тверду фракції суміш подається насосом з збірника 35-19 до центрифуги осаджувальної Ц-21. В процесі центрифугування відбувається зменшення вологи до 65%. Тверда фракція (кск) використовується для приготування гранульованих добрив. Проводиться технологічний контроль частоти обертання центрифуги та визначення кінцевої вологи кску.

15.2 Висушування твердої фракції

Після розділення, тверда фракція надходить стрічковим транспортером Ст-22 до сушарки Сш-24, де з неї видаляється зайва волога. Використовується вальцева сушарка. Як тепло агент використовують первинну гріючу пару. Сушіння проводять за $T = 115 \pm 5$ °С. Первинний конденсат та вторинна пара, які утворюються в процесі сушіння подаються в теплообмінник - рекуператор Т-32

Кінцева вологість твердої фракції становить $W_{\text{кінц.}}=12\%$. Проводиться технологічний контроль температури процесу, тиску пари в вальцях сушарки та кінцевої вологості твердої фракції.

15.3 Гранулювання

Висушена тверда фракція подається за допомогою стрічкового транспортера Ст-25 до гранулятора ГКМ-10 Гр-26, з матрицею 8 мм. Продуктивність гранулятора до 30 кг на годину, потужність приводу гранулятора 1.5 кВт, 220В. Утворені гранули подаються до збірника 36-27, звідки відвантажуються на реалізацію. Проводиться технологічний контроль, хімічний контроль складу, контроль на відсутність важких металів.

16 Виготовлення рідких добрив

Фугат, який утворюється при відділенні твердої фракції зброженої суміші містить велику кількість мінеральних та органічних речовин, які легко засвоюються рослинами та мікроорганізмами та може використовуватися в суміші з відпрацьованим абсорбентом з А-15 як рідке органо-мінеральне добриво.

16.1. Накопичення та усереднення складу

У 36-28 відбувається накопичення та усереднення складу компонентів рідкого добрива – фугату від ТП 15, та відпрацьованого адсорбенту, що містить сульфат амонію від ТП 11.2. Також у збірник подається водний конденсат, видалений з біогазу на фільтри-осушувачі на ТП 12. Проводиться технологічний контроль. Визначають рівень заповнення збірника та хімічний контроль складу рідких добрив.

16.2 Упарювання

Для зменшення об'єму та збільшення концентрації сухих речовин накопичені рідкі добрива упарюють в випарній установці В-30, яка працює під атмосферним тиском. Для обігріву випарної установки використовується тріочна пара з температурою 120-125 °С. Первинний конденсат та вторинна пара, що утворюються в процесі випарювання подаються до теплообмінника-

рекуператора, де їх теплота використовується для приготування теплоносіїв. Вміст сухих речовин в концентрованих добривах становить 1%.

Рідкі добрива після випарної установки подаються до збірника 36-33, з якого рідке добриво відправляється до споживача.

Проводиться технологічний контроль тиску та температури в випарній установці, хімічний контроль складу та вмісту сухих речовин, та відсутність важких металів.

17 Рекуперація тепла гарячих відходів

Для економії енергії на підтримання температури в процесі зброджування органічної фракції ТПВ використовується рекуперація тепла нагрітих відходів. Рекуперація тепла відбувається в теплообміннику Т-32.

За допомогою вторинної пари, яка утворюється при сушінні твердої фракції на ТП 15.2 та упарюванні рідких добрив на ТП16.2, відбувається підігрівання до температури 50°C теплоносія, який подається в теплообмінник метантенка М-12. За потреби як теплоносієм може використовуватися первинний конденсат, який утворюється з граючої пари на ТП15.2 та ТП16.2.

Вторинний конденсат, який утворюється в теплообміннику використовується для розбавлення органічної фракції ТПВ в 36-10. Використання саме вторинного конденсату, на відміну від технічної води, дозволяє зменшити енерговитрати за рахунок підвищення температури суміші для зброджування до оптимального значення перед завантаженням в метантенк.

Таким чином додавання свіжого субстрату не впливає на температурний режим метантенка. Здійснюється технологічний контроль тиску та температури.

Після вищесписаних дій здійснюється контроль процесів, які відбуваються при виробництві біогазу з органічної фракції ТПВ та підраховується матеріальний баланс виробництва.

