

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ

Кафедра *екології*

допускається до захисту

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

к.б.н., доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ

наук. ступ., вч. зв. (ім'я та прізвище)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

(рівень вищої освіти)

на тему «Розробка еколого-безпечних заходів поводження з твердими побутовими відходами на базі Львівського комунального підприємства «Зелене Місто»»

Виконав студент групи Еко-22сп  
спеціальності 101 «Екологія»  
Голубко Дмитро Васильович

Керівник Тетяна ДАЦКО

Консультант Юрій КОВАЛЬЧУК

Дубляни 2023

**Міністерство освіти і науки України**  
**Львівський національний університет природокористування**  
**Факультет агротехнологій та екології**  
**Кафедра екології**  
**Рівень вищої освіти «Бакалавр»**  
**Спеціальність 101 «Екологія»**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
доцент, к.б.н. Петро ХІРІВСЬКИЙ  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

## **ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу студенту  
Голубко Д. В.

1. **Тема роботи: «Розробка еколого-безпечних заходів поводження з твердими побутовими відходами на базі Львівського комунального підприємства «Зелене Місто»**

Керівник кваліфікаційної роботи: Дацко Тетяна Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Затверджені наказом по університету від 30 грудня 2022 р. № 453 к-с

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 06 червня 2023 року

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи  
Літературні джерела, нормативні документи, методики виконання лабораторних досліджень

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які необхідно розробити)  
Вступ

1 Огляд літератури

1.1 Проблема твердих побутових відходів: темпи та обсяги нагромадження в населених пунктах України

1.2 Аналіз практик поводження з твердими побутовими відходами в Україні

1.3 Технології переробки органічної фракції побутового сміття

2 Умови, об'єкт та методика досліджень

2.1 Природно-кліматичні умови міста Львів

2.2 Загальна характеристика ЛКП «Зелене Місто» та його діяльності

2.3 Методика дослідження якості компосту

3 Результати досліджень

3.1 Перспективи переходу міста Львів до системи «Нуль відходів»

3.2 Рекультивация Грибовицького сміттєзвалища

3.3 Механіко-біологічний комплекс перевантаження і переробки твердих побутових відходів

3.4 Львівська міська станція компостування

3.5 Поводження з органічною фракцією твердого побутового сміття у Львові

3.6 Особливості відсортовування органіки з побутового сміття

3.7 Аналіз технології компостування

3.8 Якісні показники компосту

3.8.1 Фізико-хімічні показники

3.8.2 Агрохімічні показники

3.8.3 Токсикологічні показники

4 Охорона праці

4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві

4.2 Покращення гігієни праці, техніки безпеки і пожежної безпеки

Висновки

Бібліографічний список

5. Перелік графічного матеріалу (подається конкретний перерахунок аркушів з вказуванням їх кількості) \_\_\_\_\_

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3	Дацко Т.М., доцент кафедри екології			
4	Ковальчук Ю.О., доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання 12 вересня 2022 р.

#### Календарний план

№п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Написання вступу та розділу «Огляд літератури»	12.09.22-11.11.22	
2	Написання розділу «Об'єкт, умови та методи досліджень»	12.11.22-30.12.22	
3	Написання розділу «Результати досліджень»	02.01.23-17.04.23	
4	Написання розділу «Охорона праці», формулювання висновків за результатами проведених досліджень, укладання списку використаних джерел	18.04.23-05.06.23	

Студент \_\_\_\_\_ Дмитро ГОЛУБКО  
(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Тетяна ДАЦКО  
(підпис)

## **УДК 628.47**

Розробка еколого-безпечних заходів поводження з твердими побутовими відходами на базі Львівського комунального підприємства «Зелене Місто». Голубко Д. В. – Кваліфікаційна робота. Кафедра екології. – Дубляни, Львівський НУП, 2023.

57 стор. текст. част., 5 табл., 14 рис., 43 джерела.

У роботі проаналізовано темпи та обсяги нагромадження твердих побутових відходів в населених пунктах України та країн Євросоюзу. Розглянуто відомі та перспективні практики поводження з побутовим сміттям, зокрема, технології переробки органічної фракції побутових відходів.

З'ясовано напрямки діяльності Львівського комунального підприємства «Зелене Місто». Проаналізовано особливості утворення твердих побутових відходів у межах міста Львів. З'ясовано можливі шляхи поводження з ТПВ, що утворюються в межах міста.

Розглянуто ефективність та перспективи роботи міської компостувальної станції. Наведена схема аеробного компостування. Проведено якісний аналіз компосту, отриманого в результаті біодеструкції органічної фракції побутових відходів міста Львова. Встановлена його належна якість, що відповідає нормативам і гарантує можливість використання компостного продукту в агросфері.

Розроблено питання охорони праці на підприємстві ЛКП «Зелене Місто».

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	<b>6</b>
<b>1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	<b>8</b>
1.1 Проблема твердих побутових відходів: темпи та обсяги нагромадження в населених пунктах України.....	8
1.2 Аналіз практик поводження з твердими побутовими відходами в Україні.....	11
1.3 Технології переробки органічної фракції побутового сміття.....	15
<b>2 УМОВИ, ОБ’ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	<b>20</b>
2.1 Природно-кліматичні умови міста Львів.....	20
2.2 Загальна характеристика ЛКП «Зелене Місто» та його діяльності.....	23
2.3 Методика дослідження.....	25
<b>3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	<b>29</b>
3.1 Перспективи переходу міста Львів до системи «Нуль відходів».....	29
3.2 Рекультивация Грибовицького сміттєзвалища.....	31
3.3 Механіко-біологічний комплекс перевантаження і переробки твердих побутових відходів.....	32
3.4 Львівська міська станція компостування.....	35
3.5 Поводження з органічною фракцією твердого побутового сміття у Львові.....	36
3.6 Особливості відсортовування органіки з побутового сміття.....	37
3.7 Аналіз технології компостування.....	38
3.8 Якісні показники компосту.....	42
3.8.1 Фізико-хімічні показники.....	42
3.8.2 Агрохімічні показники.....	44
3.8.3 Токсикологічні показники.....	45

<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....</b>	<b>47</b>
4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві.....	47
4.2 Покращення охорони праці, техніки безпеки та пожежної безпеки.....	49
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>52</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....</b>	<b>54</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Щороку у світі утворюється близько 25-30 млрд. тонн сміття, шламів, побутових відходів. До таких відходів відносяться осадки стічних вод міських очисних споруд, міське сміття, відходи промисловості органічного походження [14]. При цьому під звалищами зайнято 5-7 млн. га землі, половина з яких – цінні, продуктивні угіддя [28]. Тверді побутові відходи (ТПВ) – невід’ємний побічний продукт міського способу життя. Обсяги та швидкість їх утворення непинно зростають у всьому світі. За прогнозами Світового Банку, в 2025 році мешканці міст продукуватимуть в середньому 1,42 кг на одну людину твердих побутових відходів у день – проти нинішніх 0,74 кг [34]. Належне поводження з відходами є надзвичайно важливим для створення придатних для життя міст, а тому залишається серйозною проблемою у більшості країн. Так, у країнах, де низький рівень доходу на душу населення, понад 9/10 відходів вивозяться на нерегульовані звалища або спалюються відкритим способом. Це викликає серйозні екологічні наслідки та небезпечно для здоров’я людей [27].

Питання поводження з твердими побутовими відходами є актуальним як для малих, так і великих міст України. Загальна ситуація з ТПВ, на жаль, залишається незмінною впродовж років. Обсяги утворення відходів зростають швидше, аніж урбанізація, а основним методом поводження з ними залишається захоронення. Місцеві органи влади України повинні здійснювати рішучі кроки для впровадження європейських стандартів у сфері поводження з побутовими відходами. Адже у 2014 році була підписана Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, у 2017 році схвалена Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року. Відповідно до цієї стратегії передбачено в 2023 році перероблення 15 % ТПВ, а в 2030 році – 50 % ТПВ від загального обсягу їх утворення [3, 23].

Вилучення органічної речовини з ТПВ для повторного використання та переробки на сьогодні вважається найперспективнішим підходом в системах

поводження з твердими побутовими відходами [37]. Оскільки в містах України проживає близько 3/4 населення, то видалення та біорозклад органіки з побутового сміття може значно зменшити навантаження на сміттєзвалища.

Традиційними технологіями у цій сфері стали компостування органічної фракції твердих побутових відходів та анаеробне розщеплення. Найчастіше для утилізації органіки у всьому світі застосовується технологія компостування, яку реально впровадити практично в будь-якому масштабі. Як показує практика, впровадження компостування органічної складової ТПВ є важливим заходом стратегії сталого управління міськими твердими побутовими відходами [1, 35].

Питаннями розробки та впровадження у життя сучасних практик поводження з міськими відходами займається Львівське комунальне підприємство «Зелене Місто». У місті Львові в 2020 році вперше на території України впроваджена технологія компостування органічної складової ТПВ.

**Метою** даної кваліфікаційної роботи стало проаналізувати еколого-безпечні заходи поводження з твердими побутовими відходами на базі ЛКП «Зелене Місто», які уже втілюються або знаходяться на етапі проєктної реалізації. Для досягнення мети необхідним стало вирішення наступних завдань:

1. Проаналізувати темпи та обсяги утворення твердих побутових відходів у межах типового для України мегаполіса.
2. З'ясувати можливі шляхи поводження з ТПВ, що утворюються в межах Львова.
3. Встановити ефективність та перспективи роботи компостувальної станції.
4. Дати екологічну оцінку компосту, отриманого в результаті біодеструкції органічної фракції побутових відходів міста Львова.



## 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1 Проблема твердих побутових відходів: темпи та обсяги нагромадження в населених пунктах України

На сьогодні основною проблемою урбанізованого середовища залишається проблема поводження з відходами. Хоча на побутове сміття припадає невелика частка загального обсягу відходів, ця група має суттєвий вплив на здоров'я людей і стан навколишнього середовища.

За даними Державної служби статистики України, щороку в країні утворюється близько 500 млн. тонн відходів, у тому числі відходи первинного виробництва (76 %), відходи вторинного виробництва (близько 18 %), відходи сільського господарства (близько 2 %) та тверді побутові відходи (близько 2 %). Водночас варто зазначити, що в Україні на частку відходів промисловості припадає до 94% загального обсягу відходів [28, 30].

Проблема ТПВ є однією з актуальних екологічних проблем України. Кількісні та якісні характеристики утворення побутового сміття в Україні все ще відрізняються від показників розвинених країн ЄС, але ці розбіжності швидко зменшуються [3].

У високо розвинутих країнах створюються сучасні системи утилізації сміття міста, вдосконалюється та переоснащується інфраструктура об'єктів зі спалювання та переробки відходів. На противагу, міста України продовжують нагромаджувати відходи на переповнених сміттєзвалищах, а відтак – страждають від невирішеності цієї актуальної проблеми [15].

Впродовж останніх 30 років чисельність населення України постійно скорочується, однак обсяги утворення побутових відходів зростають. Щороку в Україні утворюється за різними підрахунками від 11 до 13 млн тонн і навіть більше побутового сміття. Понад 95 % цих відходів спрямовується на полігони та звалища. Більше 15 % об'єктів захоронення відходів перевантажені та не відповідають санітарним нормам. Можливості

розширення наявних полігонів суттєво обмежені [2, 19].

Річна кількість відходів на душу населення становить близько 300 кг, при цьому спостерігається суттєва різниця в показниках утворення відходів між міською та сільською місцевостями. Збільшення показників утворення відходів пов'язане з підвищенням рівня життя, враховуючи співвідношення між динамікою ВВП на душу населення та рівнями питомого утворення відходів [24].

Згідно статистичних даних [23], впродовж 2021 року в Україні (без урахування території Кримського пів острова) утворилось близько 54 млн. м<sup>3</sup> побутових відходів. Цей обсяг був розміщений на 6 тисячах спеціальних сміттєзвалищ і полігонів. Ці об'єкти захоронення сміття охоплюють площу понад 9 тис. га. Організовано та контролювано вивозяться відходи лише 78 % населення. Інша частина населення утворене сміття вивозить на стихійні сміттєзвалища. За деякими підрахунками існує понад 26 тисяч стихійних звалищ-смітників загальною площею біля 0,75 тис. га. За вказаний період лише близько 6 % ТПВ утилізовано, причому з них спалено 2 %.

Складовані у величезних обсягах відходи на сміттєзвалищах є прямим чинником забруднення компонентів довкілля – ґрунту, поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря. Ускладнює ситуацію факт, що екологічна проблема у часі загострюється, а відтак – ситуація буде погіршуватись [27, 33].

