

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Біотехнології та екологічного контролю
Кафедра Екологічної безпеки та охорони праці

«До захисту в ЕК»
Директор інституту (декан факультету)
Наталія ГРЕГІРЧАК
(підпис) (ім'я та прізвище)

«07» лютого 2023 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Ігор ЯКИМЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

«07» лютого 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
зі спеціальності 101 «Екологія»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього
середовища»
на тему: Вплив твердих відходів на довкілля і перспективи їх переробки
(на прикладі Львівського переробного заводу)

Виконав: здобувач II курсу, групи 3М
Шульган Ярослав Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Харченко В'ячеслав Валерійович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент Ковтун С.І.
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2023 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Біотехнології та екологічного контролю
Кафедра Екологічної безпеки та охорони праці
Освітній ступінь Магістр
Спеціальність 101 «Екологія»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри проф. Якименко І.Л.

“ 01 ” листопада 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Шульгана Ярослава Валерійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вплив твердих відходів на довкілля і перспективи їх переробки (на прикладі Львівського переробного заводу)

керівник роботи Харченко В'ячеслав Валерійович, кандидат географічних наук, доцент(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “31” жовтня 2023 року №780к

2.Строк подання здобувачем роботи 24.01.2023

3.Вихідні дані до роботи нормативні документації, інтернет джерела, підручники, журнали, дослідження проведені в інституті загальної енергетики

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вступ, проблематика ТПВ та їх переробка , використання сорбентів у різних галузях, види природніх сорбентів, об'єкти та методи досліджень, характеристика досліджень, вдосконалення проєкту, висновки, список літератури.

5. Перелік графічного матеріалу

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада	Підпис та дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 29.10.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Аналіз наукових джерел літератури	30.10.2022- 4.11.2022	Виконано
2	Розділ 1. Проблематика утворення та складування ТПВ	4.11.2022- 25.11.2022	Виконано
3	Розділ 2. Об'єкт і методи дослідження	25.11.2022- 1.12.2022	Виконано
4	Розділ 3. Пропозиції щодо вдосконалення проєкту Львівського ПЗ	1.12.2022- 10.01.2023	Виконано
5	Висновки	11.01.2023- 16.01.2023	Виконано
6	Презентація	17.01.2023- 23.01.2023	Виконано

Здобувач

_____ (підпис)

Шульган Я.В.

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Харченко В.В.

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Шульган Я.В. . Вплив твердих відходів на довкілля і перспективи їх переробки (на прикладі Львівського переробного заводу). Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальність 101 «Екологія» (ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»). – Національний університет харчових технологій МОН України, Київ, 2023.

В магістерській роботі досліджено можливість зменшення обсягів твердих побутових відходів в Україні – після впровадження новітніх технологій – та отримання альтернативного пального.

Наукова новизна: запропоновано впровадження новітніх технологій до проєкту Львівського переробного заводу для збільшення ефективності його роботи і виробництва альтернативного пального – для зменшення забруднення довкілля шкідливими речовинами.

Практичне значення: Застосування пропонованої модернізації способів переробки відходів на Львівському переробному заводі та на подібних переробних підприємствах дасть змогу зменшити обсяги твердих побутових відходів, виробляти пальне та – бути менш залежним від природнього газу чи нафти. Тож, така модернізація сприятиме зменшенню негативного впливу на довкілля.

Ключові слова: ТВЕРДІ ПОБУТОВІ ВІДХОДИ, RDF-ПАЛИВО, БЮГАЗ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ПЛАЗМОВА ГАЗИФІКАЦІЯ.

ABSTRACT

Shulhan Y.V. The impact of solid waste on the environment and the prospects of its processing on the example of the Lviv waste processing plant. Qualifying scientific work on manuscript rights.

Qualification work for obtaining an educational degree in the specialty 101 "Ecology" (EPP "Ecology and environmental protection"). – National University of Food Technologies of the Ministry of Education and Culture of Ukraine, Kyiv, 2023.

In the master's thesis, the possibility of reducing household solid waste in Ukraine was investigated, after the introduction of the latest technologies and obtaining the ecological palm tree. He annulled the energy-efficient use of biogas.

Scientific news: the introduction of the latest technologies for the production of ecological fuel to change the level of environmental pollution by harmful substances.

Practical significance: The application of the proposed modernization of waste processing methods at the Lviv Waste Processing Plant and similar waste processing enterprises will allow to reduce the volume of solid household waste, produce fuel and be less dependent on natural gas or coal. Therefore, such modernization will contribute to reducing the negative impact on the environment.

Keywords: HOUSEHOLD SOLID WASTE, RDF-FUEL, BIOGAS, MODERNIZATION, PLASMA GASIFICATION.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1	11
ПРОБЛЕМАТИКА УТВОРЕННЯ ТА СКЛАДУВАННЯ ТПВ	11
1.1 Проблематика утворення ТПВ.....	12
1.2 Основні властивості ТПВ, морфологічний склад ТПВ	13
1.3 Характеристика органічної фракції твердих побутових відходів.....	18
1.4 Запобігання утворенню відходів	20
1.5 Переробка побутових відходів.....	23
1.5.1 Депонування (захоронення) ТПВ на полігонах	23
1.5.2 Компостування	25
1.5.3 Спалювання	26
1.5.4 Плазмова переробка відходів.....	27
РОЗДІЛ 2	30
ОБ’ЄКТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	30
2.1 Загальна характеристика об’єктного підприємства.....	30
2.2 Методи дослідження.....	36
2.3 Характеристика об’єктів дослідження.....	37
РОЗДІЛ 3	44
ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЕКТУ ЛЬВІВСЬКОГО СПЗ	44
3.1 Плазмова газифікація як спосіб підвищення продуктивності Львівського заводу.....	44
3.2 Впровадження добування біогазу, синтез-газу та RDF-палива.....	50
3.3 Вакуумне збирання твердих побутових відходів як засіб оптимізації їх логістики.....	53
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ТПВ

Тверді побутові відходи

RDF

Refuse Derived Fuel

ВСТУП

Україна, підписавши у 2014 році Угоду про асоціацію з Європейським Союзом, зробила європейський вибір, у тому числі і у сфері управління відходами. Показники, які задає Європа у сфері управління відходами, доволі високі. Україна на сьогодні близько 94% усіх побутових відходів відправляє на сміттєзвалища, які займають площу понад 9 тис.га.

Запобігання утворенню відходів — це заходи, вжиті перед тим, як речовина або продукт стануть відходами. І ці заходи спрямовуються на зменшення кількості відходів, включаючи повторне використання продукції чи продовження життєвого циклу, на зменшення несприятливого впливу утворених відходів на довкілля, здоров'я людини та на зменшення вмісту шкідливих речовин у матеріалах чи продуктах. Передусім, тут можуть застосовуватися економічні інструменти, такі, як стимулювання безвідходних технологій, встановлення обов'язкової плати споживачами за певний предмет чи елемент пакування, наприклад, пластиковий пакет. Важливим заходом для запобігання утворенню відходів є проведення інформаційних кампаній. Так, людина, купуючи лимон чи яблуко, кладе їх у різні пластикові пакети.

Щорічно в Україні утворюється близько 29 тис. несанкціонованих сміттєзвалищ. Така ситуація пояснюється тим, що у багатьох населених пунктах неорганізоване збирання, сортування та вивезення побутових відходів. Найбільш проблемні області, де не організовано збір та вивезення відходів — це Волинська та Луганська. Не дивно, що і стихійні, і організовані звалища відходів у нас ростуть, як у лісі гриби, і це перш за все через відсутність роздільного збирання ТПВ у населених пунктах області та їх перероблення.

Трагедія на Грибовицькому сміттєзвалищі показала, до яких наслідків призводить нехтування цивілізованими способами поводження з відходами. Захоронення відходів на полігоні понад дозволені ліміти, відсутність

перешарування інертним матеріалом, відсутність збору біогазу, який утворювався внаслідок перегниття сміття, накопичення у великих обсягах біогазу у тілі звалища і призвели до загоряння сміття. Аналогічна ситуація і на Київських полігонах побутових відходів. Хоча на одному з полігонів Києва встановлені газозбірні свердловини метану, проте обидва полігони час від часу горять, забруднюючи довкілля токсинами.

Мета дослідження – розроблення практичних рекомендацій щодо впровадження інноваційних технологій на Львівському переробному заводі.

Об'єктом дослідження є переробна діяльність Львівського переробного заводу.

Предмет дослідження – інноваційні технології щодо переробки сміття та можливості їх впровадження на об'єктному підприємстві.

У роботі для досягнення поставленої мети було виконано такі послідовні завдання.

1. Розкрити сутність інноваційних проектів;
2. Проаналізувати енергетичність використання біогазу;
3. Оцінити потенціал підприємства;
4. Розробити інноваційний проект з переробки твердих побутових відходів;

Методи дослідження – Виконання завдань було здійснено із використання таких методів дослідження: загальнонауковий метод, узагальнення, метод аналізування, аналогії, систематизація.

Наукова новизна: запропоновано метод впровадження новітніх технологій до проекту Львівського переробного заводу для збільшення ефективності його роботи і виробництва альтернативного пального – для зменшення забруднення довкілля шкідливими речовинами.

Практичне значення: Застосування пропонованої модернізації плазмової газифікації переробки відходів на Львівському переробному заводі та на подібних сміттепереробних підприємствах дасть змогу зменшити обсяги твердих побутових відходів, виробляти пальне та – бути менш

залежним від природного газу чи нафти. Тож, така модернізація сприятиме зменшенню негативного впливу на довкілля.

Особистий внесок здобувача: кваліфікаційна робота виконана самостійно здобувачем. На основі аналізу інтернет-джерел було викладено основний матеріал. Проведено технічну частину в Інституті загальної енергетики НАН України, за керівництвом доктора техн. наук Ковтун С. І.

Перевірка інформації, процес та план написання кваліфікаційної роботи здійснювались за безпосередньою участю наукового керівника доцента Харченка В. В.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи: Робота складається зі вступу, 3 розділів, у тому числі висновків, списку використаних джерел із 24 найменувань. Роботу викладено на 64 сторінках друкованого тексту, ілюстровано 7 рисунками, 11 таблицями.

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМАТИКА УТВОРЕННЯ ТА СКЛАДУВАННЯ ТПВ

В Україні проблема утилізації відходів з кожним роком стає все гострішою. Використання застарілих методів утилізації і поховання твердих побутових відходів(ТПВ) на полігонах – поширена практика в усіх містах України. Наслідками такого поводження з ТПВ є сучасна екологічна криза. За оцінками експертів з ОБСЄ територія країни забруднена на 94%. Безвідповідальне використання полігонів ТПВ спричинює багато збитків, серед яких – обвал на Грибовицькому сміттєзвалищі в 2016 році і загибель двох людей на полігоні побутових відходів в селищі міського типу Стрижавка в 2014 році.

Тому актуальним є питання аналізу сучасних методів утилізації ТПВ та перспективність їх застосування.

Динаміки кількості полігонів ТПВ в Україні, які не відповідають нормам в різні роки. Зменшення протягом зазначеного періоду часу кількості полігонів ТПВ в Україні, які не відповідають нормам, пояснюється поступовим закриттям перевантажених полігонів та приведенням до екологічних норм наявних шляхом рекультивації, фітомеліорації тощо як елемента системи управління ТПВ, що є одним із пунктів Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом

Таблиця 1.1 – Статистичні дані за 2016—2020 рр. щодо динаміки кількості полігонів ТПВ в Україні, які не відповідають нормам

Рік	2016	2017	2018	2019	2020
К-ть полігонів ТПВ в Україні, які не відповідають нормам	1646	1347	984	905	868

Наразі за даними Державної служби статистики було встановлено, що на 1 українця кількість сміття становить до 300 кг за рік. ¹

1.1 Проблематика утворення ТПВ

Тверді відходи поділяються на відходи виробництва та відходи споживання. Відходи виробництва стосуються видів сировини, які не придатні для виробництва певної продукції, невикористані залишки або речовини, які утворюються внаслідок процесу виробництва та не потребують обробки. На цю групу припадає 90% твердих відходів. Решту 10% складають відходи споживання, згідно з іншою класифікацією, це – тверді побутові відходи.

Існує прямий зв'язок між відносно невеликою кількістю твердих побутових відходів та великою кількістю промислових відходів. Адже промислові відходи утворюються на ранніх стадіях отримання сировини для виробництва товарів. Вироблена продукція після короткочасного використання також стає відходами.

Крім того, виробництво сировини для майбутніх споживчих товарів споживатиме багато енергії, а галузь енергетики є одним з основних виробників промислових відходів. За підрахунками, кожна тонна твердих відходів еквівалентна 5 т промислових відходів на стадії виробництва, і 20 т промислових відходів на стадії отримання основних ресурсів з підземного ґрунту.

