

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО

ФАКУЛЬТЕТ ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я
ТА СУСПІЛЬНОГО БЛАГОПОЛУЧЧЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за ОС «МАГІСТР»

на тему: «АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПОСТУВАННЯ
ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ У М. ЛЬВОВІ:
ЕКОЛОГІЧНІ, ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ»

Виконала: здобувачка вищої освіти
спеціальності: 101 Екологія
ХАХІНА АННА ОЛЕКСАНДРІВНА

Керівник: к. с.-г. н., доцент кафедри
екології та захисту довкілля
_____ **Ганна Буцяк**

Рецензент: д.б.н., доцент кафедри
біотехнології та радіології
_____ **Оксана Штапенко**

Львів 2025 р.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	3
ANNOTATION.....	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1. Сучасна ситуація сфери поводження та управління відходами в Україні та світі.....	9
1.2. Законодавча та нормативна основа у сфері поводження з відходами.....	15
1.3. Європейські підходи у системі поводження з біовідходами	20
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛІ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	25
2.1. Характеристика побутових відходів та аналіз збору біовідходів у м. Львові.....	25
2.2. Методика дослідження морфологічного складу побутових відходів у Львові.....	28
2.3. Характеристика міської станції компостування ЛКП «Зелене місто».....	32
2.4. Методика дослідження морфологічного складу компосту.....	34
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	36
3.1. Аналіз сфери управління побутовими відходами у концепції сталого розвитку	36
3.2. Оцінка еколого-економічних та соціальних аспектів компостування біовідходів у м. Львові.....	41
3.3. Результати дослідження морфологічного стану ТПВ на вул. Т. Барановського, 13	50
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	53
РОЗДІЛ 5. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.....	58
ВИСНОВКИ.....	62
ПРОПОЗИЦІЇ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	65
ДОДАТКИ.....	72

АНОТАЦІЯ

Робота написана на 75 сторінках машинописного тексту. Складається із 5 розділів, анотації, вступу, висновків, містить пропозиції та список джерел використаної літератури (55 джерел). Містить 19 рисунків, 3 таблиці.

Ключові слова: побутові відходи, забруднення, сортування, біовідходи, компостування, морфологічний склад компосту, м. Львів

Проведений огляд іноземних та українських наукових публікацій засвідчує, що проблема поводження з побутовими відходами залишається одним із ключових викликів сучасного суспільства. У рамках даної роботи основну увагу зосереджено на всебічному аналізі екологічних, економічних та соціальних аспектів компостування біовідходів у місті Львові.

Сьогодні технології компостування викликають дедалі більший інтерес, оскільки розглядаються як одні з найбільш екологічно сталих та економічно доцільних способів перероблення органічної фракції відходів. Компостування дозволяє не лише зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, який виникає внаслідок неконтрольованого захоронення органіки, а й сприяє поверненню у ґрунт важливих поживних речовин. Це позитивно впливає на стан ґрунтів, підвищує врожайність сільськогосподарських культур та знижує потребу у внесенні мінеральних добрив.

Для досягнення максимальної результативності процесів компостування необхідним є забезпечення належного рівня роздільного збору побутових відходів. Це дозволяє запобігти потраплянню до контейнерів для органічної фракції матеріалів, що не підлягають компостуванню, і тим самим покращує якість отриманого компосту.

Щоб отримати якісний і безпечний для довкілля компост, придатний для удобрення сільськогосподарських земель, важливо не допускати потрапляння до контейнерів для збору органічних відходів сторонніх фракцій побутового сміття, зокрема поліетиленових пакетів. Це вимагає підвищення рівня екологічної

свідомості мешканців та активізації просвітницьких заходів, спрямованих на формування відповідального ставлення до системи роздільного збору відходів та вирішення проблеми на рівні міста.

Основні результати дослідження даної роботи відображено у науковій публікації на тему «Оцінка еколого-економічних та соціальних аспектів компостування біовідходів у м. Львові» [29].

Метою роботи є комплексна оцінка системи поводження з біовідходами у м. Львові та виявлення ключових екологічних, економічних і соціальних аспектів у впровадженні практики їх компостування.

Об'єкт досліджень: біовідходи м. Львова та їх компостування.

Предмет досліджень: програма збирання побутових відходів на території Львівської МТГ; контейнерний майданчик у м. Львові на вул. Туган Барановського, 13; компост.

У завдання роботи входило:

- ✓ аналіз сфери управління побутовими відходами у концепції сталого розвитку;
- ✓ оцінка організації збору біовідходів у Львові та роль соціального фактору в ефективності цього процесу;
- ✓ аналіз еколого-економічних аспектів щодо компостування органічних відходів у м. Львові;
- ✓ дослідження морфологічний склад компосту (органічної суміші технічної якості) компостувальної станції ЛКП «Зелене місто».
- ✓ виокремити пропозиції для покращення досліджуваної проблеми.

ANNOTATION

A review of foreign and Ukrainian scientific publications shows that the problem of household waste management remains one of the key challenges of modern society. Within the framework of this work, the main attention is focused on a comprehensive analysis of the environmental, economic and social aspects of composting biowaste in the city of Lviv.