Розділ 3. Вибір та характеристика обладнання для одержання біогазу з органічної фракції твердих побутових відходів.

Вихідні дані для розрахунку:

кількість населення	N = 10 тис. чол. (На прикладі смт Любашівка Одеської області)
вміст органічної фракції в ТПВ	50%
вологість органічної фракції ТПВ	70%
призначення біогазу	використання як заміника природного газу
залишковий вміст води, не більше	0,2%
залишковий вміст CO ₂ , не більше	3%
залишковий вміст H ₂ S, не більше	0,2%.
залишковий вміст NH ₃	Відсутній

Згідно норм утворення відходів, зазначених в ГБН В.2.2-35077234-

001:2011 маса ТПВ на 1 людину на рік – 300 кг.

Тоді кількість органічних відходів, що накопичують на 1 людину на рік становить 150 кг.

3.1. Визначення добової витрати відходів та води.

Кількість органічних відходів, що накопичують на 1 людину на добу:

$$Q_d = \frac{Q_p}{365} = \frac{150}{365} = 0,410 \text{ кг.} \quad (3.1.1)$$

Тоді загальна маса відходів, що отримують від населення за добу становить:

$$m_d = Q_d \cdot N = 0,410 \cdot 10000 = 4100 \text{ кг.} \quad (3.1.2)$$

Вологість відходів згідно завдання – 70%, тоді маса сухих речовин

органічної фракції ТПВ становить:

$$m_{cp} = \frac{m_d \cdot 30}{100} = \frac{4100 \cdot 30}{100} = 1230 \text{ кг.} \quad (3.1.3)$$

Вологість зброджуваної суміші має становити 95%. Визначаємо

масу суміші:

$$m_{95} = \frac{m_{cp} \cdot 100}{5} = \frac{1230 \cdot 100}{5} = 24600 \text{ кг.} \quad (3.1.4)$$

Об'єм суміші для зброджування становить:

$$V_{\text{заг.}} = \frac{m_{95}}{\rho} = \frac{24600}{1000} = 24,6 \text{ м}^3 \quad (3.1.5)$$

де ρ – густина зароджуваної суміші,

приймаємо $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Маса води для розбавлення до заданої вологості становить:

$$m_b = m_{95} - m_d = 24600 - 4100 = 20500 \text{ кг.} \quad (3.1.6)$$

3.2. Визначення об'єму метантенка.

Визначаємо об'єм метантенка для зброджування органічної фракції

ТПВ:

$$V_{\text{мет}} = \frac{V_{\text{заг.}} \cdot 100}{D} = 246 \text{ м}^3, \quad (3.2.1)$$

де $V_{\text{заг.}} = 24,6 \text{ м}^3$ – загальний об'єм сировини;

D – доза завантаження сировини за добу, для мезофільного режиму

приймаємо значення 10%.

Приймаємо 1 метантенк об'ємом 1000 м^3 з наступними параметрами:

корисний об'єм 1000 м^3 ;
діаметр $12,5 \text{ м}$;

Висота верхнього конуса 1,9 м;
 Висота циліндричної частини 6,5 м;
 Висота нижнього конуса 2,15 м.

3.3. Визначення ступеня розкладання органічних речовин.

Визначимо масу золи у сухій речовині:

$$m_3 = \frac{m_d \cdot Z}{100} = \frac{4100 \cdot 2}{100} = 82 \text{ кг}, \quad (3.3.1)$$

де Z – вміст золи в органічній фракції ТПВ, %. $Z=2\%$. (від загальної маси) (згідно завдання).

Визначаємо масу сухої беззольної речовини органічної фракції ТПВ:

$$m_{бз} = m_{ср} - m_3 = 1230 - 82 = 1148 \text{ кг}, \quad (3.3.2)$$

Визначимо ступінь розкладу органічної беззольної речовини:

$$R_p = R_{\max} - K_p \cdot D = 59,3857 - 0,72 \cdot 10\% = 52,2, \quad (3.3.3)$$

де K_p – коефіцієнт, який залежить від вологості суміші, яка зброджується, для вологості 95% при мезофільному режимі $K_p = 0,72$;
 D – добова доза завантаження, % $D=10$.