Тверді відходи є одним з найважливіших факторів, що спричиняють забруднення навколишнього середовища та негативно впливають майже на всі його компоненти. Проникнення в сховища, горіння палів, утворення пилу та інші фактори, що спричиняють міграцію токсичних речовин, призводять до забруднення підземних та поверхневих вод, погіршення стану повітряних і земельних ресурсів.²

Кожного року в Україні нелегальним шляхом створюється понад 12 тисяч сміттєзвалищ, через недостатню кількість функціонуючих полігонів. Багато полігонів вже давним-давно заповнили свої обсяги до лімітні обсяги, та стали справжньою смертельною небезпекою для довкілля.

1.2 Основні властивості ТПВ, морфологічний склад ТПВ

Класифікаційний каталог відходів являє собою перелік видів відходів, систематизованих за сукупністю пріоритетних ознак:

- за походженням;
- за агрегатним і фізичним станом;
- за небезпечними властивостями;
- за ступенем шкідливого впливу.

У низці випадків використовується класифікація відходів за можливістю їхньої утилізації.

Оскільки виробнича діяльність людини пов'язана із задоволенням її потреб, всі відходи, що утворюються, можна принципово розділити на дві великі групи: відходи виробництва та відходи споживання. Відходи виробництва – продукти, які не виробляються цілеспрямовано, а утворюються як побічні при створенні кінцевого продукту. Для кожного виробництва характерний свій вид відходів. До відходів споживання варто віднести відходи, в яких закінчився термін придатності у побуті, а також непотрібні людині продукти або їхні залишки, що утворилися в системі міського господарства.

Залежно від агрегатного стану: тверді; рідкі; газоподібні.

Відповідно до безпеки впливу на людину й навколишнє середовище ТПВ поділяються на 4 групи: надзвичайно небезпечні; дуже небезпечні; середньої безпеки; малонебезпечні.

Для практичного вирішення питання переробки ТПВ зручно класифікувати їх на 4 групи: 1. органічні; 2. неорганічні; 3. змішані (найбільш складні для переробки); 4. радіоактивні.³

За морфологічним та хімічним складом всі відходи поділяються на наступні види. Ті, що піддаються біодеградації, до яких відносяться харчові, садово– паркові відходи, папір, деревина, деякі види текстилю, що

становлять у середньому 60 – 80 % від маси ТПВ. Відходи, що піддаються хімічній деструкції, чорні й кольорові метали, пластмаси. Баластові – каміння, скло, будівельні матеріали. Із фракції відходів, що піддаються біодеградації, залежно від швидкості та повноти розкладання, виділяються три основні групи: ті, що швидко розкладаються: харчові відходи, трава, листя; середньої швидкості розкладання: принтерний і лощений папір, офісний і журнальний папір, паперовий посуд, садово–паркові відходи; ті, що повільно розкладаються: целофан, гофрований картон, газети, деревина.

Склад і властивості побутових відходів досліджуються за спеціальною методикою з урахуванням нормативно–правової документації та вимог закону України «Про відходи». Щільність відходів України становить у середньому 0,19–0,23 т/м³. Щільність ТПВ ³ коливається залежно від благоустрою житлового фонду та пори року. Для упорядженого житлового фонду щільність ТПВ у весняно–літній сезон становить 0,18–0,22 т/м³, в осінньо–зимовий сезон – 0,2–0,25 т/м³, для впорядкованого житлового фонду із пічним – опаленням 0,3–0,6 т/м³. Чим більше паперу та різного пластмасового пакування, тим менша щільність ТПВ. Зі збільшенням вологості щільність ТПВ підвищується. У майбутньому щільність ТПВ більших міст за рахунок збільшення кількості різних упакувань знизиться до величини, близької 0,1 т/м³. У великих містах Європи й Америки щільність ТПВ близька до цього показника. ⁴

Зв'язність і зчеплення. Папір і картон, текстиль і пластмасові плівки формують структуру ТПВ та надають їм механічної зв'язності. Липкі та вологі компоненти забезпечують зчеплення. Ці властивості ТПВ сприяють зводоутворенню та зависанню на стінках бункерів та стрижнях ґрат. Так, через ґрати 30x30 см ТПВ самостійно не провалюються, і для їхнього проштовхування потрібні додаткові зусилля. На стінках бункерів з кутами 65- 70° відбувається налипання та зависання ТПВ. При тривалому зберіганні ТПВ злежуються, самоущільнюються та втрачають сипкість.

Компресійні властивості. Для зменшення загального обсягу ТПВ під час перевезення й складуванні на полігонах важливо знати їхні компресійні властивості, тобто вплив тиску на ступінь ущільнення. При пошаровому ущільненні на полігонах при питомому тиску, що дорівнює 0,1 МПа, обсяг ТПВ, вивантажених із сміттєвоза, зменшується в 3–4 рази. При пресуванні ТПВ у сміттєвозі при питомому тиску, що дорівнює 0,1 МПа, їхній обсяг зменшується в 1,5–3 рази. При підвищенні питомого тиску до 0,3–0,5 МПа відбувається поломка різного роду пакувань, пресування паперу та плівок, починається видавлювання вологи. Обсяг ТПВ залежно від складу та вологості може бути зменшений як мінімум в 5 разів від первинного, отриманого при зборі ТПВ в контейнерах. Щільність ТПВ при цьому може досягати величини, що дорівнює 0,8 т/м³ і більше. При підвищенні питомого тиску до 10–20 МПа віджимається 80–90% всієї вологи, що утримується в ТПВ при зборі. При цьому обсяг ТПВ знижується ще в 2–2,5 рази, а щільність підвищується в 1,3–1,7 рази. Спресовані в такий спосіб ТПВ на якийсь час стабілізуються, тому що вмісту вологи в ТПВ недостатньо для активної життєдіяльності мікроорганізмів, а доступ кисню через високу щільність ускладнений. При подальшому підвищенні питомого тиску до 60 МПа відбувається майже повне віджимання вологи, але обсяг практично вже не змінюється. Мікробіологічні процеси в такому матеріалі уповільнюються.

Абразивні та корозійні властивості. Зіскоблювання тертьових поверхонь відбувається за рахунок баластових фракцій (метал, бій скла, фаянсу, кістки й ін.). У зв'язку із цим ТПВ мають абразивність і можуть стирати дотичні з ними поверхні. При контакті з металами ТПВ мають кородуючий вплив, що пов'язаний з їхньою високою вологістю, наявністю у фільтраті розчинів різних солей і кислим середовищем (рН = 5–6,5).

Теплотехнічні властивості. Наявність у ТПВ великої кількості органічних речовин відповідає за їхню теплотворну здатність. Питома теплоємність основних компонентів ТПВ (у Дж/град. кг) наступна: вода – 4190; дерево, картон, папір – 2000–2500; скло, каміння – 800–1000; залізо –

400; алюміній – 860. Теплотворна здатність ТПВ також залежить від їхньої щільності. Так, при зміні щільності від 0,2 т/м³ до 0,5 т/м³ теплотворна здатність ТПВ знижується з 2000 до 940 ккал/кг.

Санітарно–бактеріологічні властивості. ТПВ містять велику кількість вологих органічних речовин, які, розкладаючись, виділяють гнильні запахи й фільтрат. При висиханні продукти неповного розкладання утворюють насичений забруднювачами й мікроорганізмами (від 300 до 15 млрд на 1 г сухої речовини) пил. У результаті відбувається інтенсивне забруднення повітря, ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод. Розповсюджувачами патогенних мікроорганізмів є мухи, пацюки, птахи, безпритульні тварини. Морфологічний склад ТПВ значною мірою залежить від кліматичних умов, пори року, часу, що пройшов з моменту їхнього утворення, ступеня благоустрою житла, наявності системи роздільного збирання ТПВ (у тому числі – окремих контейнерів для харчових відходів), рівня добробуту мешканців та ін.

Морфологічний склад ТПВ характеризуються такими основними компонентами: папір; картон; органічні відходи; дерево; метал (чорний і кольоровий); текстиль; шкіра, кістки; полімерні матеріали та інші.

Таблиця 1.2 - Типовий морфологічний склад ТПВ

Найменування компонента	Частка фракцій, %		Щільність, кг/м ³	Величина фракцій, мм	Тривалість розкладання
	Житловий сектор	Нежитловий сектор			
Харч. й росл. відходи	54.07	-	100	26-100	До 2-х місяців
Папір, картон	7.61	-	700-1000	50-250	До 1 сезону
Дерево	1	1	180-220	50-250	До 10 років
Текстиль	4.5	3	85	50-250	До 10 років
Гума, шкіра	1.8	1.2	65-160	50-150	Близько 100 років
Пластмаса	7.71	11.91	27-40	50-300	Більше 100 років

Скло, кераміка	6.3	10.72	250	150-250	Більше 100 років
Чорні й кольорові метали	2.18/0.25	2.7/2.16	220-280	50-350	До 100 років
Каміння, кераміка	1.5	2.5	770	50-150	-
Кістки	1	0.5	50	50-100	Більше 100 років
Інше сміття	12.66	11.4	770	5-100	-

Закінчення таблиці 1.2

Морфологічний склад твердих побутових відходів у різних країнах відрізняється, що обумовлено соціально–економічною ситуацією. Оскільки в містах (країнах) з низьким рівнем доходів переважають харчові відходи (40–80%, порівняно, наприклад, з макулатурою (1–20%). У країнах з високим рівнем доходів харчові відходи на рівні 5–60%, а макулатури утворюється 20–45%.⁴

Органічні відходи як глобальна проблема. Ніякий інший вид відходів не сприяє такому поширенню проблем, як органічні відходи. Загалом, органічні відходи складають 63% усіх відходів, вироблених в усьому світі.

Органічні відходи – компонент відходів, що підлягає біодеструкції та має біологічне походження. У країнах, що розвиваються, кількість органічних відходів значно перевищує кількість органічних відходів у розвинених країнах.

Розкладання органічних відходів у ґрунті і тілі полігонів обумовлене неприродними умовами, адже вони несуть анаеробний характер призводить до того, що органічні відходи в товщі землі або під шарами відходів не можуть розкладатись в повному обсязі, оскільки аеробні бактерії ,які можуть здійснювати глибоке окиснення органічних речовин відходів не здатні виживати без доступу кисню в товщі відходів. Дослідження показало, що впродовж 5-6 років лише менше ніж третина органічних відходів розкладається. Зазвичай в сприятливих природних умовах розкладання органічних відходів це займає менше ніж рік. В результаті штучного

створення анаеробних умов, органічні відходи створюють низку екологічних проблем.

Майже всі види органічних відходів можуть бути перероблені у цінні продукти за використання певних технологій.

1.3 Характеристика органічної фракції твердих побутових відходів

Враховуючи, що органічні речовини – це природні ресурси, їх утилізація може відбуватися як в реальних умовах природного середовища, так і з використанням методів, що використовують принципи перетворення органічної речовини в природних циклах.

Однієї загальноприйнятої класифікації органічних відходів не існує, але можна виконати умовний їх поділ за окремими видами. До основних категорій відносяться:

вуглеводовмісні відходи (у їх число входять відходи овочів та фруктів, рослин, а також відходи харчової промисловості);

перегній (вони включають в себе продукти переробки продуктів харчування дрібного та крупнорогатої худоби, птахів та інших тварин);

відходи, що містять целюлозу (у склад цього виду відходів входять продукти текстильної галузі, підприємства, що займаються переробкою зерна, целюлозно-паперової та лісозаготівельної промисловості);

речовини, отримані в процесі біологічного очищення водного масиву.

Більшу частину органічних відходів звалищ складають відходи побуту, які відносяться до твердих або напівтвердих форм відходів .⁵

Кількість та склад твердих органічних відходів залежить від місця розташування джерела відходів, соціально-економічних факторів, погоди та доступності води. Тому, узагальнені дані з літератури не можливо легко застосовувати до конкретного випадку.

Тверді органічні відходи, що утворюються в результаті діяльності людини, включають в себе побутові та деякі промислові категорії.

Оскільки органічна фракція твердих побутових відходів підлягає переробці (наприклад, через компостування та анаеробне зброджування), сировина повинна збиратись у екологічних, енергетичних та економічних цілях окремо.

Всі органічні відходи промисловості, використовувані на добрива, можна розділити в основному на три групи.

Відходи, що вимагають компостування. До цієї групи належать відходи, небезпечні в санітарно-гельмінтологічному, ентомологічному та санітарному відношенні. У цю групу входять канига, відходи від пера, пуху, лушпиння насіння олійних культур, журавлинна і яблучна макуха, вичавки з винограду, винні опади.

Відходи, що вимагають завчасного внесення в ґрунт. До числа цих відходів відноситься м'якоть і мезга, шрот з виноградних зерен, відходи щетинних фабрик, підмети вовняних цехів, зрізи від фетрових виробів, вовняні відходи і вовняний пил. Як правило, це відходи з високим співвідношенням вуглецю до амонійного азоту. При внесенні їх у ґрунт перед посівом спостерігається тимчасове біологічне закріплення доступного азоту ґрунту мікроорганізмами, що призводить до азотного голодування рослин і навіть зниження врожайності. Тому їх застосовують задовго до посіву.