Today, composting technologies are attracting increasing interest, as they are considered one of the most environmentally sustainable and economically viable ways to recycle organic waste. Composting not only reduces the negative impact on the environment that results from uncontrolled disposal of organic matter, but also helps return important nutrients to the soil. This has a positive effect on soil health, increases crop yields, and reduces the need for mineral fertilizers.

To achieve maximum efficiency of composting processes, it is necessary to ensure an adequate level of separate collection of household waste. This prevents the entry of non-compostable materials into containers for the organic fraction, and thus improves the quality of the resulting compost.

In order to obtain high-quality and environmentally safe compost suitable for fertilizing agricultural land, it is important to prevent foreign fractions of household waste, in particular plastic bags, from entering containers for the collection of organic waste. This requires raising the level of environmental awareness of residents and intensifying educational activities aimed at forming a responsible attitude towards the separate waste collection system and solving the problem at the city level.

Keywords: household waste, pollution, sorting, biowaste, composting, morphological composition of compost, Lviv

The aim of the work is a comprehensive assessment of the biowaste management system in Lviv and the identification of key environmental, economic and social aspects in the implementation of the practice of composting.

Research object: biowaste of Lviv and its composting.

Research subject: household waste collection program on the territory of Lviv MTG; container site in Lviv at 13 Tugan Baranovsky Street; compost.

ВСТУП

Сучасне суспільство як у глобальному, так і в місцевому вимірах – стикається з серйозними екологічними, соціальними й економічними викликами. Інтенсивна урбанізація та розвиток промисловості протягом XX–XXI століть спричинили зростання рівня споживання, що, у свою чергу, призвело до істотного збільшення кількості побутових відходів. Для подолання цієї проблеми необхідно впроваджувати безпечну, сталу та узгоджену систему управління відходами, а також здійснювати оцінку їхнього життєвого циклу – від етапу виробництва до подальшої переробки чи утилізації [1,2].

Основоположний документ «Трансформація нашого світу: Порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року» наголошує на необхідності зміни підходів до розвитку країн і територій, що вже визнано світовою спільнотою. У цьому Порядку сформульовано 17 Цілей сталого розвитку та 169 відповідних завдань, які зосереджені навколо п'яти ключових вимірів: Люди, Планета, Добробут, Мир і Партнерство. Ці цілі є взаємопов'язаними, неподільними та спрямовані на забезпечення збалансованого розвитку у трьох сферах – економічній, соціальній та екологічній. Вони орієнтують держави та спільноти на активні дії у напрямках, що мають вирішальне значення для майбутнього людства та довкілля.

Щороку у світі генерується приблизно 2,1 млрд тонн побутових відходів, і прогнозується, що до 2050 року цей обсяг може зрости до 3,4 млрд тонн [3]. На території України нагромаджено уже біля 36 млрд тонн відходів, які засмітили більш як 7 % території [49]. Якщо, у 2010 році було утворено біля 41,4 млн м³ побутових відходів, то у 2020 році ~ 53 млн. м³, що на 28 % більше. За 2021 рік в Україні утворилось понад 51 млн. м³ побутових відходів, перероблено та утилізовано ~ 7,64 %, з них 1,14 % спалено, а 6,5 % потрапило на заготівельні пункти вторинної сировини та сміттєпереробні лінії [18,29].

За інформацією, яку надали обласні військові адміністрації (без урахування даних з тимчасово окупованих територій), у 2022 році в населених

пунктах країни було утворено близько 39 млн м³ побутових відходів (перероблено та утилізовано ~ 9,9 %, з них – 1,66 % спалено, а 8,24 % потрапило на переробку), у 2023 році – понад 44 млн м³. Особливо збільшилися обсяги будівельного сміття – майже 450 тис. тонн, через руйнування більш ніж 60 тис. об'єктів внаслідок бойових дій, що створює значне екологічне навантаження [3,29].

Через низьку ефективність сортування побутових відходів в Україні налічується 5,7 тис. звалищ і полігонів загальною площею майже 8 тис. гектарів, 40 % з них потребують рекультивації [5,29,50].

Біовідходи становлять одну з найнебезпечніших складових полігонів. Під впливом атмосферних опадів, сонячної радіації та підвищених температур у товщі сміття активуються неконтрольовані фізико-хімічні та біологічні процеси. Унаслідок цього утворюються токсичні гази, рідини та тверді сполуки, які негативно впливають на стан довкілля та несуть серйозну загрозу здоров'ю людей [26].

Ще три-чотири десятиліття тому більшість держав Європейського Союзу мали значні проблеми з утилізацією побутових відходів. Проте сьогодні багато з них не лише подолали ці труднощі, а й успішно трансформували відходи на джерело економічної вигоди [8-12]. Зокрема, у таких країнах, як Греція, Чехія, Данія, Іспанія, Франція, Люксембург, Мальта, Австрія, Фінляндія, Словаччина та Велика Британія, рівень перероблення побутових відходів становить 100 %. Трохи нижчі показники демонструють Естонія (87,2 %), Польща (87,4 %) та Італія (88,9 %).