R_{\max} – максимально можливий ступінь розкладання органічної беззольної речовини, який залежить від хімічного складу суміші, яка зброджується і визначається за формулою:

$$R_{\max} = (0,92 \cdot C_m + 0,62 \cdot C_v + 0,34 \cdot C_b) \cdot 100 = 59,4, \quad (3.3.4)$$

де C_m , C_v , C_b – вміст жирів, вуглеводів, білків у г/г сухої органічної речовини (згідно завдання).

Розрахований ступінь розкладу органічної беззольної речовини:

$$R_p = 52\% \text{ або } 0,52$$

3.4. Визначення виходу біогазу та об'єму газгольдерів

3.4.1. Визначення виходу біогазу.

Згідно ГБН В.2.2-35077234-001:2011 приймаємо вихід біогазу

1 г на 1 г безольної органічної речовини, що розкласлась.

Вихід біогазу за добу:

$$V_6 = \frac{m_{6з} \cdot R_p}{\rho} = \frac{1148 \cdot 0,52}{1} = 596,96 \text{ м}^3, \quad (3.4.1)$$

де ρ – густина біогазу, кг/м^3 . Приймаємо $\rho=1 \text{ кг/м}^3$ згідно ГБН

В.2.2-35077234-001:2011.

Визначаємо об'єм газгольдеру низького тиску, розрахованого на тривалість перебування біогазу 3 год.

$$V_{г1} = \frac{V_6}{8} = \frac{596,96}{8} = 74,62 \text{ м}^3, \quad (3.4.2)$$

Для зберігання біогазу обираємо газгольдер низького тиску з об'ємом 300 м^3 .

Визначимо масу та вологість суміші, яка залишилася після зброджування.

Загальна маса суміші після зброджування:

$$m_{з.с} = m_{95} - m_6 = 24003,04 \text{ м}^3, \quad (3.4.3)$$

Маса сухої речовини суміші після зброджування:

$$m_{ср.2} = m_{ср} - m_6 = 633,04 \text{ м}^3, \quad (3.4.4)$$

Вологість суміші після зброджування:

$$W_{зс} = \left(1 - \frac{m_{ср.2}}{m_{з.с}}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{633,2}{24003,04}\right) \cdot 100 = 97\%, \quad (3.4.5)$$

3.4.2. Розрахунок процесу очищення біогазу.

В процесі очищення біогаз збагачується метаном і очищується від домішок.

Таблиця 3. Склад сирого біогазу.

Компонент	Вміст до очищення, %	Вміст після очищення, %
CH ₄	50-75	65-95
CO ₂	25-50	30-2
H ₂	1-5	3-3
H ₂ O	0-10	2-0,2
NH ₃	0,01-2,5	0,0025-0,8
H ₂ S	0,000-25	0,001-0,5
N ₂	0-10	0-3

Маса метану біогазу до очищення становить:

$$m_{\text{CH}_4} = V_6 \cdot 0,65 \cdot \frac{M_{\text{CH}_4}}{V_M} = 283,3 \text{ кг}, \quad (3.4.6)$$

Маса біогазу після очищення становитиме:

$$m_{6,0} = \frac{m_{\text{CH}_4} \cdot 100}{95} = 298 \text{ кг}, \quad (3.4.7)$$

Для зберігання очищеного біогазу обираємо газгольдер середнього тиску ($P_H = 300 \text{ кПа}$), розрахований на тривалість перебування біогазу 24 год з об'ємом 600 м^3 .

3.5. Тепловий розрахунок.

3.5.1. Розрахунок необхідної температури води для розбавлення субстрату.