Структура ТПВ є вирішальним фактором для розробки та розвитку системи поводження з побутовим сміттям [25]. Саме фракційний склад відходів визначає особливості технології їх збору та утилізації. Роль цього показника суттєва при виборі моделі переробки ТПВ. Інтегрована система поводження з ТПВ базується на аналізі саме складу побутового сміття. Найбільші частки у структурі ТПВ припадають на продукти харчування (більше ніж 30% загального обсягу) та відходи упаковки [29], в основному картон і папір (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Якісний склад ТПВ у європейських країнах, %

За даними [5, 18], майже 60 % від маси побутових відходів міст України складають відходи, що цілком придатні до біорозкладу (рис. 1.2). Причому харчові відходи становлять половину вказаного об'єму, картонно-паперові – 1/5, садово-паркові – 15%.



Рисунок 1.2 – Якісний склад ТПВ в Україні, %

Львівська область входить до складу десятки регіонів України, в яких утворюється найбільша кількість відходів. За даними [28] щороку у Львівській області утворюється відходів IV класу небезпеки обсягом понад 2 млн. тонн. Основну частку у цій масі складають ТПВ. Майже все побутове сміття розміщується на сміттєзвалищах. Офіційно діють 20 сміттєзвалищ площею понад 150 га. Переважна їх більшість перевантажені. Сміттєсховище ЛКП «Збиранка», що підпорядковується Львівській міській раді закрите, проходить рекультивацію [40]. В області немає діючих полігонів твердих

побутових відходів, сміттєпереробних та сміттєспалювальних заводів. Основною проблемою діючих сміттєзвалищ є відсутність проєктної документації щодо надання земельної ділянки, прав на землю.

Проблема відходів стала вагомим чинником затвердження на основі ряду нормативних документів загальнодержавного значення стратегії управління відходами в області до 2030 року [23, 43]. Розроблений відповідно Стратегії регіональний план управління відходами в області визначає комплекс завдань / заходів, що спрямовані на забезпечення вирішення основних питань у сфері поводження з відходами. Впровадження комплексної системи поводження з відходами до 2030 року пов'язане формуванням на території регіону кластерів, через які буде забезпечений і розвиток інфраструктури, і побудова логістичної моделі об'єктів за видами відходів, і модернізація існуючих та планування нових об'єктів у сфері. Відповідно до програми дій, на Львівщині планується функціонування лише семи сучасних полігонів ТПВ, рекультивация і закриття 14 санкціонованих та 154 стихійних сміттєзвалищ, облаштування на території шести субрегіонів області підприємств з утилізації і переробки сміття [30].

Вирішення питання екологічнобезпечного поводження з ТПВ на Львівщині повинно включати створення спеціалізованих підприємств зі збору побутових відходів, сучасних сміттєсортувальних ліній та належним чином облаштованих полігонів. Вагомими є заходи щодо запобігання утворенню сміття, повторне використання, механіко-біологічна переробка відходів.

## **1.2 Аналіз практик поводження з твердими побутовими відходами в Україні**

Переважаючим способом поводження з твердими побутовими відходами в Україні є їх вивезення та захоронення на полігонах і

сміттєзвалищах. Переважна їх більшість не відповідає вимогам екологічної безпеки або є стихійними [19, 31].

Станом на 2022 рік в Україні 93,7% ТПВ було захоронено на звалищах і полігонах, 6,3% ТПВ перероблено та утилізовано, з них – 1,7 % спалено, а 4,6 % потрапило на заготівельні пункти вторинної сировини та сміттєпереробні лінії (рис. 1.3).

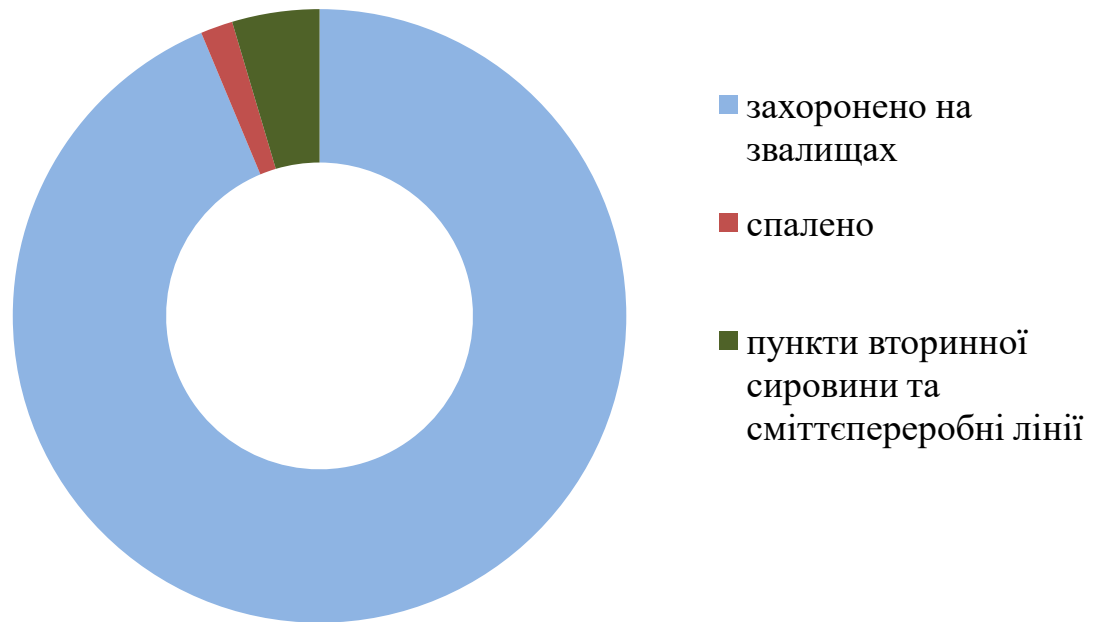


Рисунок 1.3 – Стан поводження з ТПВ в Україні за 2022 рік, [3]

Разючими є цифри, що порівнюють рівень переробки ТПВ. Так, в Україні переробляється від 3 до 8 % обсягу відходів. У країнах Європейського Союзу переробка сягає 60 % ТПВ [21, 36].

Понад 90 % ТПВ вивозяться на полігони та несанкціоновані звалища. Офіційно 6700 полігонів та звалищ займають близько 10 тисяч гектарів земель. За неофіційними даними ці показники можуть бути вищими [3].

Ті темпи утворення та нагромадження сміття, що є зараз в Україні, вимагають створення щонайменше 600 нових полігонів [30].

Окрім виведення з експлуатації значних площ земельних ділянок, полігони становлять серйозну екологічну небезпеку. Вони є джерелом утворення токсичних газів й забруднюючих речовин, які потрапляють в

атмосферне повітря, поверхневі шари ґрунту, підґрунтові води. Це негативно впливає на рослинний і тваринний світ. Здоров'я та якість життя людей в розташованих поблизу житлових районах теж опиняється під загрозою. А якщо на звалище привозять відходи, що містять токсичні компоненти, то ризик забруднення довкілля небезпечними речовинами зростає [2, 15, 22, 33].

Схема поводження з відходами в Україні представлена на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Узагальнена схема поводження з відходами в Україні

В Україні споруджено чотири сміттєспалювальних заводів. Однак на тепер працює лише один у м. Києві, хоча строк його експлуатації (25 років) минув. У деяких містах функціонують лінії сортування відходів. Роздільне збирання відходів здійснюється у майже пів тисячі містах. Загалом, системне збирання відходів охоплює 78 % населення. Але значна частина сільської місцевості залишається осторонь цього процесу.

Захоронення ТПВ на полігонах і звалищах позбавляє можливості використання величезних обсягів певних відходів як вторсировини.

Комплексна механізована переробка ТПВ з метою вилучення корисних компонентів в Україні майже не реалізуються [18, 29].

Стале поводження з відходами є необхідним для держав, що хочуть забезпечити належний рівень життя для своїх громадян. В Україні економічна складова донедавна не бралась до уваги при визначенні державної стратегії поводження з відходами. Але насправді втрачена економічна вигода є вагомою. За деякими оцінками потенційний прибуток від утилізації паперу, металів, пластику, виробництва теплової та електричної енергії може сягати в Україні понад 100 млн євро на рік [18, 28].

За останні 20 років у нашій державі було прийнято ряд законодавчих і нормативно-правових актів щодо поводження з відходами [23]. Їх метою є зменшити негативний вплив на довкілля та підвищити ефективність використання ресурсів та енергії. На жаль, в практичній площині ці законодавчі заходи не завжди сповна реалізуються. Створення ефективної системи поводження з відходами вимагає попереднього детального аналізу досвіду, зокрема, європейських країн, які привели у відповідність свою законодавчу політику у сфері поводження з відходами з Директивами ЄС.

Директива ЄС щодо захоронення відходів включає поступове зменшення обсягів розміщення біоорганіки на звалищах і полігонах. В Україні ж здійснюється валовий збір та захоронення відходів. Поодинокі кроки щодо роздільного збирання не в змозі забезпечити повне використання потенціалу біоорганічних відходів. Напрямки використання таких відходів в Україні [5, 28]:

- збір та переробка макулатури від населення та з сміттєсортувальних ліній (приблизно 26 %);
- компостування органічної фракції ТПВ (0,03 % від загальної кількості ТПВ в Україні).

Вагомим кроком у впровадженні компостування є пілотні проекти, такі як «Компола». Суть проекту полягає у переробці в компостерах харчових відходів 200-ми українськими школами [41]. Популярне компостування в

домашніх умовах «бокаші» (за допомогою ефективних мікроорганізмів) або вермикомпостування. Обсяги таких кроків незначні, тому суттєвого впливу на ситуацію з відходами не мають.

Очевидною є необхідність відмови у повному захороненні відходів та впровадження сучасних технологій поводження з ТПВ. Вони передбачають роздільний збір ресурсоцінних матеріалів, їх сортування та утилізацію залишків на спеціально обладнаному полігоні [6, 31]. Лише такий підхід дозволить подолати проблему урбанізованих територій та забезпечить сприятливий санітарно-гігієнічний стан довкілля.

Потреба у зміні політики в сфері поводження з відходами в Україні визнається як на національному, так і на регіональному рівнях. Однак впроваджені заходи наразі мало змінюють ситуацію. Перепонами є нечіткість норм щодо права власності на відходи, мала залученість приватного сектору, непрозорість щодо визначення тарифів на відходи, відсутність економічних стимулів для переробки відходів.

### **1.3 Технології переробки органічної фракції побутового сміття**

Переробка міського сміття може здійснюватися шляхом складування на звалищах, спалювання і компостування.

Побутові відходи містять значну кількість органічної речовини. Взагалі, хімічний склад ТПВ порівнюють з гноєм. Відомо, що в 10 т побутових відходів міститься 900-1900 кг органічної речовини, 50-1000 кг основ, 8-10 кг азоту, 10 кг фосфору, 30-40 кг калію [39].

Органічна фракція відходів легко піддається біодеструкції. Сільськогосподарські відходи, органіка з ринків, харчові відходи, міські ТПВ без належного поводження можуть бути небезпечними, оскільки при їх розкладі виділяються парникові гази та токсичні сполуки [33].

Найкращим та доступним методом для утилізації органічної фракції побутового сміття є її компостування [1, 37] (рис. 1.5).