За останні двадцять років держави Європейського Союзу значно зменшили обсяги побутових відходів, що захороняються на полігонах – приблизно у 2,5 рази. Одночасно з цим зросла частка сміття, що спрямовується на перероблення, компостування та термічну обробку. При цьому кількість відходів, які проходять вторинну переробку або компостування, переважає над тими, що підлягають спаленню, хоча термічне знешкодження переважно застосовується для отримання енергії [49].

В Україні ситуація у сфері поводження з побутовими відходами залишається особливо проблемною через високі темпи їх утворення та недостатньо розвинену інфраструктуру для ефективного збирання, перероблення й утилізації. На повторне використання або перероблення спрямовується лише близько 7 % загального обсягу побутового сміття [17]. 44 % із загального морфологічного складу побутових відходів у м. Львові припадає на біовідходи, які переробляються на компост. Саме тому, оцінка еколого-економічних та соціальних аспектів щодо компостування біовідходів у м. Львові допоможе відобразити реальну картину нинішньої системи поводження із побутовими відходами [29].

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.4. Сучасна ситуація сфери поводження та управління відходами в Україні та світі

Нині ця галузь перебуває на етапі активних змін і модернізації. Україна та більшість країн світу зіштовхуються з необхідністю переходу від традиційного захоронення сміття до більш екологічно відповідних підходів – таких як перероблення, повторне використання ресурсів і впровадження принципів циркулярної економіки. Світові тенденції спрямовані на зменшення обсягів утворення відходів, розвиток інноваційних технологій, покращення законодавчої бази та підвищення екологічної свідомості населення. Україна поступово інтегрує ці підходи, модернізуючи інфраструктуру та нормативні вимоги, хоча темпи впровадження поки що залишаються нерівномірними.

Проблема управління побутовими відходами є гострою для будь-якого міста світу й вимагає невідкладних заходів для її покращення. Її значущість визначається не лише колосальними фінансовими витратами, що сягають мільярдів доларів, а й впливом на стан довкілля та здоров'я населення. За інформацією профільних служб, в Україні щороку утворюється приблизно 10 мільйонів тонн побутових відходів. Близько 94% цього обсягу потрапляє на сміттєзвалища, яких у країні налічується близько 6000, а їхня загальна площа становить приблизно 9 тисяч гектарів [1,2].

Зі зростанням обсягів побутових відходів у навколишньому середовищі виникає низка негативних процесів:

- відбувається забруднення ґрунтів, а токсичні речовини поширюються ланцюгами живлення;
- забруднюються породи у зонах ненасиченої фільтрації та підземні водоносні пласти;

- у повітря виділяються небезпечні гази, що погіршують якість приземного шару атмосфери та впливають на стан біосфери.

Сміттєзвалища є серйозною загрозою для мешканців навколишніх територій, адже вони слугують середовищем розмноження комах, гризунів та бродячих тварин, які можуть переносити численні інфекційні захворювання.

Опади вимивають із відходів значну кількість забруднювальних речовин, що потрапляють у ґрунт, підземні води та відкриті водойми, спричиняючи деградацію джерел питного водопостачання. Під час розкладання органічних компонентів, особливо тих, що швидко гниють, утворюються гази з різким запахом – наприклад аміак і сірководень, які додатково погіршують стан атмосфери. Такі процеси не лише підвищують ризик забруднення повітря, а й сприяють утворенню різноманітних гідрохімічних сполук.

Особливо небезпечним є фільтрат – рідина, що утворюється через вимивання солей і домішок опадами та конденсатом. Він проникає в ґрунтовий шар, забруднюючи породи зони аерації та підземні води. Разом із ним у довкілля потрапляють різні солі, зокрема натрію, калію, кальцію, магнію, а також хлориди, сульфати тощо. Крім цього, у відходах тривалий час зберігаються мікроби та патогенні бактерії, які здатні викликати інфекційні хвороби. Потрапляння фільтрату до підземних вод може спричинити поширення цих мікроорганізмів у системи питного водопостачання, що створює серйозну загрозу для здоров'я населення [3-5].

Нові екологічні загрози пов'язані як із діючими сміттєзвалищами, так і з тими, що вже законсервовані, адже значна їх частина була створена без дотримання необхідних нормативних вимог. У процесі їхнього функціонування формується значна кількість шкідливих речовин, серед яких метан, сірководень та вуглекислий газ. Крім цього, під час розкладання побутових відходів утворюються інфільтрати, що проникають у ґрунт і забруднюють підземні води.

На рисунку 1.1 відображено як впливають сміттєзвалища на об'єкти довкілля.



Рис. 1.1. Влив сміттєзвалищ на об'єкти довкілля

Відомо, що кількість відходів, що утворюються, прямо пропорційна населенню, яке їх виробляє [3,4] у зв'язку з тим, що існує також вітчизняна система переробки твердих побутових відходів, при якій виробництво відходів значно перевищує частку переробки в цінну вторинну сировину. На території

Львівської області накопичено до 50 мільйонів тонн (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Накопичення побутових відходів по регіонах України та поводження із ними

Через неефективну систему управління відходами та невисокий рівень їх перероблення значні площі земель в Україні та зокрема у Львівській області зайняті сміттєзвалищами [5,6]. Значна частина яких розташована саме у Львівській області, і особливо гострою проблемою залишається Грибовицьке звалище, де накопичено понад 1200 млн м³ побутових відходів. Станом на 2023 рік основні технічні роботи з облаштування цього полігону були майже завершені. Наступним етапом у комплексному вирішенні ситуації є проведення біологічної рекультивації відходів [7].