Температура відходів: влітку

25, взимку – 10

Маса води для розбавлення

$$m_B = 20500 \text{ кг.}$$

Маса відходів $m_D = 4100 \text{ кг}$

Кількість теплоти необхідна для нагрівання відходів влітку:

$$Q_{\text{літ}} = m_D \cdot C_V \cdot (T_{\text{зб}} - T_{\text{В поч.літ.}}) = 4100 \cdot 4,18 \cdot (35 - 21) = 2393,2 \text{ Мдж} \quad (3.5.1)$$

Взимку

$$Q_{\text{зим}} = m_D \cdot C_V \cdot (T_{\text{зб}} - T_{\text{В поч.зим.}}) = 4100 \cdot 4,18 \cdot (35 - 5) = 5141,4 \text{ Мдж} \quad (3.5.2)$$

де C_V – теплоємність органічної фракції ТПВ, Дж/кг К, приймаємо $C_V = 4,18$ (за завданням); $Q_{\text{літ}}, Q_{\text{зим}}$ – кількість теплоти необхідна для підігріву відходів до температури зуроджування влітку і взимку відповідно; $T_{\text{зб}}$ – температура зброджування, °С; $T_{\text{В поч.літ.}}, T_{\text{В поч.зим.}}$ – температура відходів влітку і зимою відповідно, °С приймаються $T_{\text{В поч.літ.}} = 21$ і $T_{\text{В поч.зим.}} = 5$.

Визначимо необхідну температуру води для розбавлення:

1. влітку:

$$T_{H_2O \text{ поч.літ.}} = \frac{Q_{\text{літ}}}{m_B \cdot C_{H_2O}} + T_{\text{зб}} = 35,03 \quad (3.5.3)$$

2. взимку:

$$T_{H_2O \text{ поч.зим.}} = \frac{Q_{\text{зим}}}{m_B \cdot C_{H_2O}} + T_{\text{зб}} = 35,06 \quad (3.5.4)$$

необхідна початкова температура води
 для розобвлення влітку і взимку відповідно, $^{\circ}\text{C}$,
 $C_{\text{H}_2\text{O}}$ – теплоємність води, Дж/кг К, $C_{\text{H}_2\text{O}} = 4,19$;

3.5.2. Визначення кількості теплоти, необхідної для підтримання оптимальної температури зброджування у метантенку та витрати теплоносія.
 Кількість теплоти, що втрачається субстратом через стінку метантенка на зовні:

1. літом:
 $Q_{\text{втр.літ.}} = k_{\text{нз}} \cdot F_{\text{нз}} \cdot (T_{\text{зб}} - T_{\text{пов.літ.}}) + k_{\text{з}} \cdot F_{\text{з}} \cdot (T_{\text{зб}} - T_{\text{гр}})$ (3.5.5)

2. зимою:
 $Q_{\text{втр.зим}} = k_{\text{нз}} \cdot F_{\text{нз}} \cdot (T_{\text{зб}} - T_{\text{пов.зим}}) + k_{\text{з}} \cdot F_{\text{з}} \cdot (T_{\text{зб}} - T_{\text{гр}})$ (3.5.6)

3. середнє арифметичне:
 $Q_{\text{втр.сер}} = \frac{(Q_{\text{втр.літ.}} + Q_{\text{втр.зим}})}{2}$, (3.5.7)

де $T_{\text{пов.літ}}$ і $T_{\text{пов.зим}}$ – температура навколишнього повітря в найтепліший і найхолодніший день влітку і зимою відповідно, $^{\circ}\text{C}$.
 Приймаються значення $T_{\text{пов.літ}} = 30^{\circ}\text{C}$ і $T_{\text{пов.зим}} = -5^{\circ}\text{C}$;

$T_{\text{гр}}$ – температура ґрунту, $^{\circ}\text{C}$. Приймаємо середньорічну температуру

$$T_{\text{гр}} = 8, ^{\circ}\text{C}.$$

F – площа поверхні теплообміну метантенка, м^2 , яка визначається як сума площиндричної частини, конічного дна та верхньої частини (розраховується як конічна) формулою:

$$F = \pi \cdot 2R \cdot H_{\text{к}} + \pi \cdot R \cdot \sqrt{R^2 + H_{\text{н}}^2} + \pi \cdot R \cdot \sqrt{R^2 + H_{\text{в}}^2} \quad (3.5.8)$$

$$F = 3,141 \cdot 12,5 \cdot 6,5 + 3,141 \cdot 12,5 \cdot \sqrt{12,5^2 + 2,15^2} + 3,141 \cdot 12,5 \cdot$$

$\sqrt{12,5^2 + 1,9^2} = 12,5303 \text{ м}$,
 де R – радіус метантенка;
 H_K – висота циліндричної частини метантенка;