Відходи, придатні для добрива без обмежень. До цієї групи належать свинячий і яловичий шлям (відходи боєнь), сирі рибні відходи, міздря, відходи клейтукового виробництва, рогова стружка, шовковична лялечка, шовковий пух, екскременти шовкопрядів, тютюновий і махорковий пил, тютюнове листя після вилучення нікотину, шрот рицини, бавовняний, ріпакова, свиріпова макухи. ⁶

1.4 Запобігання утворенню відходів

Запобігання утворення відходів, підготовка до повторного використання відходів — це дві найперші та найбажаніші дії в управлінні відходами, які закріплені на рівні Директиви Європейського Союзу про відходи.

Основні кроки у порядку їхньої пріоритетності та безпечності для довкілля відображені в ієрархії управління відходами, що містяться в Директиві ЄС про відходи від 19 листопада 2008 року.

Чим ефективнішими будуть перші три кроки управління відходами, тим менше відходів спалюватиметься і потраплятиме на сміттєзвалища. Отже, політика нашої держави та окремих населених пунктів у сфері управління відходами має рівномірно охоплювати всі сходинокки, а не зосереджуватися на останній.

На сьогодні економічна система в багатьох країнах працює за принципом: «взьми–зроби–викинь», тобто є лінійною, і не відображає катастрофічної ситуації з утворенням відходів, їхнім неналежним переробленням, утилізацією та забрудненням довкілля.⁷

У 2014 році Європейська Комісія вирішила не приймати поправки до законодавства про відходи, а скористатися новим горизонтальним методом, який передбачає зміни не тільки в сфері відходів, а й буде охоплювати повний економічний цикл виробництва продукції. Європа стала на шлях запровадження «концепції економіки замкнутого циклу» (circular economy).

Економіка замкнутого циклу повинна зберігати додану вартість продуктів та запобігати утворенню відходів. Така концепція передбачає, що ресурси утримуються в економіці навіть тоді, коли продукт досягнув кінця свого життєвого циклу, так щоб ресурси могли бути використані знову, що створить їх подальшу додаткову цінність. Перехід до економіки замкнутого циклу вимагає змін у шкалі цінностей, від дизайну продукту до нових бізнес та ринкових моделей, від нових шляхів перетворення відходів в ресурси до

нових моделей поведінки споживачів. Мається на увазі повна зміна системи та інновації не тільки у технологіях, але і у логістиці, суспільстві, фінансах та політиці.

План дій ЄС в напрямку до економіки замкнутого циклу передбачає конкретні та абмітні цілі, починаючи від рівня виробництва та споживання, до поводження з відходами та ринку вторинної сировини, зміни законодавства у сфері управління відходами. У плані дій ЄС з економіки замкнутого циклу вказується, що перехід до такої економіки полягає, де цінність продуктів, матеріалів та ресурсів зберігається максимально довго, де утворення відходів мінімізується, складає вагомий вклад в зусилля Європейського Союзу щодо розвитку сталої, низько вуглецевої, ресурсоефективної та конкурентної економіки.

Запобігання утворенню відходів означає заходи, які вживаються до того, як речовина, продукт чи матеріал стане відходом, для зменшення кількості відходів (кількісне запобігання), зменшення негативного впливу відходів на довкілля та здоров'я, зменшення вмісту небезпечних речовин в матеріалах чи продукції (якісне запобігання). Оскільки запобігання утворенню відходів не є операцією поводження з відходами, тому для діяльності щодо запобігання утворенню відходів слід розробляти окремі норми.⁸

Стаття 9. Директиви ЄС про відходи визначає заходи, які стосуються запобігання утворення відходів:

- а) заохочення та підтримка сталого виробництва та споживання;
- б) заохочення проектування, виробництва та використання ресурсоефективних та більш довговічних продуктів (у тому числі подовження терміну їх використання та відмова від запланованого старіння), продуктів, придатних до ремонту, повторного використання та модернізації;
- в) спрямування на продукцію, яка містить особливо цінну сировину, для попередження перетворення цієї сировини на відходи;

г) заохочення повторного використання продуктів та створення мереж, що сприяють проведенню їхнього ремонту та повторного використання (наприклад, для відходів електричного та електронного обладнання, тек-стилю, меблів);

д) заохочення, без порушення прав інтелектуальної власності, доступності запасних частин, інструкцій з експлуатації, технічної інформації або інших інструментів, обладнання або програмного забезпечення, що дозволяють проводити ремонт та повторне використання продуктів без зниження рівня їхньої якості та безпеки функціонування;

е) зменшення утворення відходів, шляхом впровадження найкращих доступних технологій у процесах промислового виробництва, видобутку корисних копалин, будівництва та знесення, при виготовленні продуктів;

є) зменшення утворення харчових відходів у первинному виробництві, у переробці, у роздрібній промисловості та поширенні в ресторанах та послугах по приготуванню їжі, у домогосподарствах;

ж) заохочення пожертвування їжі та інший перерозподіл для споживання людиною, пріоритизація споживання людиною над годівлею тварин та переробкою в нехарчові продукти;

з) зменшення вмісту шкідливих речовин у матеріалах і продуктах;

и) зменшення утворення відходів, що не придатні для повторного використання або переробки (рециклінгу);

і) визначення продуктів, які є основними джерелами забруднення, особливо в природних та морських середовищах, та вжиття відповідних заходів для запобігання та зменшення утворення відходів з таких продуктів;

й) проведення інформаційних кампаній для підвищення громадської обізнаності щодо запобігання утворенню відходів та забрудненню довкілля.⁹

1.5 Переробка побутових відходів

Утилізація відходів являє одним з основних напрямків у ресурсозберігаючих технологіях. Під утилізацією відходів слід розуміти комплексну їх переробку з метою отримання промислової або іншої продукції. Утилізація тісно пов'язана з раціональним використанням природних ресурсів.

Успішне вирішення питань утилізації призводить до того, що замість поняття «відходи виробництва» виникає більш правильне «вторинна сировина», що має відношення не тільки до основного виробництва, але і до систем регенерації, рекуперації і очищення промислових викидів.

Методи утилізації засновані на фізико-хімічних дослідженнях властивостей і структури відходів, що дозволяють визначити принципову можливість їх використання в тому чи іншому виробництві.

1.5.1 Депонування (захоронення) ТПВ на полігонах

Основним методом знешкодження твердого побутового сміття є його складування на спеціалізованих звалищах. Однак на 80% із них не дотримуються вимог екологічної безпеки стосовно проведення запобіжних заходів щодо запобігання забрудненню повітряного басейну, ґрунтів, підземних вод, дренажного та поверхнево-схилового стоку. Така практика призводить до накопичення у товщі ТПВ на звалищах та інших місцях їх масштабного складування так званого фільтрату – водонасиченої драглистої рухомої маси, яка відзначається дуже високим вмістом розчинних солей важких металів, нітратів, сульфатів, різноманітних сполук фосфору, канцерогенних органічних речовин, продуктів їх хімічної і біохімічної трансформації, шкідливих анаеробних мікроорганізмів.

На полігонах відходи піддаються інтенсивному біохімічному розкладу. У них швидко формуються анаеробні умови, в яких протікає біоконверсія органічних речовин за участю метаногенів співтовариства мікроорганізмів і утворюється так званий звалищний газ або біогаз. Токсичні викиди звалищного газу в атмосферне повітря здатні поширюватися на великі відстані головним чином в напрямку панівних вітрів, а також вступати в реакцію з викидами навколишніх промислових об'єктів, погіршуючи екологічну ситуацію.

Внаслідок протікання хімічних реакцій і діяльності мікроорганізмів температура в різних місцях тіла складованих відходів може досягти 25-30 °С, викликаючи мимовільне загоряння, що служить причиною надходження в навколишнє середовище поліароматичних вуглеводнів (хімічних канцерогенів, які займають провідне місце у виникненні ракових захворювань), гранично допустимі концентрації (ГДК) яких в атмосферному повітрі нерідко перевищені в тисячі разів. Під впливом світла на водні розчини ароматичних вуглеводнів (при випаровуванні після випадання опадів, а також при неконтрольованому горінні полімерних відходів) утворюються діоксини.

Атмосферні опади створюють умови для міграції хімічних елементів і їх проникненню в ґрунті і поверхневі води.

Недостатня кількість сучасних полігонів для розміщення побутових та інших відходів, незадовільна робота комунальних служб породжують появу неорганізованих і несанкціонованих смітників, вплив яких на різні компоненти довкілля проконтролювати практично неможливо. Таким чином, поводження з побутовими відходами в Україні є малоефективним, що зумовлено насамперед низьким рівнем їх утилізації. На сьогодні за браком коштів і вільних земельних ресурсів можливості для будівництва сучасних звалищ і спеціалізованих полігонів ТПВ обмежені.

Недоліки захоронення:

- загроза забруднення навколишнього середовища;

- велика площа займаних територій;
- території полігонів не можуть бути використані в інших цілях;
- втрата значної кількості цінних матеріальних та енергетичних ресурсів.¹⁰

1.5.2 Компостування

Процес біохімічного перетворення біомаси, що міститься в ТПВ, називають компостуванням за спрощеним варіантом аеробіоза або метанізацією – в разі анаеробіозу. В обох процесах утворюється продукт, який самостійно або спільно з іншими продуктами може виступати в якості органічної добавки або добрив (при гарантії відсутності шкідливих і небезпечних речовин)¹². При виробництві компосту в атмосферу виділяються газоподібні продукти переробки відходів (в деяких випадках цей газ має сильні неприємні запахи попутного сірководню, ацетальдегідних і меркаптанової летючих з'єднань). Метанізація здійснюється в замкнутому просторі, і в ході цього процесу частина органічної речовини перетворюється в біогаз, який, як горючий газ, може бути використаний як для локального виробництва тепла та електроенергії, так і для подачі в газорозподільну мережу (за умови, що газ не буде токсичним або викликає корозію обладнання).

Застосування даних технологій залежить як від можливостей використання компосту, що є сьогодні найсерйознішою проблемою, так і від цін на енергоносії.

Слід зазначити, що використання біогазу як енергетичного ресурсу та навіть його просте спалювання з метою скорочення викидів в атмосферу метану, що володіє високою парниковою активністю, серйозно обмежуються наявністю шкідливих домішок, які при згорянні призводять до появи в продуктах згорання отруйних речовин. Це вимагає серйозних витрат на

використання систем очищення і значно знижує економічну ефективність даної технології.

Внаслідок неможливості гарантувати відсутність в ТПВ важких металів (батареїки і елементи електроживлення) використання компосту навіть для шарового пересипання полігонів і їх рекультивації призводить до поширення забруднюючих речовин на великій території, що є серйозною екологічною загрозою.¹³

1.5.3 Спалювання

Спалювання сміття – є найбільш звичним і широко поширеним способом його утилізації. Це ефективний спосіб утилізації матеріалів і заощадження природних ресурсів, таких, як нафта, газ, вугілля і ліс. Однак спалювання вимагає реальної утилізації енергії, наприклад, наявності тепломереж в місці розташування сміттєспалювальних підприємств.

Останні 10-20 років різні дослідницькі групи займалися аналізом впливу спалювання відходів на навколишнє середовище в порівнянні з іншими аспектами їх переробки. Найбільш поширеними методами оцінки такого впливу при організації переробки відходів є оцінка життєвого циклу і аналіз ефективності витрат. У методі оцінка життєвого циклу більша увага приділяється екологічним аспектам, тоді як аналіз ефективності витрат орієнтується на економічні показники. Як правило, при аналізі ефективності витрат враховується фінансова вартість життєвого циклу і екологічні витрати, які в сукупності складають різновид соціальних витрат. Протягом останніх 10 років в Швеції неодноразово проводилися дослідження організації переробки відходів за методами оцінка життєвого циклу і аналіз ефективності витрат. В результаті проведених досліджень з'ясувалося, що:

- найгірший спосіб обробки відходів, який представляє найбільшу екологічну і соціальну небезпеку, – це вивіз сміття на полігон. Це пояснюється виділенням метану на звалищах, а також низьким ступенем

вторинного використання ресурсів і неможливістю обліку зменшення впливу на навколишнє середовище і економії витрат;

- утилізація відходів вигідніша з екологічної точки зору, але вимагає великих фінансових витрат. Соціальні витрати залежать від способу оцінки впливу на навколишнє середовище. На думку авторів, утилізація легко регенеруємих матеріалів з соціальної точки зору більш рентабельна, ніж спалювання;

- екологічні та соціальні витрати при анаеробній ферментації і компостування менші ніж при звалищі відходів, але більші, ніж при спалюванні.