Аналіз морфологічного складу побутових відходів показує, що ~ 30% це потенційна вторсировина (табл. 1.1).

Основними утворювачами побутових відходів у Львівській області є місто Львів та інші великі промислові центри регіону, зокрема Дрогобич і Червоноград. За обсягами генерування сміття територія області чітко поділяється на зони: у південно-західній частині (Самбірському, Дрогобицькому та Стрийському районах) переважає кількість відходів, що припадає на сільське населення. У північних районах ситуація інша – там обсяги відходів, утворених у сільській місцевості та невеликих містах, є більшими, ніж кількість сміття, що продукує міське населення.

Усереднений морфологічний склад побутових відходів на Львівщині

№ з/п	Найменування компонентів ТПВ	Львів, %	Львівська область, %	
			Укрупнений склад	Понад 5 см
1.	Харчові відходи	26	9,6	21,4
2.	Вуличний відсів	15	х	х
3.	Пластмаси, ПЕТ	13	8,78	19,6
4.	Інертні відходи	12	х	х
5.	Папір, картон	10	6,15	13,7
6.	Текстиль	8	2,31	5,2
7.	Деревина	5,5	х	3,3
8.	Скло	4	8,27	18,4
9.	Метал чорний	1,5	1,26	2,8
10.	Шкіра, гума	1,8	х	1,4
11.	Небезпечні відходи	0,2	х	х
12.	Інші відходи	3	8,45	5,5
13.	Відсів	х	55,18	х
14.	Підгузники	х	х	8,7

Для подолання проблеми побутових відходів необхідно створити цілісну систему їхнього управління, дотримуючись ключового принципу «ієрархії» поводження з ними (рис. 1.3). Як свідчить міжнародний досвід, важливо також запровадити механізми розширеної відповідальності виробників за відходи, які утворюються внаслідок їхньої діяльності [3].



Рис. 1.3. Принцип «ієрархії» відходів

На другому рівні ієрархії поводження з відходами передбачено підготовку матеріалів до повторного використання. Цей етап, так само як і запобігання

утворенню сміття, спрямований на зменшення його обсягів. Підготовка до повторного використання включає огляд, очищення та ремонт виробів, унаслідок чого продукти або їхні окремі частини, що вже були віднесені до відходів, можуть знову застосовуватися без подальшої переробки.

Повторне використання стосується речей або їхніх компонентів, які ще не стали сміттям і можуть служити за своїм первинним призначенням. Наприклад, міцний поліетиленовий пакет можна застосовувати повторно для перенесення чи пакування товарів. Деякі вироби можуть бути використані вдруге після ремонту або зміни дизайну – як-от перероблений одяг. У багатьох європейських містах створюються спеціальні майстерні, куди люди можуть приносити непотрібні речі, а працівники цих майстерень перетворюють їх на нові корисні вироби, наприклад сумки чи предмети одягу з уживаних джинсів.

Просування перших трьох щаблів ієрархії управління відходами в Європі активно підтримується в межах ініціативи «Нуль відходів» (Zero Waste), яка дедалі ширше впроваджується у європейських містах. До Zero Waste Europe вже приєдналися десятки національних організацій (31) та сотні місцевих громад (приблизно 400). Гасло цього руху – «Не спалювати, не захоронювати!» (No Burn! No Bury!).

Нині «Нуль відходів» розглядається радше як стратегічний напрямок, ніж як кінцева мета. Міські громади та учасники ініціативи співпрацюють над зменшенням кількості сміття та впровадженням перших рівнів ієрархії поводження з відходами. Крім того, члени асоціації запропонували доповнити традиційну ієрархію ще одним початковим етапом – «переосмисленням» і «перепроєктуванням» (rethink, redesign), який передує запобіганню утворенню відходів [4,8-12].

З 1 м³ деревних відходів можна отримати значну кількість корисної продукції: приблизно 170 кг штучного шовку, 150 кг паперу, 20 кг сухих дріжджів, понад 150 кг штучної вовни або близько 90 л спирту. Тому важливо замінювати натуральні матеріали товарами, виготовленими з таких відходів. Наприклад, кормові дріжджі з деревної тирси за поживністю відповідають

приблизно 3 кг вівса або 80 кг силосу. Підприємство, що виробляє 10 млн тонн таких дріжджів щорічно, може забезпечити кормом 1300 млн птахів або 150 млн свиней. Етиловий спирт, отриманий із 1 м³ деревних залишків, дає можливість зекономити 250 кг зерна чи 700 кг картоплі. З 1,2 м³ деревних відходів виготовляють 1 м³ деревостружкових плит, що може замінити 2–3 м³ деревини або до 5 м³ кругляку.