H_H, H_B – висота нижнього і верхнього конуса відповідно;

Площу поверхні, яка знаходиться над землею і контактує з повітрям приймаємо рівній площі верхнього конуса.

$$F_{H.з} = \pi \cdot R \cdot \sqrt{R^2 + H_B^2} = 3,141 \cdot 12,5 \cdot \sqrt{12,5^2 + 1,9^2} = 128,20 \text{ м}^2 \quad (3.5.9)$$

Загальна площа поверхні заглибленої частини:

$$3,141 \cdot 2 \cdot 12,5 \cdot 6,5 + 3,141 \cdot 12,5 \cdot \sqrt{12,5^2 + 2,15^2} = 384,84 \text{ м}^2 \quad (3.5.10)$$

k – коефіцієнт теплопередач стінок та теплоізоляційних конструкцій метантенка, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

Враховуючи, що частина метантенка знаходиться під землею,

для заглибленої частини коефіцієнт теплопередачі буде визначатися:

$$k_3 = \frac{1}{R_{i3}} = \frac{1}{12,23} = 0,08179 \quad (3.5.11)$$

Для поверхні, що знаходиться над землею коефіцієнт

теплопередачі визначається за формулою коефіцієнт теплопередачі

буде визначатися:

$$k_{H.з} = \frac{1}{R_m + R_{i3}} = \frac{1}{0,036 + 12,23} = 0,08154 \quad (3.5.12)$$

де R_m – термічний опір теплопередачі стінки метантенка;

R_{i3} – термічний опір теплопередачі

теплоізоляційного шару.

Термічний опір теплопередачі стінки метантенка, яка обвивається повітрям визначається:

$$R_M = \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{27,2524} = 0,03669 \quad (3.5.13)$$

де α_3 – коефіцієнт теплообміну на зовнішній поверхні метантенку Вт/(м²·°С), який залежить від швидкості вітру:

$$\alpha_3 = 11,6 + 7\sqrt{v_B} = 11,6 + 7\sqrt{5} = 27,252 \quad (3.5.14)$$

де v_B – середня швидкість вітру, приймаємо $v_B = 5$ м/с.

Термічний опір теплопровідності ізоляційного шару визначається як:

$$R_{iz} = \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}} = \frac{0,15}{1,69} + \frac{0,05}{0,048} = 12,226 \quad (3.5.15)$$

де δ_{cm}, δ_{iz} – товщина стінки метантенка та теплоізоляційного шару, м. $\delta_{cm} = 0,15$ м, $\delta_{iz} = 0,05$ м.

$\lambda_{cm}, \lambda_{iz}$ – коефіцієнт теплопровідності стінки метантенка та теплоізоляційного шару, Вт/(м·°С).

Приймаємо для залізобетонної стінки метантенка $\lambda_{cm} = 1,69$ В/(м·°С), для мінеральної вати $\lambda_{iz} = 0,048$ В/(м·°С).

За формулою (23 - 25) розраховуємо втрати теплоти влітку і взимку:

1.літом:

$$Q_{втр. літ} = 0,081 \cdot 128,19 \cdot (35 - 21) + 0,081 \cdot 384,83 \cdot (35 - 8) = 902,10 \frac{\text{Вт}}{\text{год}} \quad (3.5.16)$$

2. зимою:

$$Q_{втр. зим} = 0,0815 \cdot 128,19 \cdot (35 - 5) + 0,0817 \cdot 384,83 \cdot (35 - 8) = 1267,98 \frac{\text{Вт}}{\text{год}} \quad (3.5.17)$$

3. середнє арифметичне:

$$Q_{\text{втр.сер}} = \frac{(902,097 + 1267,980)}{2} = 1085,04 \frac{\text{Вт}}{\text{год}} \quad (3.5.18)$$

Оскільки $1 \text{ Вт/год} = 3600 \text{ Дж}$, то втрати тепл

$$Q_{\text{втр.літ}} = Q_{\text{втр.літ}} \cdot 3600 \cdot 10^{-3} \cdot 24 = 77,24 \text{ МДж} \quad (3.5.19)$$

$$Q_{\text{втр.зим}} = Q_{\text{втр.зим}} \cdot 3600 \cdot 10^{-3} \cdot 24 = 109,55 \text{ МДж} \quad (3.5.20)$$

$$Q_{\text{втр.сер}} = Q_{\text{втр.сер}} \cdot 3600 \cdot 10^{-3} \cdot 24 = 93,75 \text{ МДж} \quad (3.5.21)$$