Спалювання відходів дає можливість:

- провести повне знезараження побутових відходів;
- зменшити обсяг відходів в 10-20 разів, а масу – у 3-4 рази;
- значно скоротити у відходах кількість забруднюючих речовин;
- використовувати енергію, що міститься у відходах;
- замінити природні енергоносії, такі як нафта, природний газ або вугілля і таким чином сприяти збереженню природних ресурсів.

Техніка і технологія спалювання ТПВ безперервно вдосконалюються. Екологічний вплив від спалювання сміття незначний. При належному контролі над процесом згоряння і ефективному очищенні димового газу викиди в атмосферу будуть мінімальні, особливо в порівнянні з іншим паливом, використовуваним в теплофікації; спалювання – більш ефективний метод переробки відходів, ніж вивезення відходів на звалище; утилізацію сміття слід розглядати як додатковий, а не конкурентний метод переробки відходів.

1.5.4 Плазмова переробка відходів.

Плазмова або плазмохімічна технологія переробки високотемпературної різновидом технології піролізу (газифікації). За цією

технологією в реакційній камері здійснюється піролізний процес з утворенням при високих температурах (від 1000 до 25 000 °С) пролізного газу, який спалюється в реакторі або в спеціальній камері допалювання.

Плазмова система включає в себе плазмовий генератор, або плазматрон, з котушками, генеруючими електричну дугу. Плазмообразуючий газ продувається через електричну дугу, де він іонізується. З'єднання основних атомів і молекул приймає форму синтетичного газу, який може використовуватися для виробництва електрики і тепла, або як сировина для виробництва синтетичних вуглеводнів. Отримане тепло використовується в котлі-утилізатори для вироблення пари та електроенергії, а димові гази направляються на газоочистку.

Переробка здійснюється наступним чином. Попередньо підготовлені і подрібнені побутові відходи завантажують в приймальний бункер, звідки за допомогою шнекового завантажувального пристрою подаються безпосередньо в реактор і переміщаються вниз, проходячи послідовно зони сушки і піролізу. Необхідний температурний режим в реакторі забезпечується роботою плазмотрона, до якого безперервно підводиться електричний струм.

За рахунок енергії електричної дуги плазмотрона, прогаз дисоціює і іонізується, перетворюючись в плазму з високою теплоємністю і теплопровідністю.

Органічні сполуки, що проходять через отриману плазму, розбиваються, в основному, на водень, монооксид вуглецю, вуглекислий газ, азот і водяну пару. Новоутворена в процесі деструкції газова суміш піднімається у верхню частину реактора, віддає своє фізичне тепло твердих відходів, за рахунок чого відбувається їх термодеструкція з утворенням парогазової суміші.

Шлак, який накопичується в нижній частині реактора у вигляді розплаву, періодично видаляється за допомогою спеціального пристрою.

Основною перевагою плазмохімічної технології є універсальність щодо перероблюваних речовин і відносно малі габарити, що дозволяють створити пересувні технологічні модулі. Однак широке практичне розповсюдження плазмових технологій стримується відсутністю надійних дугових плазмотронів з достатнім ресурсом безперервної роботи. Недоліками плазмохімічної технології також є висока витрата електроенергії, підвищені концентрації возгонів важких металів у газах, що ускладнює роботу газоочисної установки, і високі експлуатаційні витрати на обслуговування плазмотронів і ремонт обмурівки плазмохімічного реактора.

Відмінності плазмового процесу від звичайного спалювання відходів складаються в більш високих температурах і повністю замкнутому технологічному циклі системи. Ніякі неорганічні сполуки не проходять через систему, не будучи підданими впливу високих температур. Також, в плазмовій системі утворюється менше залишків золи, що спрощує обробку залишкових продуктів. ¹⁴

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Загальна характеристика об'єктного підприємства

Сміттєпереробний завод у Львові, що буде на вул. Пластовій, 13, планують збудувати до серпня 2023 року. Майбутній завод розташовуватиметься на ділянці площею у 9,6621 га, площа забудови складатиме 21 901,30 м². Тривалість експлуатації сміттєпереробного заводу – 60 років, а кількість створених нових робочих місць – 93.



Рисунок 2.1 – Концепт-арт Львівського переробного заводу

Зараз на ділянці майбутнього сміттєпереробного заводу проводять мобілізаційні роботи, які підрядник має виконати згідно з контрактом. Крім того, він вивчає проєктну документацію та вносить свої корективи. Він каже,

що потужність майбутнього заводу становитиме 240 тисяч тонн відходів на рік. Збудують його біля очисних споруд ЛМКП «Львівводоканал». Наразі там тривають підготовчі роботи. Відповідно до контракту на спорудження комплексу від серпня 2021 року місто має два роки.

Технологією заводу запровадили механіко-біологічну обробку відходів. Сміттепереробний комплекс має бути поділений на дві частини, де відбуватиметься механічна і біологічна обробка. Механічна частина обробки відходів – це набір елементів, обладнання, машин, які відсортовують вторинну сировину, а також готують матеріал до біологічної обробки.

Тендер на проєкт сміттепереробного заводу на вул. Пластовій, 12 оголосили у лютому 2018 року. На початку червня міський голова Львова Андрій Садовий підписав угоду з Європейським банком реконструкції і розвитку про надання кредиту на 35 млн євро для будівництва сміттепереробного комплексу та рекультивації Грибовицького сміттєзвалища. Тендер на будівництво оголосили 9 червня. На перший етап тендеру пропозиції подали 12 компаній. До другого етапу тендеру пройшли 5 компаній. Наприкінці 2018 року міськвиконком погодив проєктування майбутнього комплексу.

Щодо старту будівництва, то в ЛКП «Зелене місто» повідомили, що воно розпочнеться після отримання всіх необхідних дозволів, оскільки, у відповідності до ст. 37 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності», сміттепереробний завод за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми та значними наслідками або які підлягають оцінюванню впливу на довкілля.

З 35 мільйонів євро (25 мільйонів – кредитні кошти і 10 мільйонів – грантові) станом на 1 вересня 2020 року вже використано 7 482 225 євро кредитних коштів, з них 1 335 208 – на закупівлю та роботу станції очистки фільтратів за системою зворотного осмосу та 6 147 017 – на рекультивацію Грибовицького сміттєзвалища.

Щодо грантових коштів, то вони призначаються саме для будівництва сміттепереробного комплексу і ще не використовувалися. («Львівська міськрада підписала з ЄБРР угоду на 30 мільйонів євро, з яких грантових 10 мільйонів євро були для рекультивації, а 20 мільйонів євро – кредит під мінімальні відсотки для побудови заводу». 2017 рік.)

Туманні перспективи щодо нової ділянки для облаштування міського полігону твердих побутових відходів. Львівська міська рада 9 квітня 2021 року прийняла рішення №255 «Про здійснення комплексу заходів для будівництва нового полігону твердих побутових відходів для потреб Львівської міської територіальної громади».

Станом на сьогоднішній день представниками «Зелене місто» здійснюється огляд територій потенційних місць для розміщення нового полігону. Після визначення місця розміщення будуть проведені необхідні заходи щодо оформлення та отримання земель у власність або користування у встановленому порядку, у тому числі через розроблення та затвердження технічної документації із землеустрою з подальшим розробленням необхідної проектно-кошторисної документації для будівництва полігону твердих побутових відходів.¹⁵

94,4% сміття в Україні захоронюють на полігонах, 2,7% спалюють, решта 3,09% йде на переробку.

Офіційно в Україні, станом на 2016 рік, нараховується 5470 сміттєзвалищ(контрольованих), але щороку утворюється 27000 несанкціонованих звалищ.

Кожен рік країна продукує близько 11 млн тонн побутових відходів. Ця цифра постійно зростає. Відтак, ще у 2010 році відходів в Україні було трохи менше 10 млн тонн.

Сьогодні, орієнтовно, на людину на рік приходиться 300 кг відходів. Якщо ж брати не лише побутові відходи, а й утворені від економічної діяльності, за рік в Україні утворюється близько 350 млн тонн. Це приблизно 8600 кг на людину.

Для порівняння, Швейцарія, Німеччина, Швеція перероблюють 70% свого сміття. Країни-члени ЄС узгодили і впровадити ряд дій, щоб до 2030 року на сміттєзвалищах зберігали усього 10% відходів.

Для України, цифра в 10% на захоронення сміття звучить фантастичною, враховуючи той факт, що у країні немає жодного розуміння, що робити з відходами – їх просто складують на полігонах. Згідно Угоди про Асоціацію з ЄС, є ряд нормативно-правових актів у сфері управління відходами, які Україна має зобов'язання виконати. Основні орієнтири:

- інтеграція завдань захисту довкілля та здоров'я людей із заходами по максимальному використанню ресурсного потенціалу відходів;
- встановлення ієрархії пріоритетів щодо поводження з відходами;
- регламентація порядку віднесення відходів до категорії небезпечних;
- запровадження принципу розширеної відповідальності виробника;
- вимоги до планування управління відходами

Країни-члени ЄС не безпідставно вимагають від України взяти під контроль ситуацію з відходами у країні, адже у тоннах сміття, що просто лежать під відкритим небом на сотнях квадратних кілометрів, проходять процеси розкладання, хімічні реакції та інші взаємодії, що призводять до цілої низки негативних наслідків.

За даними французької інженерної компанії Egis, що провела аналіз сміття полігону у Грибовичах на Львівщині у 2020 році(рис 2.2):

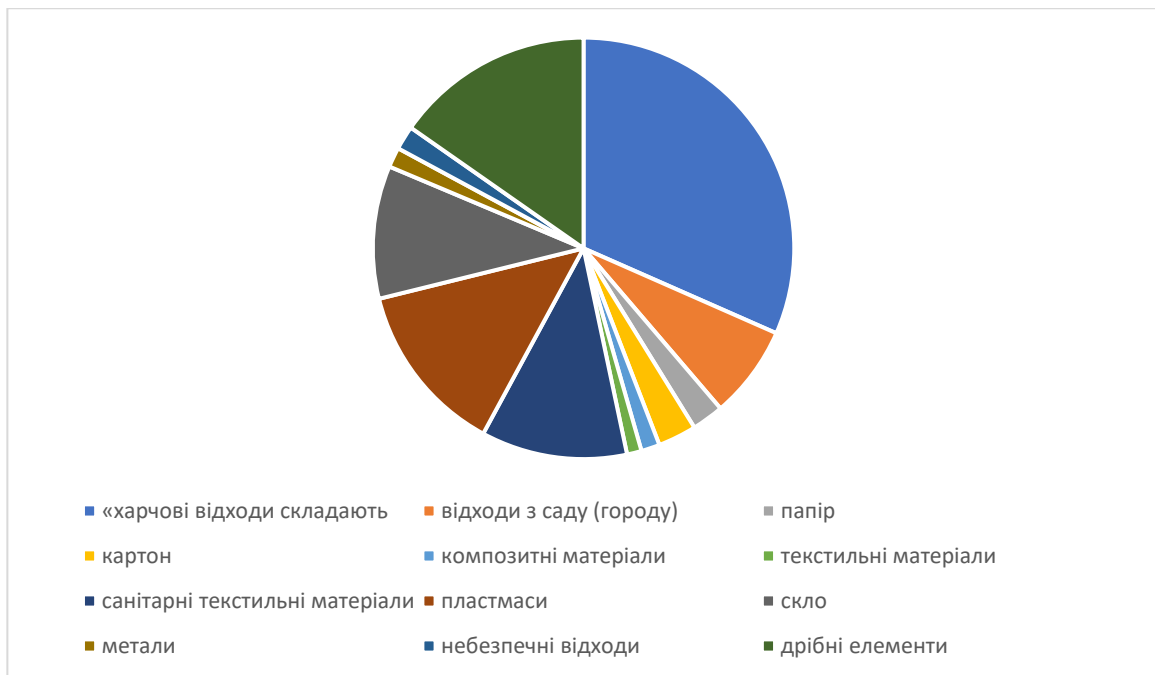


Рисунок 2.2 – аналіз сміття полігону

У цілому, слід зазначити, що органічна фракція вище середнього по країні, а паперова/картонна – нижче».