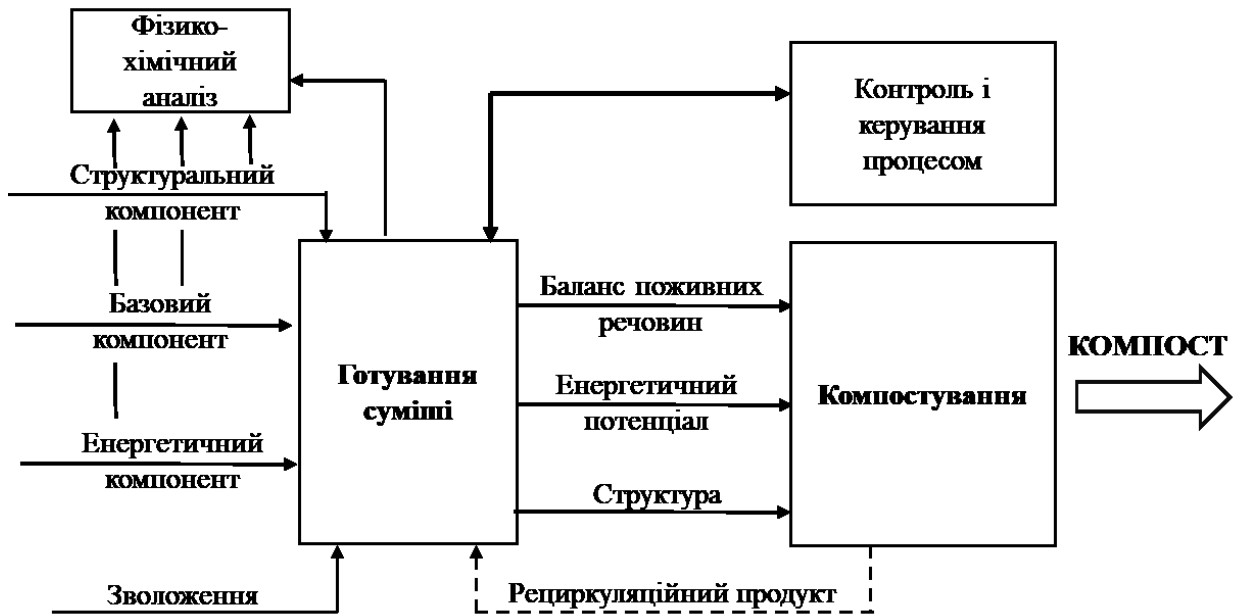


Рисунок 1.5 – Схема підготовки сумішей для подальшого компостування

Загалом, біотехнологічні методи з механіко-біологічною переробкою сміття є найбільш доцільними та екологічно безпечними. Вони полягають у такій послідовності операцій [21]:

- з ТПВ видаляються крупні та небезпечні відходи;
- відсортовується вторсировина (метал, пластик, скло, папір тощо), яка реалізується переробником;
- органічна фракція підлягає компостуванню;
- отримані компости використовуються у агросфері або для рекультивації земель.

Компост (від лат. *compositus* – складовий) – органічне добриво, утворене внаслідок розкладу органічних речовин мікроорганізмами. Компостуванню підлягають всі види органічних відходів, які мають значну частку органічних речовин. Ефективність процесу компостування залежить від температури, рН, вологості та співвідношення азоту і вуглецю [17, 32].

Компостування або перетворення органічних відходів на добриво, відрізняється від гниття і розкладу, а також від ферментації відходів в спецконтейнерах під час компостування вдома. Для проходження процесу

належним чином потрібні температура, доступ кисню та сонячного світла, наявність відповідної мікрофлори [35]. Тому складування органіки на полігонах та сміттєзвалищах не призводить до утворення компосту.

Є два способи компостування [4, 36]. Анаеробний спосіб відомий як холодне компостування. Органіка укладається дуже щільно, кисень не надходить у процесі компостування.

Кращим вважається аеробний спосіб компостування. Органіку для компосту складують так, щоб забезпечити належний доступ повітря. Компостну купу періодично зволожують для підтримання мікробіологічної діяльності. Під час компостування температура всередині підвищується внаслідок діяльності бактерій. Процес може тривати від кількох тижнів до кількох місяців залежно від вихідної сировини. У результаті біохімічних та біологічних перетворень в органічній масі збільшується вміст доступних для рослин елементів живлення, знешкоджуються патогенні мікроорганізми, а готовий компост за запахом та кольором нагадує ґрунт [4, 38].

Компостування органіки здійснюється на спеціально обладнаному майданчику, що включає зону компостування і зону зберігання готового продукту. Необхідне технологічне обладнання навантажувачі, аератори, змішувачі. Виготовлення компосту в обсязі 5-30 тис. т за рік відбувається за допомогою мобільних машин на майданчиках, 40-50 тис. т за рік – здійснюється в механізованих сховищах, 100 тис. т і більше за рік – в цехах за допомогою стаціонарних установок [17].

Компостування має ряд переваг, оскільки забезпечує скорочення об'ємів ТПВ, що надходять на звалище, скорочує транспортні витрати, зменшує забруднення довкілля, а також потребує невеликих капітальних та експлуатаційних витрат [1, 37]. Технологія компостування відзначається своєю економічною ефективністю порівняно з іншими альтернативними методами [34].

Якість компосту вимірюється за кількома критеріями (табл. 1.1): вологість, концентрація важких металів, стабільність, вміст поживних

речовин, фракційний склад, патогенність, стабільність, а також – кислотність, електропровідність, співвідношення C/N [38, 39].

**Таблиця 1.1 – Основні характеристики органічних добрив, одержаних з твердих побутових відходів**

Параметри	Показник
Вологість, %	40-60
Вологоємність, %	2,0-5,6
Щільність, т/м <sup>3</sup>	0,3-0,6
pH	5,0-7,8
Відношення C/N	30-35
Вміст у % на абсолютно суху речовину	
Органічні речовини	40-70
Зола	28-30
Вуглець (C)	24-38
Азот загальний (N)	0,6-1,1
Фосфор загальний (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,5-0,6
Калій загальний (K <sub>2</sub> O)	0,6-0,8
Кальцій (CaO)	2,0-5,6
Вміст у мг на кг	
Фосфор рухомий	170-200
Барій	70-80
Бор	4,0-8,0
Хром	112-180
Свинець	30-40
Нікель	10-11
Цинк	0,2-0,5
Мідь	30-56
Марганець	7-10

Компост характеризується високим вмістом органічної речовини, а також великою кількістю макро- та мікроелементів, тому може бути використаний як органічне добриво під будь-які види сільськогосподарських рослин, як структуроутворювач для ґрунту. Компост підвищує родючість ґрунту та сприяє його мікробіологічній активності [4, 38].

Застосування компосту на ґрунтах має відбуватись без будь-яких негативних наслідків. Отже, важливим питанням є його якість, оскільки різні типи органічних відходів мають різні концентрації поживних речовин – азоту, фосфору та калію, а наявність важких металів в компості обмежує його широке використання [5, 6, 26, 34, 38].

У випадку, коли компост через якісні характеристики не придатний для внесення в ґрунт, він може бути використаний як альтернативне субстратне покриття для звалищ [38].

Стандарти та технічні вимоги до компостування були розроблені в ряді країн-членів ЄС [35, 36]. У кожній системі якість забезпечується шляхом перевірки виконання національних норм. Аспекти якості системи забезпечення компостування в різних європейських країнах, включають якість вхідної сировини, допустимі фізичні та хімічні показники кінцевого продукту.

В Україні теж розроблений стандарт [26], який регламентує якісні показники органічних добрив, що отримані шляхом біодеструкції органічних відходів. Саме цей документ визначає придатність компосту до використання або в сільському господарстві, або в озелененні, або для рекультивації.

Отже, система поводження з побутовими відходами в Україні потребує перегляду та удосконалення. Окрім кроків на законодавчому рівні необхідні дієві механізми для їх впровадження в практичній площині. Суттєві переваги має інтегрована система, що поєднує механіко-біологічні методи з біотехнологічними.

## 2 УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1 Природно-кліматичні умови міста Львів

Північна частина Львова представляє лісостеповий рівнинний східноєвропейський ландшафт [16]. На території Львівщини представлені різні природні регіони (Українські Карпати, Українське Розточчя, Сокальське плато, Гологоро-Кременецьке горбогір'я), що характеризуються різними геолого-геоморфологічними та ґрунтово-кліматичними умовами. Область лежить в межах Центральноєвропейської та Східноєвропейської геоботанічної та зоогеографічної провінцій. На території Львівщини росте понад 170 видів судинних рослин, що складає майже 40 % флори України. Тут пролягає пн.-сх. межа ареалу бука лісового, дуба скельного, ялиці білої.

Фауна Львова складається із видів з широким географічним розповсюдженням.

На досліджуваній території немає жодного виду, що охороняється або є рідкісним, не пролягають шляхи міграції диких тварин. Огорожа унеможлиблює потрапляння тварин на територію, де проводиться досліджувана діяльність. Рослинність тут типова лугова, представлена осоковими, зерновими і трав'яними видами. Зокрема, амброзія полинолиста, борщівник мантегацці, галінсога дрібноквіткова, щиріця біла, чорнощир нетреболистий, розрив-трава тощо. Більшість видів є звичайними, жоден не охороняється як ендемічний чи рідкісний. Регіональний ландшафтний парк «Знесіння» є найближчим об'єктом ПЗФ у Львові та знаходиться в приміській частині минулому.

Клімат Львівської області, центром якої є місто Львів, помірно-континентальний. За кліматичними умовами територія відноситься до Північно-Західного кліматичного району. Характеризується відносно м'якою зимою з частими відлигами, вологою весною, прохолодним літом, теплою та сухою осінню (табл. 2.1). Середньорічна температура у м. Львові становить

+7,8 °С. Липень є найтеплішим місяцем з середньою температурою +18,3 °С, середня максимальна температура повітря +22,7 °С. Найхолоднішим місяцем є січень з середньою температурою -3,1 °С (згідно даних спостережень Львівського регіонального гідрометеоцентру). Зміна сезонів характеризується різкими змінами атмосферного тиску, температури і вологості [16].

Таблиця 2.1 – Середні багаторічні погодні умови міста Львів

Показник	Річний	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Середня температура, °С	7,8	-3,1	-2,2	1,9	8,3	13,8	16,4	18,3	17,7	13	8,1	2,6	-1,8
Середньорічний рівень опадів, мм	660	30	30	30	40	60	80	90	70	50	40	40	40
Середня кількість днів з опадами	159	12	11	13	14	15	14	15	13	13	13	14	12

Для зими не характерний постійний сніговий покрив, кілька разів розтає. Середня висота снігового покриву складає 5-12 см, максимальна – 20-25 см. Максимальна глибина промерзання ґрунту в грудні-січні 40-70 см.

Середньорічний рівень опадів у м. Львові становить 665,5 мм. Найбільше опадів у липні – 94 мм, найменше у січні – 33 мм. В середньому впродовж року спостерігається 159 днів з опадами. При чому у травні – 15 днів, у лютому – 11 днів.

Сумарний вміст іонів  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  в атмосферних опадах становить 19-22 мг/л. рН атмосферних опадів 6,1-6,3.

Загалом, погода у Львівському регіоні є типово вологою. Адже у місті Львів найвищий рівень опадів та найнижчі температури повітря влітку у

порівнянні з іншими обласними центрами.

Переважають західні вітри, північно-східні бувають рідко. Середньорічна швидкість вітру – 12,2 км за годину. Інколи бувають вітри такої сили, що спричиняють викорчовування дерев, обрив ліній електропередач тощо.

Мікроклімат центральної частини міста, яка розташовується в улоговині, характеризується нижнім рівнем  $t_{\min}$  та вищим рівнем  $t_{\max}$ . Для підвищень типові сильні вітряні потоки. Швидкість вітру з повторюваністю 5 % 12-13 м/с. Коефіцієнт, який залежить від стратифікації атмосфери - 200. Коефіцієнт рельєфу місцевості – 1.

Поверхневі води Львівщини представлені річками, водосховищами, озерами та ставками. Львівська область розташована в межах Головного Європейського вододілу. Річки області належать до басейнів Чорного (Дністер, Стир) і Балтійського (Буг, Сян) морів. Переважають дрібні річки. 97% річок мають протяжність до 10 км. Середня густота річкової мережі в басейні Західного Бугу 0,35 км/км<sup>2</sup>, у басейні Дністра від 0,7 км/км<sup>2</sup> (Передкарпаття) до 1,5 км/км<sup>2</sup> (Карпати) [16].

Прісні води області пов'язані з верхньокрейдовими, девонськими, неогеновими та четвертинними відкладами.

Запаси підземних вод міжпластових водоносних горизонтів мають напірні властивості, оскільки зверху вкриті водотривкими породами. Окрім цього, це забезпечує їх захист від зовнішнього забруднення. Після належної водопідготовки води направляються на забезпечення м. Львова.

На відстані приблизно 100 м від ділянки, на якій здійснюється аналізований в даній роботі процес, протікає основна річка Львова – Полтва. Її води течуть по колектору для стоків міста Львова. Полтва – це ліва притока р. Зх. Бугу довжиною близько 60 км, площею басейну 1440 км<sup>2</sup>. Належить до малих річок. Ширина русла 12-15 м, в окремих місцях до 20 м, глибина 1,5-2 м. Живиться річка талими і дощовими водами, а також водами струмків, які в неї впадають. Середня швидкість потоку 0,2-0,5 м/с, залежно від пори року.