У низці країн макулатура є важливою сировиною для целюлозно-паперової промисловості: у Японії та Іспанії її використовують близько 50%, у Данії – майже 70%, у Франції – 40%, у США – близько 25%. Газетний та журнальний папір отримують шляхом очищення волокон від фарб. У США, Японії, Німеччині та Швеції низькосортну макулатуру переробляють також на паливо; у Німеччині з неї разом із соломою та деревними відходами виробляють етанол.

Склобій у більшості країн застосовують переважно для виготовлення склотари: у Німеччині до складу зеленого скла входить до 70% переробленого скла, коричневого – близько 45%, безбарвного – до 25%, що дає змогу економити паливо. У США склобій також використовують під час будівництва доріг, тоді як в Україні його додають до склотари у кількості 15–35%.

Перероблені пластмаси застосовують у виробництві технічних деталей, побутових виробів, меблів, будівельних матеріалів, пакування, труб, плитки та багатьох інших товарів [3,4,13,14].

1.2. Законодавча та нормативна основа у сфері поводження з відходами

Система управління відходами – це комплексна стратегія, що поєднує технологічні процеси та організаційні заходи, включаючи збір, переробку, спалювання, захоронення, перетворення відходів в енергію та заходи щодо зменшення їхньої кількості. Усі компоненти системи можуть повторно використовуватися або перетворюватися на нові товари, а органічні відходи компостуються для отримання добрив, придатних для сільськогосподарського застосування.

У країнах Європейського Союзу щороку переробляють близько 61 мільйона тонн побутових відходів у вторинні матеріали, що у чотири рази перевищує річний обсяг утворення таких відходів в Україні. При цьому рівень переробки побутових відходів значно відрізняється між різними країнами Європи (рис. 1.4) [1,3,4].

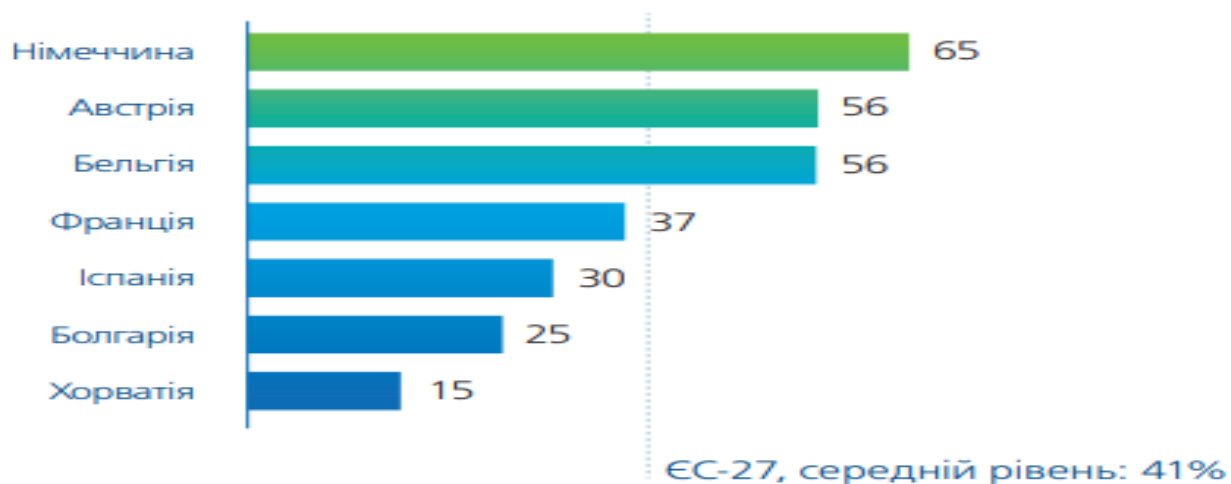


Рис. 1.4. Рівень переробка побутових відходів у різних країнах, %

Основним документом у сфері управління відходами у країнах ЄС є Директива ЄС про відходи 2008/98/ЄС [1,15]. У ній підкреслюється, що захоронення є найбільш небажаним способом при поводженні з відходами, а держави-члени повинні поступово скорочувати кількість біорозкладних матеріалів, які потрапляють на полігони. Для підвищення ефективності системи управління відходами ЄС визначає пріоритетність дій відповідно до «ієрархії відходів», що передбачає: запобігання утворенню відходів, підготовку до повторного використання, переробку, інші форми відновлення (зокрема енергетичне), а вже потім – захоронення [16].

Для зниження кількості відходів, особливо токсичних, необхідними є домовлені між виробниками та споживачами. Нині, найбільшої міри це стосується упаковки з від різноманітних товарів. Європа ефективно долає труднощі щодо питання побутових відходів, оскільки її пріоритети надзвичайно відрізняються від тих, що ще зараз маємо в Україні поводження з відходами у країнах Європи та в Україні, видно із рис. 1.5 [4,8].