За даними Міністерства охорони довкілля, в Україні щорічно утворюється пів мільярда тонн відходів, понад 90% з них відправляють на звалища. При цьому сміттєпереробні заводи існують наразі лише на стадії проєктів. «Слово і діло» пропонує подивитися, скільки в Україні утворюється відходів, скільки утилізують, а скільки зберігається на звалищах.(рис.2.3 та рис. 2.4)

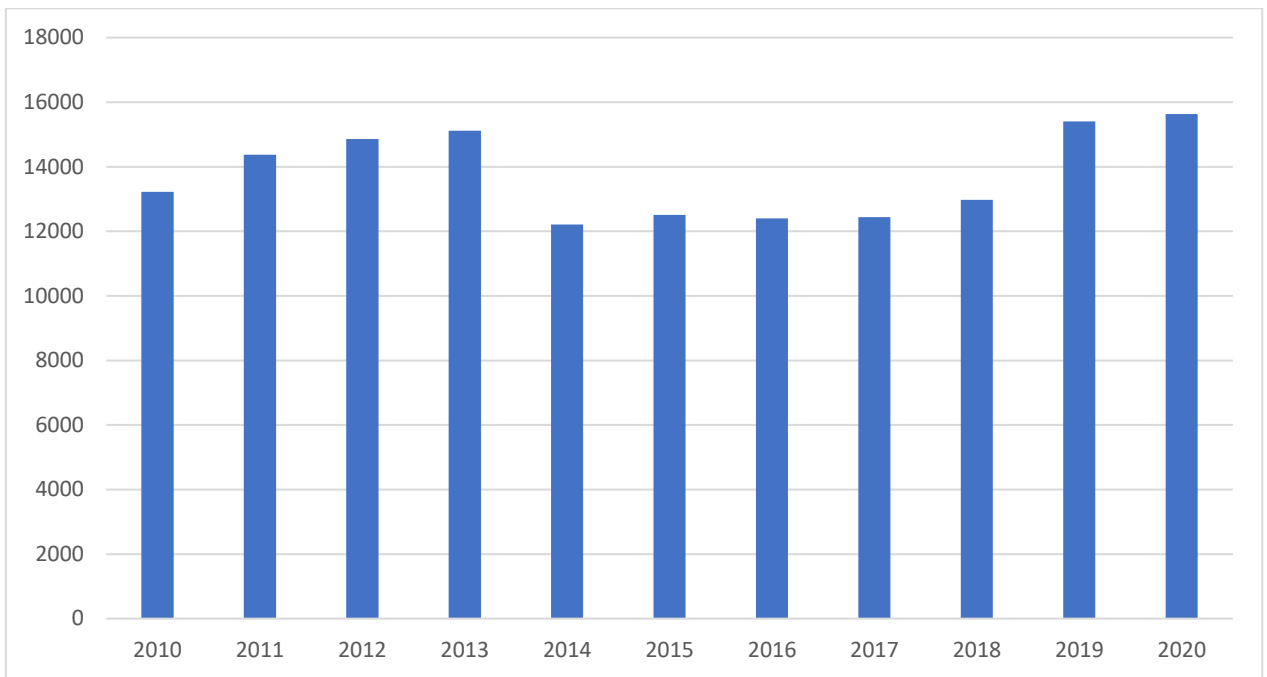


Рисунок 2.3 – загальний обсяг накопичених відходів у спеціально відведених місцях, млн.т

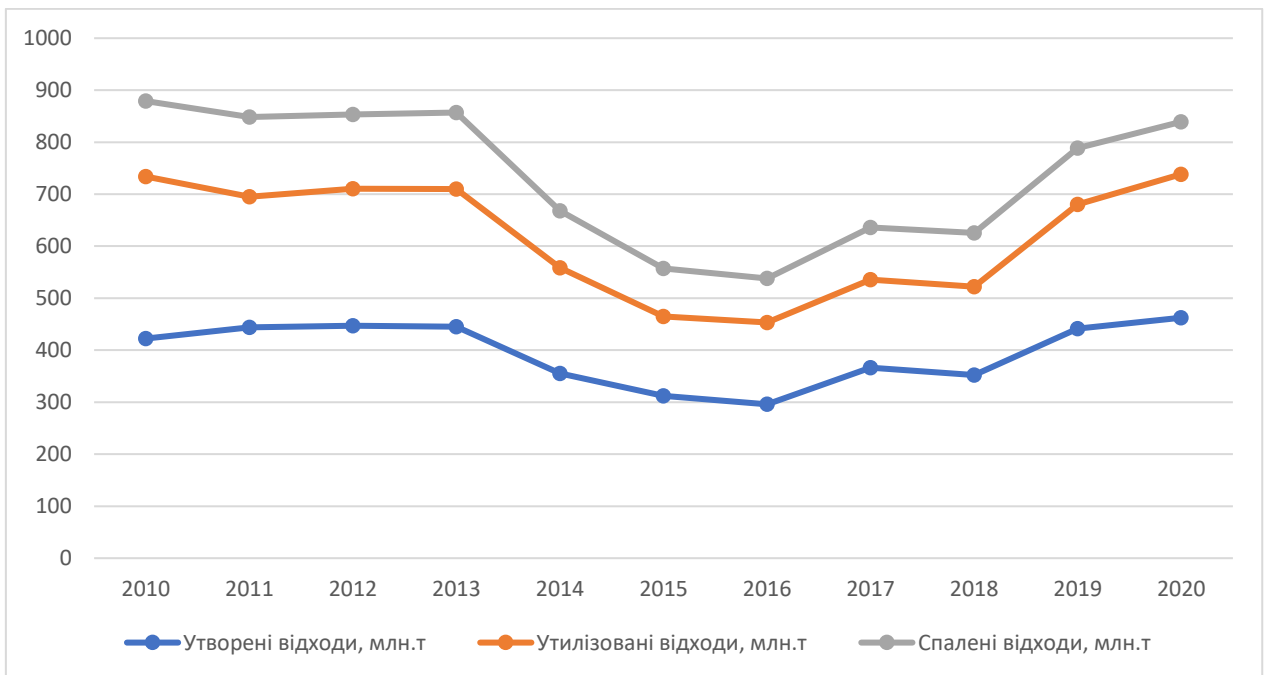


Рисунок 2.4 – поводження з відходами за 2010-2020 рік

Як видно з рисунків 2.3 та 2.4 у 2010 році в Україні утворилося 422,5 млн тонн відходів, 144,9 млн тонн утилізували, а 311,6 млн тонн відправили на зберігання в спеціально відведені місця. Таким чином, загальний обсяг накопичених відходів склав 13 млрд 220 млн тонн.

У 2011 році утворилося 443,8 млн тонн відходів, утилізували – 153,4 млн тонн, 251,4 млн тонн – відправили на зберігання. Загалом на той рік на звалищах і полігонах зберігалось 14 млрд 372,1 млн тонн відходів. У 2012 році обсяг накопичених відходів виріс до 14 млрд 856,6 млн тонн, в 2013-му – до 15 млрд 111,6 млн тонн.

За 2014 рік утворилося 355 млн тонн відходів, утилізували – 109,3 млн тонн, відправили на зберігання – 203,7 млн тонн. Загальний обсяг накопичених відходів скоротився до 12 млрд 205,5 млн тонн.

У 2015 році утворилося 312,3 млн тонн відходів, 152,3 млн тонн відправили на зберігання, а 92,5 млн тонн – утилізували. Всього в спеціально відведених місцях зберігалось 12 млрд 505,9 млн тонн відходів, в 2016-му обсяг зменшився до 12 млрд 393,9 млн тонн.

Рекордно мало відходів за розглянутий нами період утворилося в 2016 році – 295,9 млн тонн: 84,6 млн тонн – утилізували, 157,4 млн тонн – відправили на зберігання.

У 2019-2020 роках кількість відходів в Україні знову зростає. За 2019-й утворилося 441,5 млн тонн відходів, 108 млн тонн утилізували і 239 млн тонн відправили на зберігання. Загальний обсяг накопичених відходів склав 15 млрд 398,6 млн тонн, в 2020-му – 15 млрд 635,3 млн тонн. За минулий рік утворилося 462,4 млн тонн відходів: утилізували – 100,5 млн тонн, відправили на зберігання – 276 млн тонн.

Також зовсім невеликий обсяг відходів в Україні спалюють – в середньому 1-1,1 млн тонн за рік.

2.2 Методи дослідження

Для вирішення поставлених завдань були використані ряд методів дослідження. Обрана методологія включає в себе:

- *аналіз і узагальнення* світового досвіду з питань щодо способів поводження з твердими побутовими відходами, а саме: аналіз їх об'ємів утворення та накопичення, фізико-хімічних характеристик з встановленням впливу відходів та методів їх складування, переробки й утилізації на довкілля та здоров'я людей;

- *аналіз* сучасних уявлень щодо механізмів та чинників, які визначають критерії екологічної безпеки, інтенсифікацію процесів утилізації та показники експлуатаційних характеристик піролізної технології та отриманих продуктів;

- *визначення* методів дослідження процесів створення та регулювання властивостями екологічно прийнятних умов здійснення процесів термічної деструкції ТОВ, встановлення можливостей та експлуатаційних вимог до якості отриманих речовин як товарного продукту;

- *дослід* розробки технічних умов на установки піролізні, паспортів установок, інструкцій з експлуатації та інших технічних документів.

- метод *систематизації* задля узагальнення інформації по переробці сміття на території України;

- метод *аналогії* - для порівняння практики західних країн у сфері переробки сміття з проектом Львівського СПЗ та з'ясування можливостей впровадженні новітніх методів переробки на об'єктному підприємстві

Отримані наукові результати використано як передумову напрацювання пропозицій до проекту Львівського СПЗ, що дадуть можливість зменшення негативного впливу процесів накопичення та утилізації на довкілля та здоров'я людей та підґрунтя розвитку наукових основ екологічно прийняттого піролізного процесу їх утилізації.

2.3 Характеристика об'єктів дослідження

Будь-яка сировина складається з двох основних частин¹⁹: горючої і негорючої (баласту). Горюча частина містить різні органічні сполуки, до яких

входять такі хімічні елементи: вуглець (C), водень (H), сірка (S), кисень (O), азот (N), а також ті органічні сполуки, які під час деструкції, утворюють леткі речовини. Кількість та поєднання цих елементів визначають умови проведення екологічно прийняттого піролізного процесу та фізико-хімічні властивості отриманих продуктів, які в подальшому можуть бути використані як товарний продукт.

Тому для повного використання енергетичних властивостей органічних відходів, їх можна поділити як відходи, які мають високоенергетичні властивості та низькокалорійні відходи. До першого класу будуть відноситися синтетичні полімери, які в своїй основі складаються із вуглеводнів, такі як усі види пластмас, композиційні матеріали та їх суміші, гума, зношені автомобільні шини та ін. До другого класу: природні полімери, які відрізняються від перших наявністю кисню та підвищеною вологістю і в своїй основі складаються з целюлози.

Оскільки зараз в великих містах дуже повільно, але впроваджуються роздільний збір, то такого первинного відокремлення достатньо, для добору необхідних параметрів здійснення процесу. Крім того, морфологічний склад первинної маси відходів впливає на конструкцію пристрою подачі сировини в герметичному об'ємі технологічного обладнання термічної деструкції для забезпечення екологічної безпеки процесу, на неперевищення наднормативних концентрацій шкідливих речовин у робочому просторі.

Питома теплоємність відходів, які знаходяться в контейнері для сміття, для м. Львів (весняний сезон) (табл.2.1) визначалась за формулою(2.1):

$$C_{\text{пит}} = 21.9 W + 2000 \quad (2.1)$$

де, Дж/(кг °C), де W – вологість, %.

Таблиця 2.1 - Питома теплоємність основних компонентів

Компонент	Питома теплоємність, Дж/(кг °C)
Харчові відходи	3576,8

Дерево, картон, папір	2547,5
Гума	2569,4
Текстиль, ганчір'я	3095
Полімери (суміш)	2197,1

Закінчення таблиці 2.1

Визначення вологості відходів проводилось методом відбору елементарних проб за ГОСТ 3816-81 (табл. 2.2). Елементарну пробу масою 100г, зважили з похибкою не більше 0,1г, висушили до постійної маси у сушильному апараті (Сушарний шкаф круглий тип 2В-151/ ШС-3, 200 °С, потужність 325 Ватт, напруга 220 вольт, виробництво завод «Електроділо») та повторно зважили. А вологість розраховувалась за формулою (2.2):

$$W = \frac{(m_1 + m_2) * 100\%}{m_2} \quad (2.2)$$

Де, m_1 – маса проби до висушування, m_2 – маса елементарної проби після висушування до постійної маси.

Таблиця 2.2 - Вологість твердих органічних відходів

Компоненти	m_1 ,г	m_2 ,г	W,%
Макулатура (картон, папір)	21,34	17,072	25
Полімери (суміш пакувань)	9,69	8,89	9
Текстиль	3	2	50
Гума	1,87	1,684	11
Деревина	4,1	3,39	21
Харчові відходи	45,54	26,48	72

Масова теплотворна здатність характеризує кількість тепла, яке виділяється при повній переробці одиниці маси. Якщо відомий хімічний склад суміші відходів, то масову теплотворну здатність можна визначити теоретичним шляхом (табл.2.3), за формулою Менделєєва Д. І., яка має вигляд(2.3):

$$Q = 339(C) + 1030(H) - 109(O - S) - 25(W) \quad (2.3)$$

де С, Н, О, S, W – вміст вуглецю, водню, кисню, сірки, вологи, %.