Річище сформоване алювіальними жовто-сірими пісками і суглинками. Для Полтви не визначено межі водозахисної зони, не встановлено порядок рибальства, заборонені розведення риби або її акліматизація. Серед риб представлені щука, окунь, карась, плітка та верховодка. Однак, згідно даних лабораторії Львівських каналізаційно-очисних споруд, води річки забруднені, тому не рекомендуються для рибальства.

Екологічна ситуація в місті залежить від обсягів впливу на довкілля підприємств, транспорту та дотримання мешканцями природоохоронного законодавства. Результати спостережень впродовж кількох останніх років свідчать, що загальний рівень забруднення Львова в цілому за рік за індексом забруднення атмосфери є середнім – 6,08.

Головними забруднювачами земельних ресурсів області є промислові відходи та нагромаджувачі побутових відходів.

Незадовільний екологічний стан поверхневих вод Львівщини пов'язаний з забрудненням ґрунтів, атмосферного повітря, змінами в ландшафтно-територіальній структурі, техногенним перевантаженням території, неефективною роботою каналізаційно-очисних споруд, неодотриманням прибережних захисних смуг і водоохоронних зон, засміченням річок відходами, а у гірській місцевості – трелюванням лісу по потоках.

## **2.2 Загальна характеристика ЛКП «Зелене Місто» та його діяльності**

Комунальне підприємство «Зелене Місто», функціями якого є розробка та впровадження сучасної системи управління відходами у Львові, підпорядковується безпосередньо Львівській міській раді [40].

Центральний офіс вказаного комунального підприємства розташований у центрі м. Львова за адресою: площа Ринок, 1, кабінет 418.

ЛКП «Зелене Місто» організовує побутове обслуговування мешканців

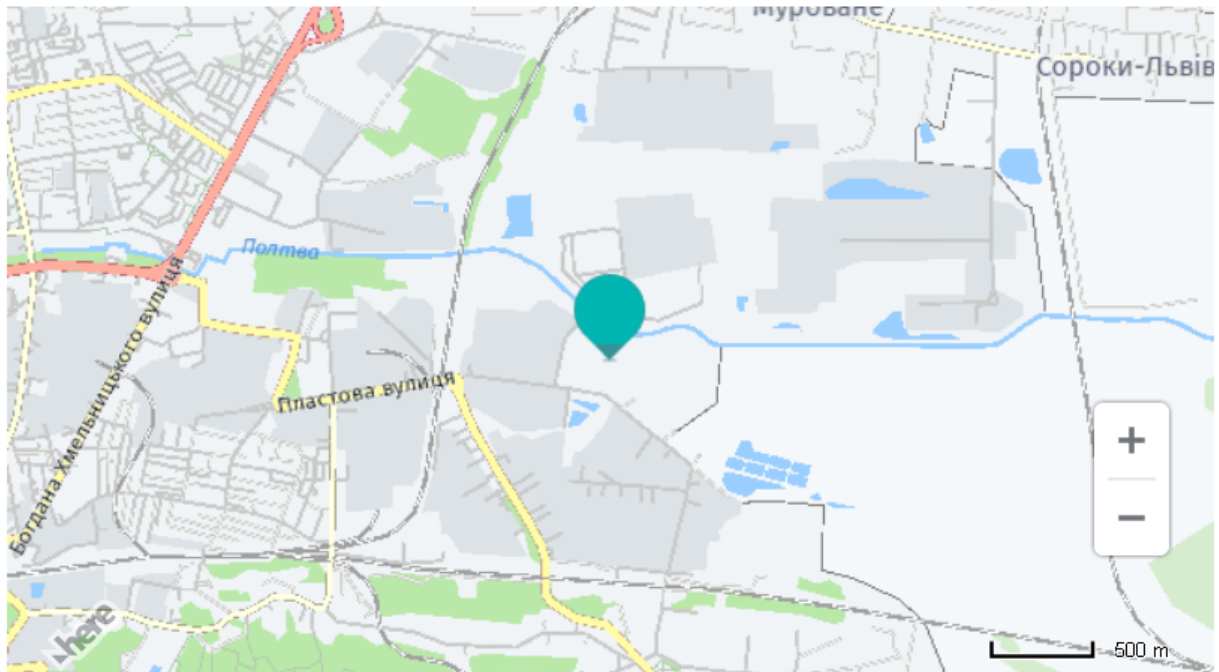


у питаннях збору, обробки й видалення безпечних відходів, а також здійснює впровадження програм стандартизації та сертифікації щодо поводження з ТПВ.

Підприємство організовує пункти збору вторинної сировини, займається утилізацією відходів, одержання з відходів відсортованих відновлювальних матеріалів.

На сьогодні основними напрямками роботи підприємства у межах потреб міста є будівництво механіко-біологічного комплексу з переробки твердих побутових відходів та рекультивація Грибовицького сміттєзвалища.

Важливим етапом поводження з ТПВ міста Львів є вилучення та обробка органічних відходів [42]. Зокрема, функціонує централізований майданчик з перероблення роздільно зібраних харчових та садових відходів (рис. 2.1). Вартість послуги з такої переробки для суб'єктів господарської діяльності становить 646 гривень за 1 тону відходів.



**Рисунок 2.1 – Карта-схема розташування майданчика з переробки органічної фракції ТПВ міста Львів**

Додатковою послугою, що її надає підприємство, є обробка та видалення небезпечних відходів, а також – знезаражування ґрунтів,

забруднених підземних вод.

Також підприємство сприяє розробці виробництв / обладнання для переробки як промислових, так і побутових відходів.

Важливим напрямком роботи підприємства є також екопросвітницька діяльність, зокрема, організація навчальних заходів та проведення роз'яснювальної роботи для львів'ян.

### **2.3 Методика дослідження**

Основна увага при дослідженні особливостей поводження з твердими побутовими відходами у межах міста Львів була зосереджена на технологіях утилізації органічної фракції ТПВ, зокрема, її компостуванні. Детальному аналізу підлягав одержаний продукт – компост.

Важливим етапом будь-якого аналізу є відбір проб матеріалу для досліджень. Проби відбирали з різних місць однієї партії компосту вручну за допомогою совка. Маса однієї проби – не менше ніж 0,3 кг. Для формування об'єданого зразка для подальшого використання відбирали не менше ніж 30 проб. Після відбору компостні проби ретельно змішували в один зразок. Цей зразок сушили на повітрі, вручну відбирали крупні частинки розміром більше 50 мм. Дослідження було відтворено три рази. Для одержання середньої проби об'єдану пробу ретельно перемішували на поліетиленовій плівці, розподіляли рівним шаром і методом квартування зменшували до маси не менше ніж 1 кг. Середню пробу поміщали у подвійний поліетиленовий пакет, зав'язували і маркували. Зразки переносили в лабораторію і зберігали в холодному приміщенні при температурі 4 °С для подальшого аналізу.

Оскільки компост вважається різновидом органічних добрив, то його подальше дослідження проводилось за відповідною схемою. Якісні показники для компосту визначали за затвердженими в Україні методиками визначення якості органічних добрив [7, 8, 9, 10 11, 12]. Аналізували ті

показники, що дозволяють встановити можливості використання компосту у сільському господарстві. Для цього у компості проводили визначення вологості, рН, вмісту органічної речовини, загального азоту, фосфору та калію, а також – концентрацію важких металів. Проби компосту відбирали з урахуванням вимог нормативно-технічної документації на конкретні види і форми органічних добрив.

Перед аналізом у зразках повітряно-сухого компосту вручну відбирали шматки розміром більше 50 мм, зважували та знаходили їх відсоткову частку.

Визначення масової частки вологи здійснювали згідно ГОСТ 26713-85 [7]. Цей метод базується на визначенні втрати маси проби компосту при висушуванні до постійної маси. Масову частку вологи у відсотках обчислювали за формулою:

$$X_1 = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100$$

де  $m_1$  – маса чаші або бюкса з наважкою до висушування, г;

$m_2$  – маса чаші або бюкса з наважкою після висушування, г;

$m$  – маса наважки, г.

Кислотність визначали у пробі компосту з вихідної вологою згідно ГОСТ 27979-88. Метод базується на приготуванні сольової витяжки з компосту з наступним потенціометричним визначенням рН [9].

Частку органічної речовини в компості визначали термогравіметричним методом згідно ДСТУ 8454:2015 [12]. Метод ґрунтується на визначенні втрати маси проби компосту після прожарювання у муфельній печі за температури 800 °С. Масову частку золи (А) у відсотках обчислювали за формулою:

$$A = \frac{m_2}{m_1} \cdot 100$$

де  $m_1$  – маса сухої наважки добрива, г;

$m_2$  – маса золи, г;

100 – коефіцієнт для перерахунку у відсотки.

Масову частку органічної речовини в перерахунку на карбон (X) у відсотках обчислювали за формулою:

$$X = (100 - A) \cdot 0,5$$

де А – масова частка золи, %;

0,5 – коефіцієнт для перерахунку на карбон.

Метод визначення сумарної масової частки азоту згідно ДСТУ 7911:2015 ґрунтується на мінералізації наважки добрива кип'ятінням з концентрованою сірчаною кислотою за наявності хлорної кислоти або змішаного каталізатора [10]. Сумарну частку азоту у мінералізаті визначали з реактивом Неслера на спектрофотометрі за довжин хвилі 430 нм.

Сумарну масову частку азоту ( $W_N$ ) обчислювали за формулою:

$$W_N = \frac{p_N \cdot V_1 \cdot V_3 \cdot 100}{m \cdot V_2 \cdot 1000}$$

де  $p_N$  – масова концентрація азоту, визначена за градувальним графіком, мг/см<sup>3</sup>;

$V_1$  – об'єм розчину мінералізованого добрива, см<sup>3</sup>;

$V_2$  – аліквота розчину мінералізованого добрива, взята для вимірювання, см<sup>3</sup>;

$V_3$  – об'єм забарвленого розчину, см<sup>3</sup>;

$m$  – маса наважки добрива, г.

Для перерахунку сумарної частки азоту ( $W_N$ ) отримані результати множимо на коефіцієнт  $K_c$ .

Коефіцієнт  $K_c$  обчислюється за формулою:

$$K_c = \frac{100}{100 - W_B}$$

де  $W_B$  – масова частка води у наважці добрива, %.

Визначення вмісту загального фосфору в компості проводили згідно діючого ГОСТ 26717-85 [8]. Метод фотометричний. Базується на мінералізації сухого органічного добрива при нагріванні з концентрованою сірчаною кислотою в присутності перекису водню або змішаного

каталізатора з наступним визначенням оптичної густини забарвленого фосфорно-молібденового комплексу, відновленого до молібденової сині. Масову частку загального фосфору (X) в процентах в сухому добриві обчислюють за формулою:

$$X = X_1 - X_2$$

де  $X_1$  – масова частка загального фосфору в пробі, що аналізували, визначена по градуювальному графіку, % на сухий продукт;

$X_2$  – масова частка загального фосфору в контрольному досліді, визначена по градуювальному графіку, %.

Визначення загального калію в компості проводили згідно діючого ДСТУ 7949:2015 [11]. Визначення масової частки загального калію проводиться полум'яно-фотометричним методом. Метод базується на мінералізації сухого органічного добрива при нагріванні з концентрованою сірчаною кислотою в присутності пероксиду водню або змішаного каталізатора з наступним визначенням загального калію в мінералізаті фотометрією інтенсивності випромінювання калію.

Масову частку загального калію (X) в процентах обчислюють за формулою:

$$X = X_1 - X_2$$

де  $X_1$  – масова частка загального калію в пробі, що аналізували, визначена по градуювальному графіку, % на сухий продукт;

$X_2$  – масова частка загального калію в контрольному досліді, визначена по градуювальному графіку, %.

Концентрацію важких металів визначали за допомогою атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-AES).

Результати аналізів обробляли статистично за допомогою стандартного статистичного пакету Statistica 10. Результати виражені як середні значення  $\pm$  стандартне відхилення (n=9).

## 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1 Перспективи переходу міста Львів до системи «Нуль відходів»

Місто Львів має населення близько 755 тисяч осіб. Це найбільше місто у західній частині країни та сьоме за величиною в Україні. Маса відходів, що утворюються впродовж року, становить приблизно 356 кг на особу. Загалом, місто продукує 268000 тонн сміття на рік.