Рис. 1.5. Пріоритетність управління відходами у Європі та в Україні

Для забезпечення ефективного управління відходами у нашій державі, необхідно сформувати збалансовану систему, що ґрунтується на довгострокових стратегічних пріоритетах. Ці пріоритети мають поєднувати екологічну результативність із раціональним використанням матеріальних та енергетичних ресурсів. Якщо зменшення обсягів промислових відходів можливе завдяки впровадженню сучасних технологічних рішень, то в побутовому секторі досягти цього значно складніше. Тому, більшість нормативних документів ЄС, що регулюють сферу поводження з відходами, орієнтовані на максимальне залучення відходів до переробки та зменшення обсягів, які спрямовуються на полігони.

Основним державним стратегічним документом, який визначає розвиток сфери поводження з відходами в Україні є Національна стратегія управління відходами до 2030 року [17], метою якої є забезпечення комплексного вирішення проблем, пов'язаних з утворенням, збиранням, переробкою та утилізацією відходів. На основі даного документу було розроблено та затверджено Національний план управління відходами до 2033 року [18,19].

Правові засади управління відходами в Україні регулюються Законом України «Про управління відходами» та низкою підзаконних нормативно-

правових документів. У законі окреслено загальні принципи утилізації та видалення відходів, а також розподілене повноваження між органами державної влади та місцевого самоврядування. Окремі аспекти визначаються спеціальними законами, зокрема «Про житлово-комунальні послуги» та «Про благоустрій населених пунктів». Для реалізації законодавчих вимог прийнято ряд підзаконних актів, серед яких: Порядок ведення реєстру об'єктів утворення, оброблення й утилізації відходів, Правила надання послуг із вивезення побутових відходів, методичні документи щодо організації роздільного збирання побутових відходів тощо. Попри сформовану нормативну базу, чинне регулювання залишається недостатньо ефективним і потребує подальшого вдосконалення. Експерти звертають увагу на необхідність чіткого врегулювання системи роздільного збору, створення дієвих економічних стимулів для переробки сміття та запровадження розширеної відповідальності виробника за поводження з відходами його продукції [3].

Згідно із Законом України «Про управління відходами», побутові відходи – змішані та/або роздільно зібрані відходи від домогосподарств, включаючи відходи паперу, картону, скла, пластику, деревини, текстилю, металу, упаковки, біовідходи, відходи електричного та електронного обладнання, відходи батарей та акумуляторів, небезпечні відходи у складі побутових, великогабаритні та ремонтні відходи, а також змішані та/або роздільно зібрані відходи з інших джерел, якщо ці відходи подібні за своїм складом до відходів домогосподарств [20].

Львівська міська рада від 16.05.2024 затвердила «Програму збирання побутових відходів на території Львівської МТГ [21], метою якої є створення умов, що сприятимуть забезпеченню роздільного збирання побутових відходів для покращення ресурсозбереження та зменшення шкідливого впливу відходів на навколишнє природне середовище і здоров'я людей.

На першому з етапів впровадження муніципальної системи управління побутовими відходами на території Львівської МТГ у 2024 році проведено морфологічні дослідження складу побутових відходів, за підсумками яких у

березні цього року було визначено найбільші фракції відходів на досліджуваній місцевості [22]. Досліджено 6805 кг побутових відходів (відібрано 96 проб): 44 % припадає на біовідходи, 15 % – пластик, 11 % скло. Обсяги зібраної даної вторинної сировини за 2024 рік склали: ~ по 1 тис. тонн скла та пластику та ~ 9 тис. тонн біовідходів.

Тому, політика України у сфері поводження з побутовими відходами як і у Європейському Союзі має бути спрямована на створення максимально екологічно орієнтованої системи керування їх потоками. Де, поряд із традиційними методами утилізації – спалюванням і захороненням – важливу роль мають відігравати заходи з мінімізації утворення залишків, переробка та компостування [8,10]. Нижче подано директиви Європейського Союзу, що регламентують сферу поводження з відходами та підлягають обов’язковій імплементації у національне законодавство України (табл. 3)[19].

Таблиця 3

Директиви ЄС, що регламентують сферу поводження з відходами та підлягають обов’язковій імплементації у законодавство України

Рамкова директива про відходи Директива 2008/98/ЄС Європейського парламенту та Ради від 19 листопада 2008 року про відходи та скасування окремих Директив (<i>Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives</i>)⁵	Директива Ради 1999/31/ЄС від 26 квітня 1999 року про полігони відходів (<i>Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste</i>)⁶	Директива 2006/21/ЄС Європейського парламенту та Ради від 15 березня 2006 р. про управління відходами видобувної промисловості, та якою вносяться зміни до Директиви 2004/35/ЄС (<i>Directive 2006/21/EC of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on the management of waste from extractive industries and amending Directive 2004/35/EC</i>)⁷
1. Поводження з відходами відбувається згідно з ієрархією відходів, тобто найбільш прийнятний спосіб це попередження утворення відходів та переробка і найменш прийнятний – вивезення на звалища. 2. Принцип розширеної відповідальності виробника (РВВ). 3. Планування управління відходами (створення планів управління відходами на всіх рівнях). 4. Перелік відходів (List of waste) це єдиний «класифікатор» в межах ЄС, також він має спеціальні критерії за якими відходи можна віднести до небезпечних.	1. Вимоги до будівництва та експлуатації полігонів (збір полігонного газу, збір і очищення фільтрату, контроль показників). 2. Полігони поділяються на категоріями для розміщення не небезпечних відходів, для небезпечних відходів та для інертних відходів. 3. Фінансова гарантія на закриття полігону та догляд після закриття протягом 30-ти років. 4. Зменшувати захоронення відходів, які біологічно розкладаються. 5. Зменшення кількості полігонів.	1. Класифікація місць розміщення відходів видобувної промисловості (МРВ). 2. Дозволи для функціонування МРВ. 3. Складання плану управління відходами компаніями, що експлуатують МРВ. 4. Вимоги до будівництва МРВ, їх експлуатації, закриття та догляду після закриття (фінансова гарантія). 5. Процедури інвентаризації закритих чи покинутих МРВ. 6. Відповідальність за шкоду довкіллю за порушення вимог управління відходами.