Компонент	C	H	O	S	W	Q, кДж/кг
Харчові відходи	12,6	1,8	8	0,15	72	3469,75
Макулатура	27,7	3,7	28,3	0,4	25	9535,2

Таблиця 2.3 - Елементний склад та теплотворна здатність компонентів

Текстиль	40,4	4,9	23,2	0,1	50	14979,6
Дерево	40,5	4,8	33,8	-	21	14464,3
Відсів	13,9	1,9	14,1	0,1	80	3143,1
Полімери	55,1	7,6	17,5	0,3	9	24407,1
Шкіра, гума	65	5	12,6	0,6	26	25232

Для встановлення параметрів та оцінювання факторів, що визначають умови проведення екологічно прийняттого піролізного процесу, було створено і досліджено суміші органічних відходів з різним відсотковим змістом різних компонентів, які відповідають середньостатистичним даним утворення та накопичення твердих органічних побутових та промислових відходів (табл. 2.4, 2.5) за виключенням вологих відходів.

Суміші були складені за варіативними даними накопичення та зберігання побутових та промислових органічних відходів з урахуванням місць їх утворення та збору та накопичення.

Таблиця 2.4 – Склад дослідних сумішей компонентів

№ суміші	Тверді органічні відходи	Склад відходів	Вміст елементів, % мас.
1	Суміш органічних сухих побутових відходів	Текстильні відходи, іграшки, частини меблів, пакування	15% PE, 25 % PP, 30 % PS, 15 % PETE, 15 % поліестер, поліамід

2	Суміш пакувальних матеріалів	Одноразовий посуд, обгортки, коробки, ящики	30% PE, 55 % PP, 15 % PET
3	Шини автотранспортних засобів, які вийшли з експлуатації	Зношені автомобільні шини	100 % синтетичні каучуки (полібутадієн, поліізобутилен та ін.)
4	PET пляшки	Пляшки одноразового використання для напоїв	100% PET
5	Шприци медичні ін'єкційні одноразового застосування (ГОСТ 22967-90)	Одноразові шприци	80 % PP, 20 % PE
6	Полімерні відходи автомобільної промисловості	Торпеди, бампери, пластикові запасні частини	60 % PS, 25 % PP, 15 % PE
7	Відходи силових кабелів з пластиковою ізоляцією різних марок (ГОСТ 16442-80)	Обрізки та зношені кабелі внутрішнього та зовнішнього застосування	100 % PE
8	Пакувальна клейка стрічка різних марок (ЛС-100011, ЛС-100012, ЛС-110011, ЛС-100241)	Відходи промислових бобин скотчу	100 % PP

Закінчення таблиці 2.4

Таблиця 2.5 – Основні види відходів модельних сумішах, які переробляються екологічно безпечним піролізним процесом

Тверді органічні відходи	Речовина
--------------------------	----------

Пляшки від миючих засобів, прозоре пакування та пакети, пакувальна та гідроізоляційна плівка, електроізоляційні оболонки, корпуси для приладів, зношені та залишки труб для води та газу, квіткові горщики, дитячі іграшки, текстильні волокна	ПЕ
Контейнери для їжі, пакування, складові автомобілів, продукція для гідроізоляції, труби для каналізації та дренажні труби, текстильні волокна, запірна арматура, шланги для поливу	ПП
Одноразовий посуд, пакувальні матеріали, дитячі іграшки, утеплювач, шумоізоляційні, фільтраційні та оздоблювальні матеріали, одноразові медичні інструменти, текстильні волокна	ПС
Пляшки для прохолоджувальних напоїв, електроізоляційні матеріали, деталі кузова автомобіля та двигунів, компресорів та насосів, текстильні волокна, пакувальні матеріали, шумо- та теплоізоляційні матеріали	ПЕТ, ПК, ПАР

Закінчення таблиці 2.5

З метою попередження потрапляння шкідливих речовин в довкілля, зменшення технологічних та матеріальних витрат за рахунок мінімального використання енергетичних ресурсів здійснюється моделювання піролізу твердих органічних відходів в устаткуванні для утилізації.

Методика теоретичного розрахунку математичної моделі зводиться до послідовного вирішення запропонованих етапів дослідження. Спочатку виконуються моделювання кінетичних характеристик процесів деструкції при утилізації Львівського заводу, далі здійснюється розрахунок значення констант рівноваги. Наступний етап - розрахунок повного матеріального балансу газо-рідинних потоків та розрахунок фазової рівноваги. Розрахунок здійснюється методом послідовних наближень. Моделювання процесів конденсації газо-рідинних потоків при рециркуляції продуктів термічної

деструкції в технологічному обладнанні базується на основі гіпотези теоретичного контуру.

РОЗДІЛ 3 ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЕКТУ ЛЬВІВСЬКОГО ПЗ

3.1 Плазмова газифікація як спосіб підвищення продуктивності Львівського заводу

Плазмова газифікація є одним з найновіших і ефективних методів для ТПВ. Він передбачає газифікацію твердих відходів за допомогою плазмової дугової обробки газів і використання синтетичного газу для запуску інтегрованого газового комбінованого циклу для виробництва електроенергії, використання склоподібного шлаку як побічного продукту в галузі будівництва і використання токсичних газів, таких як сірка, для лабораторії та фармацевтики. Таким чином забезпечується нульовий рівень викидів у навколишньому середовищі та використовуючи всі складові, включаючи теплотворну здатність твердих відходів для блага людства.

Технології плазмової газифікації ТПВ потрібно запровадити для Львівського переробного заводу, бо відносно недавно присутні на ринку та буде чудовою можливістю продемонструвати цю технологію. Досвід експлуатації дослідних, потім і промислових установок плазмової газифікації дозволив установити такі ключові переваги цих технологій:

- здатність обробляти більш широкий спектр відходів, ніж більшість інших технологій;
- можливість економічно вигідного застосування при меншому, ніж для конкурентних підходів, обсязі переробки;
- утворення склоподібних твердих залишків на відміну від золи у термічних процесах, що спрощує їх повторне використання або видалення;
- більш повне перероблення відходів з меншим ризиком для здоров'я людей і краща екологічна ефективність;

– можливість одержання синтез-газу високої чистоти, що спрощує його використання в енергоустановках (газових двигунах, турбінах, паливних елементах) або виробництві хімікатів і палива.

Плазмова газифікація здійснюється в умовах недостатності кисню, що призводить до виробництва синтез-газу, осклованого шлаку і розплавленого металу, пропорції та склад яких залежать від складу вхідних відходів.²¹

Головним чинником розвитку такого типу процесу для Львівського сміттепереробного заводу є можливість відновлювати газу, багаті на хімічну енергію, які можуть бути використані в системах високоефективного відновлення енергії або використовуватися як хімічна сировина.

Найбільш успішною у сортуванні та переробці сміття стала Швеція. Там переробляється 99% і останнім часом шведи вимушені імпортувати сміття від сусідів через його нестачу. За допомогою сучасних технологій вони переробляють сміття на енергію, якою живиться громадський транспорт, опалюються та освітлюються муніципальні установи та житлові будинки.

Польща має жорстке законодавство та два тарифи за вивіз сміття, де на сортоване ціна значно нижча, ніж на несортоване сміття. Також існує система штрафів за регулярну відмову від сортування відходів.

В Австрії навчилися за допомогою біотехнологій розщеплювати пластик для переробки на нові текстильні та інші вироби. А сміттепереробний завод у Відні став справжнім артоб'єктом.

В столиці Данії Копенгагені пішли ще далі і побудували на даху сміттепереробного заводу лижний спуск довжиною 500 метрів, стіну для скелелазіння та інші спортивно-тренувальні об'єкти.

Прикладом такого роду процесу може служити технологія плазмової газифікації ТПВ Recovered Energy System фірми Recovered Energy, Inc. (США). В цьому процесі з однієї тонни ТПВ виробляється більше 1 МВт год електроенергії.

Таблиця 3.1 – Поширеність різних термічних технологій в світі

Технологія	Сировина	Енергетичний продукт	Сумарна потужність, млн. т/рік.	Локація
Спалювання на рухомій решітці	Змішані ТПВ	Пара високого тиску	< 168	Азія, Європа, Америка
Оберткові печі	Змішані ТПВ	Пара високого тиску	> 2	Японія, США, ЕС
<i>SEMASS (Energy Answers Process)</i>	Подрібнені ТПВ	Пара високого тиску	> 1	США
Спалювання RDF на решітці	Подрібнені та сортовані ТПВ	Пара високого тиску	> 5	США, ЕС
Циркулюючий киплячий шар	Подрібнені ТПВ, RDF	Пара високого тиску	> 11	Китай, Європа
Киплячий шар (Ebara process)	Подрібнені ТПВ, RDF	Пара високого тиску	> 0,8	Японія, Португалія
Киплячий шар (bubbling)	Подрібнені ТПВ, RDF	Пара високого тиску	> 0,2	США
Газифікація (JFE, Nippon Steel)	RDF	Пара високого тиску	> 0,9	Японія
Газифікація (Thermoselect)	Змішані ТПВ	Синтез-газ (CO, H ₂ , CO ₂)	> 0,8	Японія
Плазмова газифікація	Подрібнені та сортовані ТПВ	Синтез-газ (CO, H ₂ , CO ₂)	> 0,2	Канада, Японія, Франція
Механіко-біологічна обробка	Подрібнені і біологічно стабілізовані	RDF – цементні заводи і вугільні електростанції	> 5	ЄС
Всього			< 195	

Крім електроенергії в ході процесу переробки отримують метал, осклований шлак, соляну кислоту й інші продукти. Після переробки не утворюється ніяких викидів і відходів, що підлягають складуванню.

Одним з лідерів у галузі плазмової газифікації є канадська компанія AlterNRG, яка просуває власну технологію плазмової газифікації (отриману через придбання компанії Westinghouse Plasma Corporation). Основою процесу AlterNRG/WPC є реактор з плазмотронами пасивного типу, який за конструкцією є стандартною вертикальною шахтною пічкою типу, зазвичай використовується в ливарному виробництві. Його облицьовано відповідним вогнетривким матеріалом, щоби витримувати високі внутрішні температури і агресивне середовище у реакторі.

У цьому процесі відходи не проходять через плазмовий факел. Замість цього плазмотрони використовуються для забезпечення високих температур, необхідних для сталої роботи реактора. В дизайні AlterNRG/WPC температура плазми становитиме від 5000 до 7000 °C, а температура в зоні плавлення (нижній частині реактора) – приблизно 2000 °C – набагато нижче, ніж 20 000 °C процесу APP. Фактична робоча температура є достатньою для того, щоби керувати реакціями газифікації і розщеплювати смоли і сполуки з вищою молекулярною вагою в CO і H₂.

Синтез-газ з реактора AlterNRG/WPC виходить при температурі від 890 °C до 1100 °C при атмосферному тиску. В подальшому газ очищується у багатоетапному процесі, кількість яких залежить від того, наскільки чистий газ потрібен для конкретного процесу використання і перетворення, зазначеного в кожному конкретному проекті.

Таким чином, незважаючи на великий потенціал, притаманний методам плазмової газифікації відходів, застосування цих технологій на сьогодні обмежено окремими підприємствами. Основними причинами такого положення є недостатній рівень надійності та ресурсу плазмових генераторів, що використовуються в таких установках.

Зазвичай їхній заявлений ресурс становить 1000-2000 годин безперервної роботи, але реальний ресурс в умовах, притаманних реакторам з плазмової газифікації, може визначатися не ресурсом електродів, а виникненням небажаного електричного пробиття, спричиненого високою

напругою робочого струму та запиленням поверхонь і атмосфери. Зменшення робочої напруги для цих плазмотронів лише частково вирішує проблему, бо для підтримки теплової потужності призведе до збільшення сили струму, що, в свою чергу, різко знизить ресурс електродів.

Ця проблема могла би бути вирішена за рахунок використання високоресурсних електродугових плазмотронів з термоємисійними катодами, сталими до отруєння кисневмісних газів. Але для цього необхідно дослідити і вирішити проблеми, пов'язані з інтеграцією таких плазмотронів в комплекси плазмової газифікації, зокрема, особливості призначення режимів роботи, подачі захисного і плазмоутворювального газу з обов'язковим урахуванням оснащення установок з плазмової газифікації системами газоочищення.²²

Отже, якщо використовувати пропоновані інновації для Львівського сміттєпереробного заводу щодо високотемпературної плазмової газифікації (до 13 000 °C), то вона забезпечуватиме повну (> 98 %) деструкцію всіх компонентів ТПВ в інертній атмосфері з утворенням газової складової та склоподібного шламового компаунду.

Таким чином кожного дня можна буде переробляти до 1500 т сміття. А це – майже 550 тис. т сміття на рік. Тобто – на 120 % більше, ніж передбачено проектом. Крім того, на кожні 1500 тонн відходів можна генерувати приблизно 60 мегават енергетичного еквіваленту.