У вересні 2020 року Львів доєднався до проєкту «Перехід до «нуль відходів» у рамках програми «Zero Waste Cities», підписавши Меморандум між Львівською міською радою та «Zero waste Europe» [43]. Місто офіційно стало першим містом, що не належить до Європейського Союзу, яке стало учасником проєкту. На сьогодні близько пів тисячі муніципалітетів по всій Європі втілюють стратегію «нуль відходів» у своїх громадах. Учасники програми «Zero waste Cities» є європейськими лідерами у переході до кругової економіки.

Програма «Zero Waste Cities», що керується спільно міжнародною організацією «Zero Waste Europe» та 11 організаціями-членами, направлена на допомогу населеним пунктам та громадам перейти до «нуль відходів». Програма надає європейську платформу знань щодо впровадження сучасних практик у сфері управління відходами. Загалом, у результаті очікується суттєве зменшення утворення відходів та збільшення роздільного збору та переробки. Львів уже є на карті мережі Zero Waste Europe (рис. 3.1).

Місцева влада та громадськість мають розуміти, що втілення проєкту має довгостроковий характер. Досягнення кругової економіки у місті пов'язане з постійним удосконаленням системи поводження з відходами та сприянням їх мінімізації. Одним з кроків є відмова Львова від співпраці з підприємствами з утилізації твердих побутових відходів, що не прагнуть постійних покращень щодо попередження утворення відходів та рівня переробки [43].

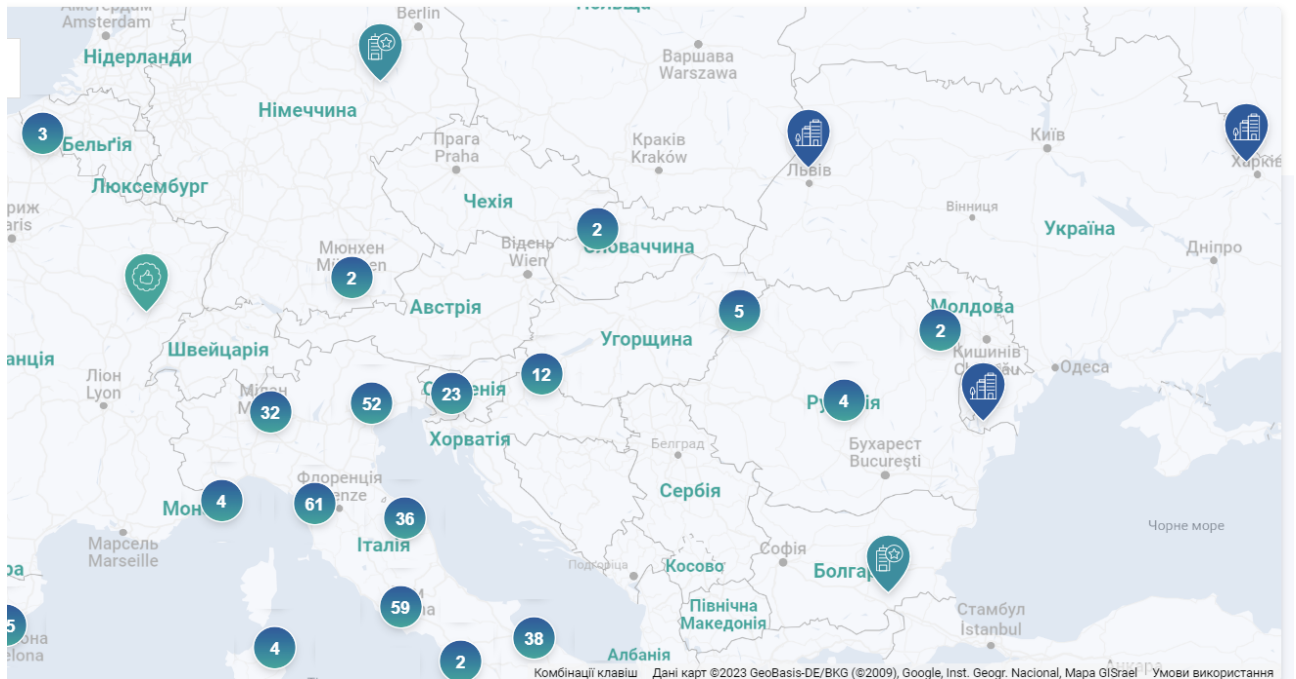


Рисунок 3.1 – Карта мережі Zero Waste Europe

В рамках стратегії муніципальні органи Львова планують певні кроки. Вони охоплюють такі дії: реалізація програми управління органічними відходами на основі збору вторсировини та компостування; впровадження програми збору вторинної сировини та системи фінансового заохочення/відшкодування; пошук нових шляхів поводження з проблемними відходами, які не підлягають переробці чи компостуванню; впровадження структури тарифів згідно принципу «плати за те, що викидаєш».

Масштаби утворення твердих побутових відходів мегаполісом – серйозний виклик місцевій владі та громадськості Львова. Це вимагає суворої оцінки можливостей міста утилізувати сміття, мінімізувати його шкідливий вплив на компоненти довкілля, подолати наслідки багаторічного складування ТПВ на єдиній території.

Отже, система поводження з ТПВ у місті складна, багатоетапна, потребує часу та ресурсів, а підвищити її ефективність може широке інформаційне висвітлення. ЛКП «Зелене Місто» розроблені проекти, що уже розпочали реалізацію та частково втілились у життя [42].

### 3.2 Рекультивация Грибовицького сміттєзвалища

Відновлення полігону твердих побутових відходів у Грибовичах входить до комплексного плану вирішення проблеми з відходами у Львові.

Сміттєзвалище в с. Грибовичах активно експлуатувалося з 1959 до 2016 року. Площа звалища – 33,3 га, висота – 45 м, середньорічний вивіз відходів складав 1,050 тис. м<sup>3</sup>. Входить до переліку ста найбільш екологічно небезпечних об'єктів України. Тут поховано більше 12 млн тонн відходів, що становлять загрозу природним ресурсам та біологічним об'єктам регіону.

Рекультивация Грибовицького сміттєзвалища згідно з проектом передбачає два етапи. Тобто, здійснюється технічна рекультивация та біологічна (рис. 3.2).

На етапі технічної рекультивации, яка здійснюється відповідно до європейських стандартів, прокладають ізоляційні шари. Адже для будь-якого сміттєзвалища характерне утворення шкідливих газів у великій кількості. Ці гази потрібно відводити. Проводиться моніторинг концентрації звалищних газів (метану та інших газів) через 15 моніторингових свердловин. Роботи з дегазації сміттєзвалища виконує компанія Кліар Енерджі. Прокладені 29 вертикальних та 4 горизонтальних свердловини, через які звалищні гази надходять магістральною трубою до когенераційної установки австрійського виробництва GE Jenbacher 312 серії. Її максимальна електрична потужність 625 кВт. Споживання біогазу заплановано в обсязі 2 млн м<sup>3</sup> на рік. Це генеруватиме 2,6 млн кВт годин електроенергії. Такі заходи дозволять покращити стан довкілля. Полігон буде зменшуватися завдяки викачуванню з пустот тіла сміттєзвалища шкідливих газів.

Окрім цього назбирується небезпечна вода у великій кількості. Для відведення цієї води встановлюються трубопроводи. Уже на сьогодні здійснені протиаварійні заходи та роботи з посилення дамб відстійників фільтрату. Працює сучасна станція очистки інфільтрату. Її продуктивність 250 м<sup>3</sup> на добу.





Рисунок 3.2 – Схема рекультивациі сміттєзвалища у Грибовичах

Земляні роботи стосуються виположення схилів тіла сміттєзвалища, що попереджує ризики зсувів.

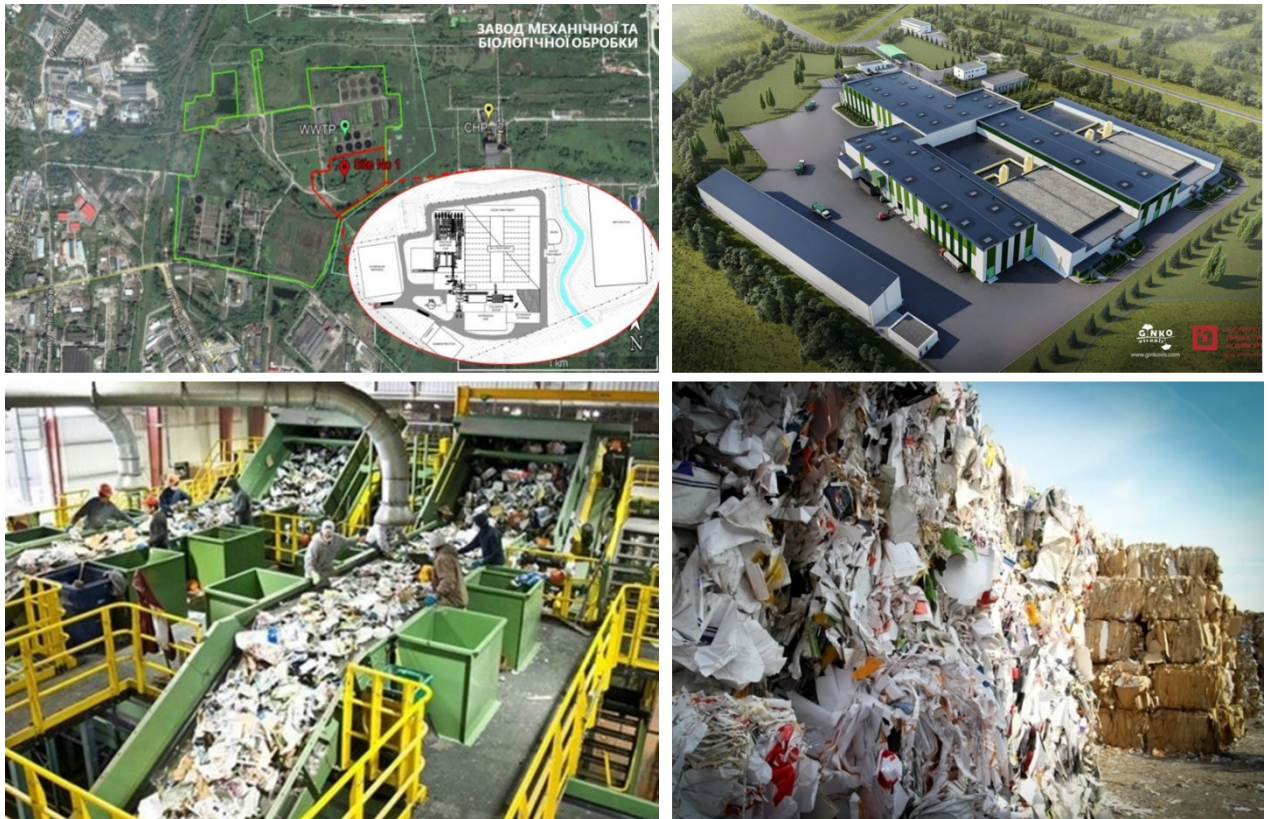
Наступним після технічного йде біологічний етап рекультивациі. Запланована його тривалість близько трьох років – з 2022 по 2025 роки. Біологічна рекультивация полягає у вкритті сміттєзвалища 30-ти см шаром родючого ґрунту та висіві трави, а також – висадці дерев.

Після закінчення рекультивациі колишнє сміттєзвалище буде мати вигляд скверу з відповідною інфраструктурою дозвілля. Окрім цього, в результаті рекультивациі полігон повернеться в межі землевідводу, які були порушені виходом сміття за визначений периметр.

### **3.3 Механіко-біологічний комплекс перевантаження і переробки твердих побутових відходів**

Концепція проєкту будівництва відповідного комплексу базується на

ідеї мінімізації обсягу та залишкового об'єму перероблених відходів, які мають відправлятися на захоронення. Передбачається, що це дозволить зменшити на 65-70 % об'єм відходів, скерованих на захоронення.



**Рисунок 3.3 – Завод механіко-біологічної обробки ТПВ у Львові (проєкт)**

Проєкт по будівництву «Механіко-біологічного комплексу перевантаження і переробки твердих побутових відходів» на вул. Пластовій, 13 у Львові реалізовується Львівською міською радою за кошти європейського банку реконструкції та розвитку. Запроєктована потужність комплексу – переробка 250 тис. тон твердих побутових відходів на рік разом з 60 тисячами тон селективного збору (відходи, що збирають роздільно). Структура комплексу: механічна частина (дві сортувальні лінії) та біологічна частина (група аеробних залізобетонних тунелів, зона виготовлення твердого відновлювального палива (RDF), де здійснюватиметься компостування та біосушка. Технологічно передбачено прийом, попереднє сортування, теплова обробка ТПВ в біосушильних камерах (тривалість 10 діб), фінальне сортування на фракції і подрібнення матеріалу для отримання RDF.