1.3. Європейські підходи у системі поводження з біовідходами

Нині в усьому світі зростає увага до покращення управління органічною фракцією побутових відходів. Біорозкладні матеріали, особливо харчові відходи, зазвичай становлять понад 50 % за вагою від потоку побутових відходів. Таким чином, відведення органічного матеріалу з потоку відходів шляхом розділення у джерелі або централізованому механічному розділенні є необхідною умовою для подальшої обробки більш екологічно чистими методами, такими як компостування.

Компостування – це метод переробки відходів, заснований на біологічному розкладанні органічної речовини в аеробних умовах, що дозволяє отримати цінні стабілізовані компостні продукти. Перенаправлення органічних матеріалів побутових відходів зі звалищ шляхом компостування має багато екологічних переваг, таких як зменшення викидів парникових газів, зменшення кількості фільтрату після викидання на звалища та підвищення калорійності сировини для отримання більшої кількості енергії у разі спалювання [23].

Агентство з охорони навколишнього середовища США (USEPA) підрахувало покращення виробництва парникових газів, пов'язане з відновленням органічної речовини з побутових відходів шляхом компостування. Згідно з результатами, ще у 2013 році в США було компостовано понад 22 мільйони тонн харчових відходів та обрізків з подвір'я, що забезпечило щорічне скорочення викидів більш ніж на 2,74 мільйона тонн еквіваленту вуглекислого газу, а це можна порівняти з видаленням викидів від понад 528 000 легкових автомобілів за 1 рік. З точки зору життєвого циклу, інші переваги, такі як виробництво компосту, який потенційно можна використовувати як органічне добриво або для покращення ґрунту, також можна отримати від вилучення органічного матеріалу зі сміттєзвалищ або спалювання. Додавання компосту до ґрунту забезпечує поживні речовини для росту рослин, покращує структуру ґрунту, збільшує здатність утримувати воду та зменшує залежність від добрив на основі викопного палива [23,24].

Централізоване компостування було запроваджено в багатьох регіонах світу для відведення органічних відходів (наприклад, зелених відходів, кухонних відходів тощо) від звалищ та сміттєспалювальних заводів. Видалення зелених відходів, таких як обрізки садових відходів, відходи від підмітання та садові відходи, з потоку побутових відходів вже давно запроваджено в Північній Америці та деяких європейських країнах, включаючи Велику Британію, Німеччину та Іспанію. Однак, відведення харчових відходів значно відстає від відведення зелених відходів. Незважаючи на це, докладаються значні зусилля для переробки харчових відходів для компостування, особливо в кількох європейських країнах. Директива про звалища (1999/31/ЕС) та Рамкова директива про відходи (2008/98/ЕС) вимагають від держав-членів Європейського Союзу (ЄС) зменшити кількість біорозкладних побутових відходів, що відправляються на звалища, та переробляти органічні фракції, використовуючи більш екологічно безпечні варіанти. За останні два десятиліття держави-члени ЄС вжили низку заходів для досягнення таких цілей. Наприклад, понад 20 країн запровадили суворішу політику оподаткування захоронення відходів, щоб мінімізувати кількість біорозкладних побутових відходів, що потрапляють на звалища. Крім того, роздільний збір органічних відходів запроваджено в половині держав-членів ЄС.

Наприкладі, Мілану (Італія), де показник збору біовідходів 87,5%. На 1 жителя збирають 105 кг харчових відходів, а назбирується по 120 кг. Населення міста 1,4 млн мешканців. Система збору харчових відходів забезпечена на 100%. Біля 80% це мешканці багатоквартирних будинків. Тут ще у 2011 році муніципальна влада ухвалила схему роздільного збору побутових відходів, ставлячи акцент на біовідходи. На початку, збирали лише 28 кг харчових відходів на 1 особу. У 2012-2014 роки почала працювати комплексна та ефективна інформаційна кампанія, під час якої домогосподарствам надавали 10-літрові кухонний контейнер (забезпечені вентиляційною системою) і 25 пакетів для компостування. До цієї схеми збору відходів входили 35-літрові контейнера для одноквартирних житлових будинків (як вторинні контейнера) чи 120-літрові

контейнера для багатоквартирних будинків, які два рази на тиждень обов'язково забирали. У Мілані (Італія) також працює система збору відходів «від дверей до дверей», яка передбачає використання прозорих пакетів, що дозволяє працівникам служби поводження з відходами оперативно перевіряти вміст і, за необхідності, накладати штрафи за порушення правил сортування. Завдяки цьому якість біовідходів, що збираються (оцінюється щоквартально), залишається високою – рівень домішок становить приблизно 5% [51].