Однією з проблем, яка може виникнути на Львівському сміттєпереробному заводі з технологією плазмової газифікації твердих побутових відходів є неоднорідність початкової сировини і невизначеність її компонентного складу. Це призводить до того, що при плазмовій газифікації склад синтез-газу і його калорійність можуть істотно змінюватися в ході роботи. У випадку включення в промислові системи електрогенерації цей недолік може бути компенсовано адаптивним додаванням допоміжного палива, наприклад природного газу.

За для вирішення цієї проблеми буде використано два етапа переробки сміття. Перша яка буде це механіко-біологічна обробка, вона буде

спеціалізуватись на органічних відходах, щоби не втрачати енергію для спалювання. Друга для сміттєпереробного заводу це сама плазмова газифікація, щоби безперешкодно та без втрат енергії спалювались тверді побутові відходи.

Установки плазмової газифікації однорідної за складом сировини – вугілля або біомаси позбавлені вказаного недоліку. Вугілля потрібно для збільшення температури, що значить більше переробленого сміття. В процесі плазмової газифікації можуть бути отримані гази різних складів і теплоти згоряння, придатні для широкого використання як палива в промисловості і в побуті, так і як хімічної сировини для різних синтезів, у тому числі й для отримання рідких продуктів у синтезі Фішера-Тропша. Існують десятки способів газифікації твердої вуглецевої сировини. Вони можуть бути систематизовані за рядом критеріїв:

1. За станом палива в газогенераторі розрізняють спосіб газифікації в нерухомому шарі, газифікацію в киплячому шарі і газифікацію в потоці пилоподібного палива.

2. За способом підведення тепла в газогенератор процесу газифікації поділяються на автотермічні й аллотермічні. При автотермічних процесах для перебігу ендотермічних реакцій у газифікаторах спалюють частину (35-40 %) палива, що подається кисневмісними агентами.

3. За напрямом реакційних потоків способи газифікації підрозділяються на протитечійні й прямоточні. У протитечійних способах вугілля завантажується згори, а газифікуючі агенти підводяться знизу, що забезпечує хорошу теплопередачу. У прямоточних способах вугілля подається в одному напрямі з газифікуючим агентом. Способи газифікації поділяються також за методом видалення з газогенератора золи (у твердому або рідкому стані), за тиском процесу (нормальний і підвищений), за складом отриманого газу (енергетичний, технологічний або замітник природного газу), освоєні в промисловому масштабі способи газифікації твердого вуглецевого палива.

Способи газифікації поділяються також за методом видалення з газогенератора золи (у твердому або рідкому стані), за тиском процесу (нормальний і підвищений), за складом отриманого газу (енергетичний, технологічний або замітник природного газу), освоєні в промисловому масштабі способи газифікації твердого вуглецевого палива.²³

Технологія плазмової газифікації вже сьогодні є технологією промислового використання, має комерційно успішні інсталяції по всьому світу (Японія, Індія, Англія, Китаї, США). Ведуться роботи з проектування і будівництва в країнах Євросоюзу. Застосування плазмової газифікації невід'ємно пов'язано з Кіотською угодою зі зменшення впливу на атмосферу людини. Вплив на природу і людину нижче існуючих світових норм відповідних гранично можливих концентрацій в 10-15 разів.²⁴

Основним чинником, який затримує широке впровадження плазмових технологій у різні галузі промисловості, є недостатній рівень надійності та ресурсу плазмових генераторів. Окремою проблемою є інтеграція плазмових генераторів у технологічні ланцюги із забезпеченням сталої роботи усіх видів обладнання.

3.2 Впровадження добування біогазу, синтез-газу та RDF-палива

Результатом впровадження інновації буде зменшення обсягів виробленого RDF-палива та початок видобування біогазу разом з синтез-газом в більшій кількості. Якщо раніше з n-ної кількості ТПВ передбачалося отримувати приблизно 30 % RDF-палива, то з впровадженням нової технології, відсоток RDF знизиться до 15 і ще інші 15 % припадатиме на біопаливо.

Дана стратегія для Львівського сміттєпереробного заводу полягає у тому, щоб поєднати декілька підходів. Вона об'єднує переваги обох варіантів та мінімізує недоліки. Ця стратегія є найбільш гнучкою, з приведених, і може використовуватись як при роздільному збиранні вторинної сировини, так і

при збиранні змішаних побутових відходів. Вона є найбільш прийнятною для умов України.

Утилізація біогазу звалищ дозволяє не тільки поліпшити екологічну ситуацію, а й виробляти електроенергію і тепло, частково замінюючи корисні копалини. Процес відбору звалищного газу полігону забезпечуватиметься вертикальними свердловинами загальною довжиною орієнтовно 800 м. Якщо розглядати процес збору та утилізації біогазу полігону ТПВ більш детально, то він складається з декількох етапів.

1. Звалищний газ з кожної газовідвідної свердловини шлейфовим трубопроводом, приєднаним до оголовка свердловини, за рахунок декомпресії, яка створюється вакуумними насосами, втягується на колектор (гребінку). Загальна кількість колекторів становить 10 одиниць. Кожен колектор об'єднує декілька свердловин, на колекторі кожен шлейфовий трубопровід обладнаний засувкою, датчиком контролю тиску і штуцером для відбору газових проб.

2. Весь біогаз та синтез-газ, зібраний з колекторів, передається на майданчик вузла збору та утилізації звалищного газу за допомогою колекторних (магістральних) трубопроводів.

3. Перед вакуумним насосом на магістральному трубопроводі встановлюється газосепаратор, де відбувається його повна осушка (відділення краплинної і пароподібної рідини).

4. Очищений біогаз за біологічною переробкою та синтез газ за технологією газифікації через систему моніторингу (обліку) подається на обладнання утилізації. В установці для виробництва вуглекислоти відбувається поділ біогазу на біометан і товарну вуглекислоту. Основні обсяги біометанута синтез-газу будуть використані на когенераційній установці (КГУ), яка дає можливість виробляти 0,5 МВт електроенергії і близько 0,6 МВт теплової енергії.²⁴ Для аналізу матеріально-фінансових потоків потрібно навести детальну інформацію щодо основних

характеристик регіону, де буде реалізовуватись проект Львівського сміттєпереробного заводу. Розглянемо необхідні величини у табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Вихідні дані для аналізу матеріально-фінансових потоків

	Найменування величин	Розмірність	Значення
1	Річна к-ть відходів	<i>т/рік</i>	240000
2	Чисельність населення	людей	700000
3	Вантажопідйомність сміттєвоза	<i>т</i>	8
4	Витрати палива на 100 км	<i>дм³</i>	30
5	Середня протяжність маршруту	<i>км/рейс</i>	10
6	Вартість дизельного пального	<i>грн/дм³</i>	54
7	Вартість електроенергії	<i>грн/кВт·год</i>	1.44
8	Вартість вивезення сміття	<i>грн/люд·міс</i>	102.55
9	Вартість пластику	<i>грн/кг</i>	2.5
10	Вартість паперу та картону	<i>грн/кг</i>	4
11	Вартість склобою	<i>грн/кг</i>	2
12	Вартість металолому	<i>грн/кг</i>	4.5
13	Вартість компосту	<i>грн/кг</i>	1
14	Зелений тариф на електроенергію	<i>грн/кВт·год</i>	7.55
15	Середня зарплата працівника	<i>грн/люд·міс</i>	7000
16	Вартість захоронення відходів	<i>грн/т</i>	6.5
17	Капітальні затрати на сортувальну лінію зі шредером	<i>тис. грн</i>	25000
18	Капітальні затрати на КГУ	<i>тис. грн</i>	40000
19	Капітальні затрати на сушильний барабан	<i>тис. грн</i>	2000

20	Вологість відходів для сушки	%	50
21	Вологість після сушки	%	30

Біогаз з органічних відходів, RDF-пального та синтез-газ можна використовувати для підтримки самого заводу, та для міста в опалювальний сезон.

Також, з 1 т відходів, що склались на 83 % із ТПВ, на 7 % з відпрацьованих автомобільних шин, на 10 % з кам'яного вугілля, може бути отримано 0,04 т смоли та 2000 м³ вологого піролізного газу.

Тобто за рік із 550 тис. т відходів на Львівському сміттєпереробному заводі можна виготовити близько 1 млрд м³ піролізного газу, який можна використати теж на енергію. А це, враховуючи, що Україна споживає за рік 30 млрд м³ природнього газу, – значний показник.

Смола застосовується у виробництві технічного вуглецю, як компонент сировини для отримання малоактивних саж, коксу, чорних нафтополімерних смол, суперпластифікаторів бетонів, як компонент котельного палива.

3.3 Вакуумне збирання твердих побутових відходів як засіб оптимізації їх логістики

Систему вакуумного (або пневматичного) способу збору ТПВ розроблено спеціально для районів малоповерхових будівель, що чудово підійде для реалізації у місті Львів, об'єднаних єдиною інфраструктурою, система приймає відходи з окремих спеціалізованих завантажувальних люків, накопичує їх у предколлекторах і потім стисненим повітрям здійснює транспортування відходів на станцію – пункт збору відходів по підземних і наземних трубопроводах. Далі повітря очищається від запахів, а відходи

пресуються в контейнери для сміттєвозів, що дозволяє вмістити в контейнер відходів більше, ніж будь-яким іншим способом заповнення.



Рисунок 3.1. – Схема вакуумної системи підземного збору відходів

Основні складові вакуумної системи:

оптимально підібрані під проект окремо стоять завантажувальні люки з електронними замками, які відкриваються по сигналу телефону;

горизонтальний контур сміттєпроводу з нержавіючої сталі діаметром 500мм. прокладається по розробленому маршруту під або над землею, згідно із затвердженим проектом, окремі частини і згини з'єднуються зварюванням;

горизонтальний трубопровід має вентиляційний роз'єм діаметром 160мм;

відходи транспортуються до центрального пункту перевалки відходів, де відокремлюються від транспортує повітря і потрапляють в контейнери.

Переваги системи вакуумного сміттєвидалення:

автоматика та система управління;

повний контроль за всіма процесами поводження з відходами всередині будівлі;

шумозащищеність;

безпека використання і пожежна безпека;

чистота і гігієнічність системи, відсутність неприємних запахів;

можливість сортування відходів;

мінімізація переміщень персоналу і повна відсутність переміщень контейнерів з відходами по території житлового або офісного комплексу;

можливість включення в єдину систему з організаціями громадського харчування, торговими і офісними приміщеннями;

новизна і зовнішня привабливість системи можуть сприяти підвищенню конкурентоспроможності бізнес-центрів, квартир та апартаментів;

залежно від особливостей проекту центральний пункт перевалки відходів може бути обладнаний шредером або форматори, а також компактор для пресування відходів в контейнери;

розміри центрального пункту перевалки відходів залежать від кожного індивідуального проекту;

технології, що застосовуються в системі скорочують витрати повітря, необхідного для транспортування, рівень шуму і неприємні запахи;

система вимагає мінімального технічного обслуговування і зводить до мінімуму експлуатаційні витрати за рахунок використання останніх інновацій в сфері високих технологій, комплектуючих виробів і матеріалів.

Система вакуумного сміттєвидалення в порівнянні з традиційними системами володіє рядом переваг:

відпадає необхідність проектування і обладнання спеціалізованих приміщень для тимчасового зберігання сміттєвих баків;

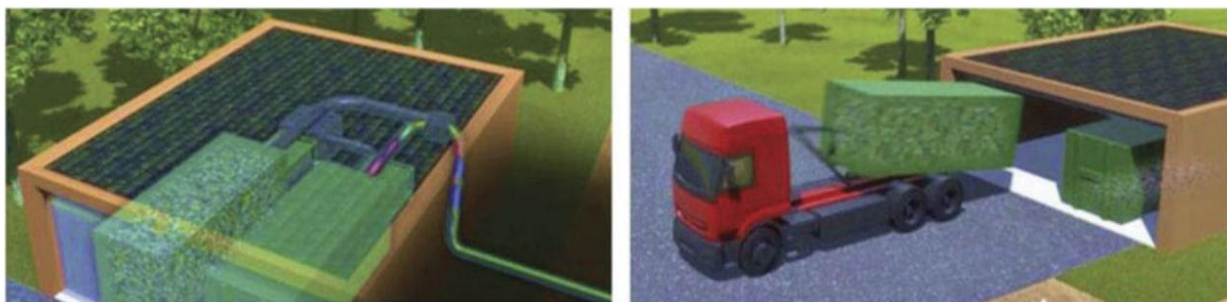


Рисунок 3.2. – Централізована автоматична система вакуумного сміттєвидалення

підвищення рівня гігієнічності, зручності і комфорту при сміттєвидаленні – відпадає необхідність у прибиранні спеціалізованих приміщень для тимчасового зберігання сміттєвих баків, відпадає необхідність використання ліфтів для транспортування сміття;

антитерористична безпека, закрита система, з датчиками контролю проникнення;

оптимізація витрат при скороченні кількості замовлень вивезення сміттєвих контейнерів. За рахунок пресування сміття в контейнерах, система дозволяє вміщати в 6 разів більше сміття в контейнер, ніж при заповненні його будь-яким іншим способом, відповідно вивозити контейнери потрібно буде в 6 разів рідше;

оптимізація графіка замовлень вивезення сміттєвих контейнерів за рахунок аналітики щодо заповнення контейнера сміттям. Система показує піки і провали заповнення контейнерів, що дозволять скласти оптимальний графік вивозу контейнерів.²²

Санітарний стан міста залежить від своєчасного збору і вивезення побутових відходів. Крім того, що сміття псує зовнішній вигляд регіону, він є причиною забруднення навколишнього середовища. На сьогоднішній день підприємства з вивезення сміття не успішно справляються зі своїми обов'язками. Також контейнери для збору побутових відходів псують зовнішній вигляд міста, і є причиною неприємного запаху і антисанітарного стану.