Сировиною для технічного компосту буде мокра фракція ТПВ, отримана із сортувальних ліній.

Процес оброблення органічних відходів буде контрольованим, зокрема передбачено контроль клімату та викидів. Також працюватимуть спеціальні фільтри, що не дозволить поширення неприємного запаху.

Кінцевим результатом роботи комплексу є одержані такі матеріали:

1. Фракції, які мають комерційну цінність та придатні для переробки (папір, пластик, скло, метал).

2. Відновлене паливо (RDF), що замінює традиційне паливо на цементних заводах. Не передбачено його збереження і використання на підприємстві, відразу відвантажується споживачам з проміжного складу.

3. Компост, який отримують у результаті біодеструкції подрібненої органічної фракції. Після біосушіння є інертним матеріалом. Придатний як основа для рекультивації сміттєвих полігонів. Або може підлягати захороненню на цих полігонах.

Діяльність такого комплексу буде найефективнішою і з економічного, і з технологічного боку. Увесь процес переробки побутових відходів механізований, здійснюватиметься в закритих приміщеннях, обладнаних аспіраційними системами. Передбачено очищення повітря через скрубери (хімічна очистка) і біофільтри.

Проектований об'єкт належить до класу II пункт 2 «Сміттєспалювальні та сміттєпереробні заводи» згідно до додатку 4 ДСП 173-96 «Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів».

Окрім цього ТОВ «Екоіндастріс» має дозвіл на будівництво об'єкту з переробки відходів на території Великомоствівської територіальної громади у селі Боянець на території 25,6 га. Там здійснюватиметься термічна переробка відходів за найновітнішими технологіями потужністю 232 тис. т/рік. На підприємстві також функціонуватиме цех з інсінерації відходів тваринного походження, медичних відходів, здійснюватиметься переробка полімерних матеріалів для виготовлення бруківки.

### 3.4 Львівська міська станція компостування

Проблема поводження зі сміттям від житлового сектору особливо гостро постала із закриттям Грибовицького сміттєзвалища – найбільшого в області. Важливим моментом у поводженні з побутовими відходами є їх сортування, виокремлення певних фракцій та зменшення органіки у складі сміття шляхом біодеструкції. Переробку органічної фракції доцільно здійснювати за технологією компостування. Кінцевим продуктом є органічне добриво – компост. У подальшому його можна використати в технологіях озеленення міста або в сільському господарстві.

Улітку 2020 року у Львові офіційно запрацювала перша система централізованого збору та переробки органічних відходів в Україні – міська станція компостування (рис. 3.4), яка знаходиться на території міста на вулиці Пластовій, 13. Там проходить біодеструкція органічної фракції ТПВ – харчових відходів від місцевих мешканців та суб'єктів бізнесу, садово-паркового сміття, зібраного комунальниками [40, 42].



Рисунок 3.4 – Компостування органічної фракції ТПВ на міській станції

Для заохочення закладів громадського харчування, торгових мереж та готелів до сортування відходів та роздільного збору органіки реалізується проєкт «Нуль відходів в дії» [43].

Облдержадміністрація є партнером цього проєкту та проводить співфінансування заходів.

Наразі заплановано вивозити міську станцію компостування хоча б половину усіх відсортованих органічних відходів.

Усім охочим дозволено брати безкоштовно утворений компост для власних потреб – для використання у сільському господарстві для підживлення ґрунту, удобрення ділянок та клумб, при посадках дерев.

Варто зазначити, що компостування є економічно вигідним для міста, оскільки немає потреби витратити кошти на вивезення, а також для тих, хто сортує органіку, адже вивезення таких відходів є безкоштовним для містян та вдвічі дешевшим за вивезення несортованих відходів для підприємств.

### **3.5 Поводження з органічною фракцією твердого побутового сміття у Львові**

За даними ЛКП «Зелене місто» у місті щороку збирають понад 16 тис. тон рослинних відходів. Так, у квітні 2022 року на станцію було доставлено майже 470 тон органічних відходів, з яких третина – це харчові відходи, решта – садові відходи. Лише за липень у місті збирають в середньому 930 тон органічних відходів. Понад 200 тон харчових відходів надійшло від бізнесових об'єктів, понад 120 тон органіки – від місцевих жителів, 610 тон склали зібрані садово-паркові відходи. Щомісяця обсяги різні, але однозначно надходять завжди сотні тон.

Органіку привозять комунальні та приватні підприємства. Усі бажаючі громадяни можуть привозити на станцію компостування органічні відходи (харчові та садові відходи, листя, гілля) самостійно. Вчасна утилізація

органіки на компостувальній станції дозволить уникнути її довготривалого гниття на звичайних полігонах ТПВ [6].

Відтак, надзвичайно важливо правильно сортувати сміття. У місті стартував пілотний проект із роздільного збору органіки для багатоповерхових будинків. На їх подвір'ях встановлені спеціальні контейнери для органічних відходів, які вивозять у проміжку один-два дні окремим автомобілем на станцію компостування. Зацікавленість та активні дії щодо долучення до системи збору органіки проявляють компанії ТзОВ «Грінера Україна», ТзОВ «Ековей Вейст Менеджмент» та ЛКП ТФ «Львівспецкомунтранс».

### 3.6 Особливості відсортовування органіки з побутового сміття

Пілотний проект із окремого збору та вивезення органіки стартував в кількох ОСББ Львова (на вулицях Тичини, Лінкольна, Княгині Ольги, Стрийській та Підстригача), мешканці яких мали можливість відсортовувати органічні відходи в окремі баки. Компанія ТзОВ «Грінера Україна» розмістила спеціальні контейнери, відходи з яких йдуть на компостування.

На тепер у Львові встановлено уже 1350 контейнерів для збору органічних відходів. Ці пластикові контейнери відрізняються від інших меншим розміром, коричневого кольору, з маркуванням (рис. 3.5).

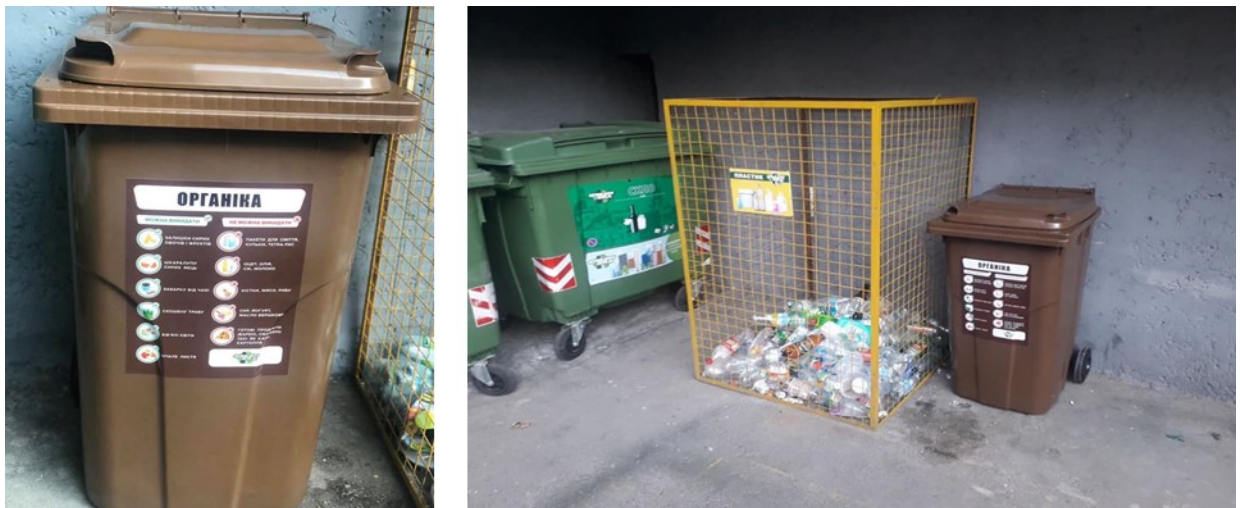


Рисунок 3.5 – Контейнери для органіки

Суворою вимогою є викидати лише органічні відходи без упаковки, тари тощо. У спеціальний коричневий контейнер можна викидати залишки сирих овочів і фруктів, шкаралупу сирих яєць, заварку від чаю, скошену траву, зів'ялі квіти, опале листя. Заборонено поміщати у контейнер пакети для сміття, ПЕ кульки, тетрапаки тощо, оцет, олію, сік, молоко, кістки, м'ясо, рибу, сир, йогурт, масло вершкове, готові продукти (варені, смажені) такі як каші, картопля тощо. Важливо, що контейнери мають подвійне дно, що дозволяє відділити рідку фазу від твердої, спеціальні бокові отвори для провітрювання. Така конструкція не дозволяє органіці запарюватися, постійно відбувається повітрообмін, мінімізується утворення неприємних запахів.

На сьогодні практично на всіх сміттєвих майданчиках міста (99 %) є контейнери для збору органічних відходів. Загалом, 97 % містян мають змогу відсортовувати органічну фракцію побутового сміття. Контейнери для гілок, квітів та листя встановлюють також у міських парках. Заплановано щонайменше 20 таких баків.

Робота на станції починається із зважування транспорту, що привозить органіку. Далі – спеціальні майданчики, де відходи висипають на асфальт та сортують вручну. Потреба у відокремленні неорганічної складової (зазвичай, упаковка, поліетиленові кульки тощо) обумовлена недоліками при сортуванні органіки мешканцями на етапі заповнення баків. Планується запуск лінії для відсортовування. Обладнання має постачати благодійна організація «Екологія-Право-Людина». Сортувальна лінія та додаткові два майданчики зможуть забезпечити переробку на день 90 тон органічних відходів, відтак – 30 тисяч тон у рік.

### **3.7 Аналіз технології компостування**

Технологія переробки органічної речовини ТПВ на станції компостування в м. Львові має підготовчий та основний етапи. Тривалість

виготовлення компосту становить не більше ніж вісім тижнів.

На підготовчому етапі органічну речовину ТПВ в побутових умовах сортують і завантажують у спеціальні контейнери коричневого кольору. В контейнери можна викидати лише дозволена для компостування органіку (залишки харчових та садових відходів рослинного походження).

Контейнери з органікою відвозять на міську станцію компостування органічних відходів. Майданчик для компостуванні розташований так, щоб рідина, яка утворюється в процесі компостування потрапляла на очисні споруди міста, а не в ґрунт. Кращий результат забезпечує попереднє змішування харчових та садових відходів у співвідношенні 3:2.

Важливою частиною обладнання станції є дробарка для деревини (рис. 3.6). Ця установка дозволяє перетворювати на тирсу садово-паркові відходи – гілки, стовбури дерев. Отримана тирса теж використовується в компостуванні.



**Рисунок 3.6 – Подрібнення садово-паркових відходів**

Особливо багато деревних відходів комунальники збирають влітку після буревіїв. У січні-лютому 2022 року на компостувальну станцію привезли майже 40 тон лише новорічних ялинок, які містяни приносили до



спеціальних пунктів прийому після завершення свят.

Процес компостування має три стадії – старт, пік і фініш. На кожному етапі застосовують професійну техніку та відповідні біопрепарати.

Впродовж усього періоду компостування контролюється вологість і температурний режим.

На першій стадії (рис. 3.7, а) органічні відходи завантажують у герметичні ємності – спеціальні контейнери для знезараження. Ці компост-контейнери закуплені у ТОВ «ВО «Релайн» вартістю близько 2 млн грн. У контейнер можна завантажити до 20 тон сировини.

Знезараження відходів відбувається упродовж 72 годин при температурі до 72-80 °С і забезпечує загибель бактерій. Контейнери обладнані напівпроникною мембраною з інтенсивністю не менше 90 % для зменшення запаху.

На другій стадії органічні відходи після проходження термофільної фази, при виході на мезофільну фазу вивантажують та забезпечують його подальше дозрівання у великих буртах (рис. 3.7, б).

Раз на 3-4 дні відходи в кожному бурті обробляють за допомогою аераторів – перемішують, зволожують, подрібнюють, вносять бактерії (старт і фініш) та насичують відходи киснем (рис. 3.7, в). Це пришвидшує компостування. Процес утворення компосту відбувається з виділенням тепла, тому в буртах температура становить 50-60 °С. У буртах відходи знаходяться до двох-трьох місяців залежно від періоду року і температурних показників повітря.