Тоді маса теплоносія з температурою 60°C на добу становитиме:

$$m_T = \frac{Q_{\text{втр.сер}}}{C_{\text{H}_2\text{O}} \cdot (T_{\text{т.поч}} - T_{\text{зб}})} = 1491,6 \text{ кг}, \quad (3.5.22)$$

де $T_{\text{т.поч}}$ — поначкова температура теплоносія, $^\circ \text{C}$.

$T_{\text{т.поч}} = 50^\circ \text{C}$. Об'єм теплоносія:

Діаметр труби змієвика становить 320 мм.

3.6. Розрахунок виходу твердих і рідких добрив

3.6.1. Визначення маси кеку, що утворюється після центрифугування зброженої суміші органічної фракції твердих побутових відходів

$$m_{\text{кек}} = \frac{m_{\text{ср.2}} \cdot 35}{100} \cdot 0,97 = \frac{5064,32 \cdot 35}{100} \cdot 0,97 = 1719,34 \text{ кг} \quad (3.6.1)$$

На центрифугі відбувається зневоднення зброженої суміші до вологості 65%. Тоді маса кеку становитиме:

де 0,97 — коефіцієнт, що враховує ефективність затримання сухої речовини. Маса фугату:

$$m_{\phi} = m_{з.с} - m_{кек} = 192024,32 - 1719,34 = 190304,98 \text{ кг} \quad (3.6.2)$$

Маса сухої речовини, що залишилася в фугаті:

$$m_{ср.ф} = m_{ср.2} \cdot 0,97 = 151,93 \text{ кг} \quad (3.6.3)$$

Вміст сухої речовини в фугаті, %:

$$C_{ср.ф} = \frac{m_{ср.ф}}{m_{\phi}} \cdot 100 = \frac{151,93}{190304,98} \cdot 100 = 0,0798\% \quad (3.6.4)$$

3.6.2. Визначення маси твердих добрив після сушіння

Під час сушіння кеку вологість зменшується до 12%. Сухий кек може використовуватися як тверде добриво, або піддаватися гранулюванню.

Маса твердого добрива становитиме:

$$m_{сд} = \frac{m_{ср.2} \cdot 0,07 \cdot 12}{100} = \frac{5064,32 \cdot 0,97 \cdot 12}{100} = 589,49 \text{ кг} \quad (3.6.5)$$

Маса вторинної пари, що утвориться при сушінні:

$$m_{в.п.1} = m_{кек} - m_{сд} = 1719,34 - 589,49 = 1129,85 \text{ кг} \quad (3.6.6)$$

3.6.3. Визначення об'єму рідких добрив

Для підвищення концентрації рідких добрив фугат упарюють до вмісту сухих речовин 1%.

Маса рідких добрив після упарювання становитиме:

$$m_{рд} = \frac{m_{ср.ф} \cdot 100}{0,08} = 15192 \text{ кг} \quad (3.6.7)$$

Маса вторинної пари, що утворилася в процесі випарювання становить:

$$m_{в.п.2} = (m_{ф} + m_{к}) - m_{рд} = (190304,98 + 72) - 15192 = 175184 \text{ кг} \quad (3.6.8)$$

де $m_{к}$ – маса конденсату, який утворився при осушенні біогазу,

на основі розрахунків процесу очищення біогазу приймаємо $m_{к} = 72 \text{ кг}$

Сумарна маса вторинної пари, що утворюється в процесах сушіння і випарювання становить:

$$m_{в.п} = m_{в.п.1} + m_{в.п.2} = 1129,85 + 175184,23 = 176314 \text{ кг} \quad (3.6.9)$$

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

Для переробки органічної фракції ТПВ обрано технологію зброджування з отриманням біогазу.

ТПВ містять велику кількість органічних речовин (до 40-60% залежно від сезону), тому доцільно збирати органічну фракцію окремо і переробляти з отриманням цінних продуктів. Виробництво біогазу є одним з найбільш доцільних способів переробки органічної фракції ТПВ, оскільки на відміну від компостування дозволяє отримати енергоносії та має значно меншу тривалість.