При встановленні системи підземного збору та зберігання твердих побутових відходів одночасно вирішуються декілька проблем:

- забезпечення міста підземними контейнерами для збору побутових відходів;
- підвищення якості благоустрою міста;
- зниження витрат на збір і вивіз побутових відходів;
- установка зовнішніх прийомних камер для збору сміття;
- поліпшення екологічного стану міста.

Для того, щоб замінити існуючі сміттєві баки на підземні контейнери, можна скористатися системою Sotkon, яка розроблена в Португалії і використовується сьогодні в багатьох країнах ЄС.

Система Sotkon знижує витрати на збір і вивіз сміття, а також забезпечує чисту і приємну атмосферу. Зовнішні приймальні камери виготовлені з нержавіючої сталі. Відсутність неприємних запахів забезпечується гумовим ущільненням камер.

Місткість підземного контейнера становить 3 - 5 м³, а це обсяг 3-х або 5-й стандартних сміттєвих баків, використовуваних на сьогоднішній день в місті.

Система Sotkon може модернізувати роботу сьогоднішніх служб, що займаються збором і вивезенням сміття.

Система Sotkon проведена відповідно до стандартів ISO 9001 та ISO 14001.

Висока якість при низькій собівартості забезпечується завдяки тому, що заробітна плата в Португалії - одна з найнижчих в Європі.

Обґрунтування витрат для встановлення системи підземного збору ТПВ (система Sotkon) наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Обґрунтування витрат для встановлення системи підземного збору ТПВ (система Sotkon)

Найменування товарів (робіт, послуг)	Кількість, од.	Ціна за одиницю, грн.	Вартість, грн.
Траншея 26 м ³	45	6500	292 500
Бетон С25/30 БСГ В30 М400 (1,3 м ³)	45	2500	112 500
Пісок будівельний 1,5 т/м ³ (4,7 м ³)	45	1950	87 750
Тротуарная плитка 120*180*80 (20 м ²)	45	3500	157 500
Підземний контейнер 5 м ³ (4 шт.) + установка	45	68000	3 060 000
Зовнішні прийомні камери для збору сміття (4 шт.) + установка	45	22000	990 000
		Всього:	4 700 250

Підземна система збору та зберігання ТПВ є інноваційною для будь-якого населеного пункту (рис. 3.3.). Вартість реалізації такого проекту у населеному пункті становить приблизно 300 000 грн.



Рисунок 3.3. Підземна система збору та зберігання ТПВ

Економічні витрати пов'язані зі встановленням системи підземного збору та зберігання твердих побутових відходів на три контейнери в підземному залізобетонному бункері передбачають витрати на:

- влаштування підземного бетонного бункера;
- під'єднання бункера до каналізаційної фекальної мережі;
- доставка та монтаж системи підземного збору та зберігання ТПВ;
- підйомник контейнерів у зборі (на 3 контейнери);
- встановлення контейнерів збору твердих побутових відходів (скло, папір, пластик, органічні відходи) в підземному залізобетонному бункері з підйомником;
- асфальтування майданчика та під'їзної дороги;
- витрати на проектування та технічний нагляд.

Обґрунтування витрат для встановлення системи підземного збору ТПВ наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Обґрунтування витрат для встановлення системи підземного збору ТПВ (на 3 контейнери)

Найменування робіт/витрат	Кількість	Орієнтовна Вартість(грн)
Влаштування підземного бетонного бункера	1 компл	10 000
Під'єднання бункера до каналізаційної фекальної мережі	20 м	10 000
Доставка та монтаж системи підземного збору та зберігання ТПВ	1 компл	30 000
Підйомник контейнерів у зборі (на 3 контейнери)	1 шт	210 000
Встановлення контейнерів збору твердих побутових відходів (скло, папір, пластик, органічні відходи) в підземному залізобетонному бункері з підйомником	3 шт	20 000
Асфальтування майданчика та під'їзної дороги	10 м ²	5 000
Витрати на проектування та технічний нагляд	1 компл	10 000
Непередбачувальні витрати		5 000

Отже, підйомна система для підземних сміттєвих контейнерів - це сучасне пристосування для збору і зберігання відходів (підйомник для контейнерів), яке може значно спростити процес випорожнення баків зі сміттям. Данна система підвищить ефективність роботи представників житлово-комунальних господарств, будівельних компаній при плануванні житлових комплексів, міських адміністрацій (благоустрій міста), а також ОСББ.

Систему вакуумного (або пневматичного) способу збору ТПВ розроблено спеціально для районів малоповерхових будівель, об'єднаних єдиною інфраструктурою, система приймає відходи з окремих спеціалізованих завантажувальних люків, накопичує їх у предколлекторах і потім вирядженим повітрям здійснює транспортування відходів в станцію - пункт збору відходів по підземним і наземним трубопроводах.

ВИСНОВКИ

1. На сьогоднішній день культура сортування та переробка твердих побутових відходів ще не розвинена в Україні. У населених пунктах іноді навіть немає контейнерів для роздільного збору та і самі пункти збору ТПВ не завжди відповідають встановленим вимогам. Тому поводження з ТПВ є як складним процесом, що потребує подальших досліджень і впровадження інноваційних технологій та залучення передового досвіду, зокрема – країн Євросоюзу.

2. Основна перевага Львівського переробного заводу по виробництву енергії з відходів – скорочення кількості полігонів для захоронення сміття. Як правило, усі міські відходи можуть утилізуватися підприємством, залишаючи у результаті лише невелику кількість золи. Тож, введення в експлуатацію такого підприємства скоротить площі земельних ділянок, які потрібні для полігонів, і запобігатиме надходженню метану – найпотужнішого парникового газу – зі звалищ до атмосферного повітря. Другою екоперевагою підприємств, що генерують енергію утилізацією відходів, є, власне, виробництво альтернативної енергії – без використання викопного палива.

3. Високий вихід синтетичного рідкого палива при плазмовому способі переробки відходів, пропонованого для об'єктного підприємства, пояснюється якіснішим початковим продуктом (синтез-газом). Таким чином, порівняно з традиційними технологіями газифікації вугілля, передбаченими проектом Львівського заводу, плазмова технологія має такі переваги: висока питома продуктивність процесу; відсутність витрати твердого, рідкого і газоподібного палива; можливість швидкого нагрівання крупнозернистих частинок вугілля до високої температури в зоні газифікації за рахунок теплоти згоряння дрібної фракції; простота технічної реалізації процесу;

можливість гнучкого варіювання технологічними параметрами в широкому діапазоні.

4. Важливим удосконаленням процесу переобки відходів є зменшення обсягів виробництва брикетів, налагодження системи сортування і початок відкачування звалищного газу з полігонів сміття. Перевагами даної технології є зменшення кількості пожеж та вибухів, спричинених накопиченням звалищного газу, ефективніша переробка сміття, отримання електричної та теплової енергії, покращення стану довкілля, зменшення площі звалищ.

5. Найкращим варіантом використання біогазу, синтез-газу та RDF-пального при впровадженні пропонованих інновацій на об'єктному підприємстві буде підтримка самої плазмової установки з можливістю газифікації. За рік вона буде переробляти близько 550 тис. т відходів, а це близько 22 000 мВт в енергетичному вимірі. Смола, яка буде утворюватись як побічний продукт переробки, може бути використана або як котельне паливо, або для дорожнього будівництва, або як сировина для хімії органічного синтезу.

6. Вакуумне збирання твердих побутових відходів є ефективним способом збирання і транспортування відходів, що має декілька переваг порівняно з іншими методами збирання відходів. Воно дозволяє збирати великі об'єми відходів і транспортувати їх на значні відстані, зменшуючи при цьому кількість транспортних засобів і час, потрібний для їх транспортування. Крім того, вакуумне збирання дозволяє зменшити кількість відходів, що потрапляють на вулиці, підвищуючи тим самим рівень чистоти вулиць і довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Mechanical Biological Treatment. *Juniper Consultancy Services Ltd.* New York, **2013** Vol. 19, pp 28–62.
2. Welcome to the Mechanical Biological Treatment Web Site. Cambridge, UK, **2016** Vol. 1, pp 7–16.
3. Auger recombination with traps in quantum-well semiconductors, *Applied Physics A Solids and Surfaces*, London, **2018**; Vol. 93, pp 567–569.
4. Banik S., Bandyopadhyay S., Ganguly S., Dan D. Effect of microwave irradiated *Methanosarcina barkeri* DSM-804 on biomethanation, *Bioresour. Technol.* **2015**, 3 pp 228-234
5. Cook E.D, Wagland S.B., Coulon F.M.. Investigation into the non-biological outputs of mechanical-biological treatment facilities. *Waste Management.* **2015**, pp 212–226.
6. Huang, H.L., Lan T.P.. Treatment of Organic Waste Using Thermal Plasma Pyrolysis Technology. *Energy Conversion and Management.* **2017**, 17 (1) pp 8-13
7. Organics-Green Bin". Christchurch City Council. <https://www.ccc.govt.nz/services/rubbish-and-recycling/greenbin/> (accessed Dec 7, 2022).
8. Байцар Р.І., Депко Х.І. Екологічні аспекти соціальної відповідальності в частині промислових відходів. В *Стратегія качества в промышленности и образовании*, Матер. IV Міжнар. конф. Варна, Болгария, 2018
9. Березюк О. В. Математичне моделювання прогнозування об'ємів утворення твердих побутових відходів та площ полігонів і сміттєзвалищ в Україні . *Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві*. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2011; с 50-71
10. Березюк О.В. Моделювання ефективності видобування звалищного тазу для розробки обладнання та стратегії поводження з твердими побутовими відходами. *Вісник Вінниц. політехн. ін-у.* **2013**; No 6. С. 21-24.

11. Вакуумне збирання твердих побутових відходів.
<https://medium.com/sidewalk-talk/vacuum-waste-a-tech-whose-time-has-finally-come-f265b4f662cc> (дата звернення Груд 24, 2022).
12. Гаценко М. В. Компостування органічної речовини. мікробіологічні аспекти. *Сільськогосподарська мікробіологія*. **2014**; Вип. 19, С. 11–20.
13. Директива Ради 1999/31/ЄС від 26 квітня 1999 року «Про захоронення відходів зі змінами і доповненнями, внесеними Регламентом (ЄС) » 1882/2003
14. Душкін С. С. *Конспект лекцій з дисципліни «Технологія утилізації твердих побутових відходів»* Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011.
15. Завод Садового. Чому Львів потрапив у сміттєвий колапс.
https://tvoemisto.tv/exclusive/use_ne_pererobymo_smittievuu_zavod_u_lvovi_zaratsyuie_nastupnogo_roku_126901.html (дата звернення Груд 14, 2022).
16. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» зі змінами та доповненнями відповідно до Закону № 1697-VII від 14 жовтня 2014 року.
17. Кількість спалювання ТПВ та отримання електроенергії.
[\https://energydigital.com/smart-energy/plasma-gasification-turns-waste-energy
(дата звернення Груд 16, 2022).
18. .Планковський С.І, Цегельник Є.В., Островський Є.К. Ламінарний пограничний шар в потоці інертного газу в плазмотроні *Відкриті інформаційні і комп'ютерні інтегровані технології: сб. науч. тр.* **2010**; Вип. 46, с 69–74.
19. Методичні рекомендації щодо визначення морфологічногоскладу твердих побутових відходів, затверджених наказом №39
<https://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення Груд 14, 2022).
20. Мінрегіон, Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2020 рік.
https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2021/06/rozdil-4-2020_oblasti.pdf . (дата звернення Груд 14, 2022).

21. Поліщук В.М., Дубровін В.А., Поліщук А.В. Енергетичний баланс реакторної біогазової установки. *Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві*, **2014**; 7 с 88-96
22. Савицький В. М., Хільчевський В. К., Чунарьов О.В. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води: *Навч. посібник «Київський університет»*, **2017**; 152 с.
23. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р., Кравчинський Р. Л. Екологічна стандартизація та запобігання впливу відходів на довкілля *«Київський університет»*. **2016**; 192 с.