На третій стадії (рис. 3.7, г) утворений компост просіюють через спеціальне сито для відокремлення грубої фракції, яку використовують як природний бактеріальний препарат для підживлення буртів.

Неорганічне сміття відправляють на полігон. Дрібнішу фракцію передають усім охочим для використання (рис. 3.8).



**а) завантаження відходів у спеціальні контейнери для знезаражування**



**б) складання відходів у бурти**



**в) обробка відходів аератором**



**г) просіювання готового компосту для відокремлення грубої фракції**

**Рисунок 3.7 – Етапи процесу компостування**



Рисунок 3.8 – Обладнання для просіювання компосту

Лабораторні аналізи свідчать, що отриманий компост відповідає вимогам якості. Тому вже користується попитом серед агровиробників.

Так, перша партія львівського компосту була реалізована у квітні 2021 року. Майже 15,5 тис. грн, отриманих від продажу, спрямували на закупівлю кисню для львівських лікарень.

### **3.8 Якісні показники компосту**

Фізико-хімічні, агрохімічні, мікробіологічні та токсикологічні показники утвореного компосту повинні відповідати вимогам Стандарту СОУ ЖКГ 10.09-014:2010 «Побутові відходи. Технологія перероблення органічної речовини, що є у складі побутових відходів» [26].

З метою встановлення цільового використання утвореного компосту ми провели ряд досліджень, необхідних для визначення його якості.

#### **3.8.1 Фізико-хімічні показники**

Подальше використання компосту та його цінність визначається фізико-хімічними показниками, зокрема, гранулометричним складом, вмістом органічної речовини, вологістю та кислотністю.

Український стандарт визначає мінімальні значення фізико-хімічних показників компосту, що дають можливість використовувати його в ролі добрива у сільському господарстві, для покращення родючості ґрунту.

У табл. 3.1 наведені значення основних фізико-хімічних показників компосту, отриманого шляхом біодеструкції органічної фракції ТПВ міста Львів.

**Таблиця 3.1 – Фізико-хімічні показники компосту з органічної фракції твердих побутових відходів**

Показники	Вміст фракцій крупніше ніж 50 мм, на суху речовину, %	Масова доля органічної речовини, на сухий продукт, %	Вологість, %	Реакція середовища, рН
Компост ТПВ міста Львова	1,5±0,2	43±2	38±3	7,0±0,3
Український стандарт для компосту з ТПВ	не більше 2	не менше 40	20-80	6,5-8

Затверджений в Україні стандарт лімітує вміст крупних фракцій у компості на рівні не більше 2 %. Досліджуваний нами компост містить частинки розміром більше 50 мм у кількості 1,5 % (табл. 3.1). Це дозволяє його використовувати у якості органічного добрива.

Якість компосту як органічного добрива тісно пов'язано з вмістом у ньому частки органічної речовини. Вміст органічної речовини залежить від якості вихідної сировини та умов компостування. Отриманий нами компост характеризується достатньо високим вмістом органіки – 43% (табл. 3.1).

Показник вологості компосту є досить важливим і може варіювати в досить широких межах. Однак оптимальним вважається вміст вологи на рівні 40 % [35]. Досліджуваний компост містить вологу на оптимальному рівні 38%.

Якість компосту та його використання лімітуються показником рН. Ідеальний рН компосту для більшості видів сільського господарства повинен становити близько 7,5 [35]. рН досліджуваного компосту відповідає українському стандарту компостів з ТПВ.

### 3.8.2 Агрохімічні показники

Агрохімічні показники компосту включають вміст найважливіших для живлення рослин елементів – азоту, фосфору та калію. Це макроелементи, доступні в ґрунті, визначають здоров'я рослин і відіграють головну у їх метаболізмі.

Необхідно відмітити, що компост, утворений з органічних відходів, містить значну кількість поживних речовин, особливо макроелементів. Це й визначає, зокрема, його важливість та дієвість при використанні у сільському, лісовому господарстві, озелененні.

В таблиці 3.2 представлені результати досліджень вмісту загального азоту, фосфору та калію в компості, що формується на міській компостувальній станції Львова з органічної фракції твердих побутових відходів.

Таблиця 3.2 – Агрохімічні показники компосту з органічної фракції твердих побутових відходів

Показники	Масова частка поживних речовин, %		
	азот загальний	фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) загальний	калій (K <sub>2</sub> O) загальний
Компост з ТПВ міста Львова	2,0±0,1	2,7±0,2	0,5±0,1
Український стандарт для компосту з ТПВ	не менше 1,8	не менше 2,0	не менше 0,1

Порівнюючи отримані результати, необхідно вказати, що вміст макроелементів в компості є досить високим.

Так, вміст азоту 2,0 % в сухій речовині досліджуваного компосту відповідає вимогам українського стандарту для добрив.

Уміст фосфору і калію є теж достатнім для підвищення концентрації макроелементів при внесенні такого компосту в ґрунт.

### 3.8.3 Токсикологічні показники

Висока концентрація важких металів в компостах може виключити можливість їх використання в сільському господарстві [26].

Потенційний ризик важких металів у компості пов'язаний з поглинанням їх рослинами і потраплянням цих елементів із ґрунту в харчовий ланцюг. Тому, оцінка токсикологічних показників є необхідною при застосованні компостів як добрива.

Нами були проведені дослідження з визначення вмісту кадмію, свинцю, хрому та цинку в отриманому компості з ТПВ.

Середні концентрації важких металів у досліджуваному компості в порівнянні з українськими стандартами для добрив представлено у таблиці 3.3.

**Таблиця 3.3 – Середня концентрація важких металів у компості з твердих побутових відходів міста Львова**

Елемент	Концентрація, мг / кг сухої маси	
	компост ТПВ міста Львова	Український стандарт для компосту з ТПВ
кадмій	0,50 ± 0,08	30
свинець	15,31 ± 0,54	750
хром	3,45±0,58	750
цинк	383,22 ± 13,46	2500

Результати досліджень вмісту важких металів у компості, не показали перевищення меж встановлених в українському стандарті для добрив (таблиця 3.3).

Дослідження вказує на те, що токсикологічні характеристики компосту є значно меншими від прийнятих значень показників для добрив (український стандарт), а тому компост з органічної речовини міських ТПВ може використовуватись як добриво у сільському господарстві.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Вимоги техніки безпеки – це сукупність правил і прийомів, виконання яких створює сприятливі умови праці на технологічному обладнанні, попереджує нещасні випадки і травми людей, які його обслуговують [20]. Стан приміщень і технологічного обладнання має відповідати вимогам, що гарантують безпечне виконання робіт, а також забезпечують потрібний рівень виробничої санітарії та гігієни [13].

### 4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві

При поводженні з твердими побутовими відходами і вторинною сировиною працівник піддається дії таких небезпечних та шкідливих факторів:

- хімічні фактори: – підвищений рівень сірчаного газів у повітрі робочої зони і в зоні дихання;
- фізичні:
  - підвищена запиленість повітря робочої зони;
  - викиди речовин з неприємним запахом (сірководню, аміаку, меркаптанів) на сміттесортувальних лініях та складах компосту;
  - шум від транспортних засобів та устаткування для подрібнення ТПВ при сміттесортуванні та на складах компосту;
  - вплив магнітного поля (для робітників, які контактують з електромагнітним сепаратором);
  - підвищений рівень шуму від обладнання;
  - недостатня освітленість робочого місця;
- психофізіологічні фактори:
  - фізичне перенавантаження статична перенапруга, динамічна перенапруга;



– нервово-психічне перенавантаження напруження зорових аналізаторів, нервово-емоційне напруження.

Технологія переробки твердих побутових відходів відбувається за використання обладнання, що потребує людських ресурсів. Персонал, який працює з обладнанням, повинен знати та дотримуватись вимог техніки безпеки, пройшовши попереднє навчання з дотримання техніки безпеки.

Територія компостувальної станції, на якій знаходиться необхідна техніка, забезпечують плакатами, застережними написами, а також основними витягами з інструкцій з техніки безпеки та пожежної безпеки. Електричні проводи, труби для подачі повітря, води для живлення обладнання укладені в місцях, де виключено їх механічне пошкодження. Всі магістралі не створюють перешкод для вільного пересування працівників.

Пересувні установки комплектуються справним інструментом, засобами пожежогасіння, захистом від електростатичної напруги, а також аптечкою першої допомоги. До роботи з обладнанням допускаються досвідчені та кваліфіковані працівники, добре знають будову обладнання, засвоїли правила техніки безпеки та пройшли відповідний інструктаж. Відповідальність за техніку безпеки з експлуатації обладнання та на пересувних установках несе інженер з охорони праці.

У даній роботі розглянуто процес компостування. Компостування включає стадії сортування, в тому числі ручне. Стрічковий транспортер переміщує відходи, по боках транспортеру розміщені робочі місця сортувальників, які відбирають зайві фракції ТПВ та перекладають їх у спеціальні контейнери.

Кожне робоче місце обладнане витяжною вентиляцією, лампами для забезпечення денного світла та обігрівачами у холодну пору року.

Небезпечні для людей зони обладнані огорожами для попередження контакту людей з обладнанням та виникнення непередбачуваних випадків.

Експлуатація обладнання здійснюється слюсарями та електриками станції відповідно до інструкцій, які чітко визначають правила повсякденної

експлуатації, дрібного ремонту, змащування механізмів та вимоги безпеки. Запуску обладнання передує перевірка обладнання на чистоту та справність роботи, відсутність сторонніх предметів на рухомих частинах. А також перевіряється справність захисних елементів, завантажувальних пристроїв, кріплення вузлів, стійок, редукторів, справність гальмівних пристроїв, з'єднувальних муфт.

Обов'язкова перевірка справності контрольно-вимірювальних пристроїв.

Протягом всього процесу повинна виключатися можливість контакту робітників із шкідливими речовинами. Особливу увагу приділяється з'єднанням трубопроводів та арматури. Потенційно небезпечні ділянки виробництва герметизовані та забезпечені вентиляційними установками.

Експлуатація обладнання відповідає вимогам, зазначеним у інструкціях з експлуатації та здійснюється виключно фахівцями. На сортувальній лінії повинні забезпечуватись комфортні та безпечні для роботи працівників умови.

## **4.2 Покращення охорони праці, техніки безпеки та пожежної безпеки**

Сортування і комплексна переробка твердих побутових відходів проводяться за допомогою технологічного обладнання. Працювати з ним потрібно тільки строго дотримуючись техніки безпеки, тому кожен співробітник повинен в обов'язковому порядку проходити підготовку, вступний та первинні інструктажі. Для того, щоб сортування і переробка ТПВ на спеціалізованому обладнанні проводилися максимально безпечно, роботодавець повинен забезпечити відповідні умови роботи.

Заборонено чистити або ремонтувати установки в момент, коли вони працюють. Експлуатація кожної окремої установки або іншого обладнання передбачає дотримання індивідуальних норм і правил безпеки.

Експлуатація технологічного обладнання здійснюється відповідно до інструкцій по експлуатації (складаються службою головного механіка) і заводською (фірмовою) технічною документацією. Дані інструкції містять правила підготовки, роботи і зупинки устаткування, повсякденного відходу і змащування механізмів; карту змащувань; короткі відомості про можливі несправності; основні вимоги безпеки. Експлуатація обладнання повсякденно здійснюється працівниками, що обслуговують його, а саме слюсарями-налагоджувачами, електриками. Огляди і плановопереджувальні ремонти обладнання виконуються службою головного механіка.

Для забезпечення працездатності, безпечної, безаварійної та економічної роботи устаткування необхідно [13]:

- вивчити технічну документацію (опису, схеми, креслення і т.п.), принцип роботи, конструктивні особливості, правила складання, розбирання і налагодження;

- швидко і безпомилково виконувати всі дії, що забезпечують безаварійний пуск, експлуатацію і вихід машини з дії;

- здійснювати належний догляд за обладнанням, містити його в технічно справному стані, проводити регулювання відповідно до вимог заводу, де було виготовлене устаткування, усувати характерні несправності вузлів і механізмів машини.