Для зброджування органічної фракції ТПВ обрано мезофільний режим зброджування, вологий тип ферментації та одноступінчасте зброджування. Режим роботи метантенка – безперервний. Для очищення біогазу обрано двоступінчасте очищення методом абсорбції 10% розчином NaOH на першому ступені та сірчаною кислотою на другому ступені з подальшим зневодненням.

Для виробництва біогазу обрано метантенк об'ємом 1000 м^3 з діаметром $12,5 \text{ м}$.

В рамках дослідження було проведено аналіз сучасного стану переробки твердих побутових відходів та визначено, що біотехнологічні інновації грають важливу роль у покращенні цього процесу.

Завершуючи дипломну роботу, можна підкреслити важливість подальших досліджень у галузі біотехнологічних інновацій для забезпечення сталого розвитку та збереження довкілля.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. А. Веллінгер, Д. Мерфі та Д. Бакстер, Довідник з біогазу. Наука, виробництво та застосування, Кембридж: Видавництво Вудхед, 2013
2. А. Мавропулос, Д. Вілсон, С. Веліс, Дж. Купер та Б. Еппелквіст, «Глобалізація та управління відходами. Етап 1: Концепції та факти», Міжнародна асоціація твердих відходів, Відень, 2012 р.
3. Апостолук С.О. Промислова екологія: Навчальний посібник / С.О. Апостолук, В.С. Джигирей. – К.: Знання. - 2012. - 474 с.
4. Горобець О.В. перспективні напрями утилізації органічних відходів/О. В. Горобець, В. А. Галіцький //Institutional Repository of Zhytomyr National Agroecological University/http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/8158/5/NME_2016_97-102.pdf/
5. Д. С. Вілсон, Л. Родич, П. Молак, Р. Суз, А. Карпінтеро, К. Веліс, М. Айер та О. Сімонетт, «Огляд глобального управління відходами», Організація Об'єднаних Націй, Програма довкілля та Міжнародна асоціація з твердих відходів, Осака та Відень, 2015 р.
6. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. Навч. посібник. - 3-є вид. - К.: Т-во "Знання", КОО - 2004. - 309 с.
7. Душкін С. С. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія утилізації твердих побутових відходів» / С. С. Душкін, М. В. Дегтяр; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 86 с.
8. ЄС, «Комплексне запобігання та контроль забруднення, довідковий документ про найкращі існуючих методах спалювання відходів», Європейська комісія, Брюссель, 2006 р.
9. Закон України про управління відходами (Електронний ресурс) / Режим доступу: URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2329-20#Text>
10. Інтегроване управління та поводження з твердими побутовими відходами у Вінницькій області. Монографія / Під ред.В. Г.Петрука.–Вінниця:

УНІВЕРСУМ.–Вінниця, 2007.–160с

11. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року (схвалено розпорядженням КМУ від 08.11.2017р.)

12. Панчук М.В. Аналіз перспектив розвитку виробництва та використання біогазу в Україні /М.В. Панчук, Л.С. Шлапак // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – № 3(60). – 2016. – С. 26-33

13. Петрук В. Г. Управління та поводження з відходами. Частина 14. Технології переробки твердих побутових відходів: навчальний посібник / Петрук В. Г., Васильківський І. В., Іщенко В. А., Петрук Р. В. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 233 с.

14. Радовенчик В.М., Гомеля М.Д. Тверді відходи: збір, переробка, складування. – К.: Кондор, 2010. – 549 с.

15. Тверді побутові відходи: джерела утворення та екологічний аспект проблеми. (Електронний ресурс) / Режим доступу: URL : <http://ru.osvita.ua/vnz/reports/ecology/21366/> - Загол. з екрану.

16. Тищенко Г.В. Екологічне право. Навч. посібник / Г.В. Тищенко. – К.: Юмана. - 2001. — 256 с.

17. Утворення та утилізація відходів за категоріями матеріалів. (Електронний ресурс) / Режим доступу: URL : http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2013/ns_rfk/ns_u/arch_utvut_u.html - Загол. з екрану.