Перед пуском обладнання в експлуатацію необхідно підготувати робоче місце і оглянути обладнання. Під час огляду перевіряють наступне:

- чистоту і справність обладнання, відсутність сторонніх предметів на рухомих частинах;

- наявність і справність захисних елементів на обертових і рухомих частинах обладнання, справність завантажувальних (розвантажувальних) пристроїв; надійність кріплення вузлів і деталей обладнання (стійок, редукторів тощо), справність з'єднувальних муфт, гальмівних пристроїв і тощо;

- справність ланцюгових, ремінних і інших передач. При необхідності

треба відрегулювати натяг останніх відповідно до вимог інструкції заводу-виготовлювача;

- наявність і справність контрольно-вимірювальних приладів, своєчасно пройшли перевірку, засобів світлової та звукової сигналізації;

- наявність і справність заземлюючих або занулюючих пристроїв.

Вимоги вибухо- та пожежобезпеки при проектуванні та експлуатації всіх промислових підприємств мають бути встановлені Будівельними нормами і правилами. Пожежна небезпека виробничих будівель обумовлюється характером технологічного процесу і конструктивно-планувальними рішеннями будівлі. Причинами заpalення, вибухів та пожеж можуть стати:

- недотримання вимог інструкції по техніці безпеки, пожежної безпеки і промислової санітарії;
- несправність обладнання у зв'язку з несвоєчасним ремонтом;
- погана герметизація обладнання;
- коротке замикання в електричній мережі;
- ведення вогневих робіт.

Дотримання правил техніки безпеки є запорукою покращення умов праці. Впровадження заходів з охорони праці на даному підприємстві сприятиме запобіганню нещасних випадків і професійних захворювань пов'язаних з незадовільними умовами праці.

За даними досліджень стан охорони праці на міській компостувальній станції ЛКП «Зелене Місто» задовільний, але має свої недоліки, які полягають в наступному: недотриманні окремих пунктів вимог з техніки безпеки, гігієни праці, пожежної безпеки в зв'язку із недостатнім технічним забезпеченням та недостатнім фінансуванням.

## ВИСНОВКИ

1. Населення міста Львів – найбільшого міста Західної України чисельністю 755 тисяч осіб, продукує приблизно 356 кг твердих побутових відходів на особу, тобто 268000 тонн сміття на рік.
2. У кінці 2020 року Львів доєднався до проєкту «Перехід до «нуль відходів» у рамках програми «Zero Waste Cities», підписавши Меморандум між Львівською міською радою та «Zero waste Europe». Це надає можливість муніципальній владі використовувати європейську платформу знань щодо впровадження сучасних практик у сфері управління відходами.
3. Комунальне підприємство «Зелене Місто», функціями якого є розробка та впровадження сучасної системи управління відходами у Львові, підпорядковується безпосередньо Львівській міській раді. Підприємство організовує побутове обслуговування мешканців у питаннях збору, обробки й видалення безпечних відходів, пункти збору вторинної сировини, займається утилізацією відходів, одержання з відходів відсортованих відновлювальних матеріалів, а також здійснює впровадження програм стандартизації та сертифікації щодо поводження з ТПВ.
4. Основними напрямками роботи ЛКП «Зелене Місто», що входить до комплексного плану вирішення проблеми з відходами у Львові, є рекультивация Грибовицького сміттєзвалища, будівництво механіко-біологічного комплексу з переробки твердих побутових відходів, вилучення та обробка органічних відходів.
5. Грибовицьке сміттєзвалище площею 33,3 га та місткістю більше 12 млн тонн відходів підлягає поетапно технічній та біологічній рекультивации, що дозволить мінімізувати негативний вплив об'єкта на довкілля.
6. Будівництво механіко-біологічного комплексу перевантаження і переробки твердих побутових відходів забезпечить зменшення на 65-70 % обсягів та залишкового об'єму перероблених відходів для захоронення.
7. Біодеструкція органічної фракції ТПВ – харчових відходів від місцевих

мешканців та суб'єктів бізнесу, садово-паркового сміття, проходить на Львівській міській станції компостування на вулиці Пластовій, 13.

8. Технологія переробки органічної речовини ТПВ на станції компостування має підготовчий та основний етапи. Тривалість виготовлення компосту становить не більше ніж вісім тижнів.

9. Фізико-хімічні, агрохімічні та токсикологічні показники утвореного компосту відповідають вимогам Стандарту СОУ ЖКГ 10.09-014:2010 «Побутові відходи. Технологія перероблення органічної речовини, що є у складі побутових відходів». Компост містить частинки розміром більше 50 мм у кількості 1,5 %, характеризується достатньо високим вмістом органіки – 43%, вологістю на рівні 38 %, рН = 7,0, вмістом азоту 2,0 %, фосфору – 2,7 %, калію – 0,5 % в сухій речовині. Результати досліджень вмісту важких металів у компості, не показали перевищення меж встановлених в українському стандарті для добрив: кадмій – 0,50, свинець – 15,31, хром – 3,45, цинк – 383,22 мг/кг сухої маси. Це дає можливість використовувати його в ролі добрива у сільському господарстві, для покращення родючості ґрунту.

**БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

1. Бузіна І.М., Рябченко В.С. Переробка органічної складової твердих побутових відходів шляхом компостування. *Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика* (20 листопада 2020 р.). С. 29-30.
2. Вамболь В.В. Ідентифікація джерел формування екологічної небезпеки в місцях несанкціонованого нагромадження відходів. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2016. № 1(96). С. 122-128.
3. Ведмідь А. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні [Електр. ресурс] Режим доступу: [stan-sfery-povodzhennya-z-pobutovymy-vidhodamy.pdf](#)
4. Гаценко М.В. Компостування органічної речовини. Мікробіологічні аспекти. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2014. Т. 19. № 1. С. 11-20.
5. Горобець О.В., Галіцький В.А. Перспективні напрями утилізації органічних відходів. *Наука. Молодь. Екологія – 2016*: зб. матеріалів XII Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених (27 травня 2016 р., Житомир) ЖНАЕУ, 2016. С. 97-102.
6. Горох Н.П. Екологічна оцінка шкідливих речовин за комплексної утилізації муніципальних відходів. *Комунальне господарство міст: наук.-техн. збірник*. Київ: Техніка, 2005. вип. 63. С. 172-181.
7. ГОСТ 26713-85 Добрива органічні. Метод визначення вологості та сухого залишку.
8. ГОСТ 26717-85 Добрива органічні. Метод визначення загального фосфору.
9. ГОСТ 27979-88 Добрива органічні. Метод визначення рН.
10. ДСТУ 7911:2015 Добрива органічні та мінеральні. Методи визначення сумарної масової частки азоту та масової частки амонійного азоту.
11. ДСТУ 7949:2015 Добрива органічні. Метод визначення масової частки загального калію.

12. ДСТУ 8454:2015 Добрива органічні. Методи визначення органічної речовини.
13. ДСТУ ISO 45001:2019 (ISO 45001:2018, IDT) Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги.
14. Закон Про відходи [Електр. ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр>
15. Касімов А.М., Семенов В.Т., Александров А.Н., Коваленко А.М. Тверді побутові відходи. Проблеми і вирішення. Технології, устаткування: навч. посібн. Харків: ХНАМГ, 2006. 301 с.
16. Львівська область: природні умови та ресурси: монографія / за заг. ред. М. М. Назарука. Львів: Видавництво Старого Лева, 2018. 592 с.
17. Ляшенко О.О., Мовсесов Г.Є. Технологія та устаткування прискореного компостування органічних відходів. *Співпраця для вирішення проблеми відходів*: матеріали III міжнародної конф. (Харків, 7-8 лютого 2006 р. ) С. 88-89.
18. Мальований М.С., Мянновська М.Б., Бахарев В.С. Склад та потенційні запаси вторинної сировини в твердих побутових відходах міста Житомира. *Екологічна безпека*. 2013. № 1(15). С. 83-87
19. Матвеев Ю.Б., Пухнюк А. Ю. Полігони побутових відходів: ситуація та перспективи. *Тверді побутові відходи*. 2013. № 6. С. 37-42.
20. Охорона праці / К.Н. Ткачук, К.К. Ткачук, Ю.А. Гурін та ін. Кривий Ріг: ВЦ КТУ, 2011. 325 с
21. Поводження з відходами: Курс лекцій. Для студентів денної форми навчання. Спеціальність 101 «Екологія» Освітньо-кваліфікаційний ступінь «магістр». / Укладач: О.В. Рибалова. Х: НУЦЗУ, 2016. 530 с.
22. Попович В.В. Пожежна небезпека стихійних сміттєзвалищ та полігонів твердих побутових відходів. *Збірник наукових праць ЛДУ БЖД. Пожежна безпека*. №21, 2012. С. 140-147.
23. Проблеми державного регулювання у сфері поведінки з відходами та шляхи їх вирішення. [Електр. ресурс]. Режим доступу:



<http://www.niss.gov.ua/articles/1386/>

24. Радовенчик В.М., Гомеля М.Д. Тверді відходи: збір, переробка, складування: навч. посіб. Київ: Кондор, 2010. 552 с.
25. Сафранов Т.А., Шаніна Т.П., Губанова О.Р., Приходько В.Ю. Класифікація твердих муніципальних відходів – передумова формування ефективної системи поводження з їх потоками. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2014. №18. С. 32-37.
26. СОУ ЖКГ 03.09-014:2010 «Побутові відходи. Технологія перероблення органічної речовини, що є у складі побутових відходів». Видання офіційне, Київ, 2010. 39 с.
27. Сталінська І.В. Особливості екологічної безпеки у системі «тверді побутові відходи – навколишнє середовище – здоров'я людини». *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26(7). С. 238-244.
28. Тверді побутові відходи в Україні: потенціал розвитку. Сценарії розвитку галузі поводження з твердими побутовими відходами. *Підсумковий звіт*. ІФС, 2015. 110 с.
29. Тимошенко С.А., Дудар Т.В. Аналіз впливу на довкілля паперових відходів Києва та Львова та технологій їх утилізації із використанням методу оцінки життєвого циклу. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2013. № 1(78). С. 104-108.
30. Управління відходами в Україні [Електр. ресурс]. Режим доступу: [http://ekosphaera.org/wpcontent/uploads/2018/02/Ukraine\\_Newsletter\\_01\\_ukr.pdf](http://ekosphaera.org/wpcontent/uploads/2018/02/Ukraine_Newsletter_01_ukr.pdf)
31. Шаніна Т.П., Губанова О.Р., Клименко М.О. та ін. Управління та поводження з відходами: підручник. Одеса: Вид-во ТЕС, 2012. 272 с.
32. Шацький В.В., Поволоцький А.А. Основні вимоги до процесу та біотехнічної системи компостування органічної сировини. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2015. Т. 157. С. 140-146.
33. Шевченко О.А., Деркачов Е. А. Еколого-гігієнічна оцінка ступеня небезпеки території муніципальних звалищ та заходи щодо їх оздоровлення.

- Проблеми збору, переробки та утилізації відходів: зб. наук. статей IV міжнар. наук.-практ. конференції. Одеса, 2002. С. 224-227.*
34. Ayilara M. S., Olanrewaju O. S., Babalola O. O., Odeyemi O. Waste Management through Composting: Challenges and Potentials. *Sustainability*. 2020, 12, 4456; doi:10.3390/su12114456
35. De Bertoldi, M. *The Science of Composting*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2013. [Google Scholar]
36. Gonawala Suhas S., Jardosh H. Organic Waste in Composting: A brief review. *International Journal of Current Engineering and Technology*. Volume 8, No. 1 (Jan/Feb 2018) PP. 36-38, DOI:<https://doi.org/10.14741/ijcet.v8i01.10884>
37. Saravanan P., Sathish Kumar S., Ignesh A., Ajithan C. Eco-friendly practice of utilization of food wastes. *International Journal of Pharmaceutical Science Invention*. 2013, Volume 2. Issue 1. PP. 14-17.
38. Sardarmehni M., Levis J. W., Barlaz M. A. What Is the Best End Use for Compost Derived from the Organic Fraction of Municipal Solid Waste? *Environ. Sci. Technol.* 2021, 55, PP. 73-81. doi.org/10.1021/acs.est.0c04997
39. Vanlalmawii E., Awasthi M. Municipal Solid Waste Composting – A Review. *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology*. Volume 4, Issue 2, Spl. Issue-1 Apr.-2016
40. <http://zelenemisto.info/projects/kompostuvannya-organichnyh-vidhodiv/>  
Компостування органічних відходів.
41. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Компола> Проект Компола.
42. <https://zerowastelviv.org.ua/lviv-compost-station/> Компостувальна станція Львова.
43. <https://zerowastelviv.org.ua/> Львів – перше місто поза межами Європейського Союзу, яке приєдналось до проекту «Місто Нуль Відходів»