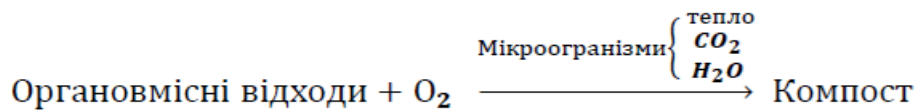
Встановлення стандартів для кінцевих продуктів компостування є ключовим елементом у сприянні сталому переробленню органічних матеріалів. Такі критерії включають національні системи забезпечення якості компосту та загальноєвропейське забезпечення якості компосту (тобто директиву «Стандартизація та забезпечення якості», розроблену Європейською мережею компостування).

Під час процесу компостування можуть виникати різні екологічні проблеми, включаючи утворення газів із неприємним запахом або токсичних газів, біоаерозолів та пилу, що призводить до ризиків для здоров'я на виробництві або незручностей для мешканців поблизу. Це особливо актуально для компостних установок, що працюють на відкритих просторах. Крім того, компост, отриманий з відходів, може підвищувати концентрацію важких металів у ґрунті та харчових продуктах, вирощених на ґрунті, збагаченому компостом з побутових відходів. Компостування, за умов належного управління, є сталим варіантом управління відходами, який має різні переваги, включаючи зменшення викидів парникових газів та покращення якості ґрунту при використанні як ґрунтоутворювача. Однак, за неправильного управління та виконання, компостування може призвести до вищезгаданих екологічних проблем [26,27,28].

Компостування – це аеробний мікробіологічний та біохімічний процес, у ході якого органічні відходи розкладаються та перетворюються на стабільну, знезаражену масу. По суті, це різновид твердого бродіння, що відбувається переважно за участю термофільних аеробних мікроорганізмів. Вони

розщеплюють органічну речовину, використовуючи вуглець і азот як енергетичні субстрати, а також кисень і воду. У результаті утворюються тепло, вода, вуглекислий газ і поживний компост, який покращує родючість ґрунту [1,26].

Даний процес можна зобразити за допомогою рівняння:



Процес компостування умовно поділяють на три основні етапи:

- **Початкова мезофільна стадія.** У цей період мезофільні бактерії й гриби розкладають прості органічні речовини – цукри, амінокислоти та інші легкодоступні сполуки. Унаслідок їхньої активної діяльності температура компостної маси швидко піднімається приблизно до +40 °С, хоча стартує вона з рівня навколишнього середовища. Одночасно середовище підкислюється через утворення мікроорганізмами органічних кислот.

- **Термофільна стадія або стадія інтенсивного розпаду.** Підвищення температури спричиняє загибель мезофільних форм і перехід переваги до термофільних мікроорганізмів. Коли температура досягає близько +60 °С, кількість грибів, що розкладають целюлозу й лігнін, зменшується, і основну роль у деструкції речовини починають відігравати бацилоподібні бактерії. На цьому етапі найшвидше розпадаються легкодоступні субстрати – цукри, жир, білок, крохмаль, після чого починає трансформуватися більш складна органіка. Вивільняються аміак, вуглекислий газ і частково метан. Унаслідок активного метаболізму термофільної мікрофлори вміст органічного вуглецю в масі зменшується. Тривалість цього етапу залежить від характеристик сировини, вологості, ступеня подрібнення, умов аерації та температури довкілля й зазвичай триває від одного до двох тижнів.

- **Стадія охолодження.** Поступове зниження температури відображає спад мікробної активності. Компост знову заселяють мезофільні мікроорганізми, які доопрацьовують залишкові цукри, геміцелюлозу й целюлозу, сприяючи утворенню гумінових та подібних до них сполук. На цьому етапі темпи

розкладання органічної матерії зменшуються, зате посилюються процеси полімеризації та гуміфікації.

Готовим компостом вважають матеріал, у якому вже не видно фрагментів вихідної сировини. Він має бути темним, однорідним і розсипчастим, а насіння бур'янів у ньому втрачає здатність проростати [1,26].

Коротко кажучи, виробництво високоякісного компосту вимагає належного контролю та управління процесом. Компост – це дуже гетерогенний матеріал з високим вмістом вологи, високим співвідношенням органічних речовин до золи та аморфною фізичною структурою. Крім того, він може містити високий відсоток інертних матеріалів, таких як скло або пластик, залежно від системи збору. Ці конкретні характеристики впливатимуть на деякі аспекти процесу. рН, співвідношення вуглецю до азоту (C/N), вміст вологи, швидкість аерації, розмір частинок та пористість повинні бути правильно встановлені з урахуванням характеристик органічної суміші. Помилки в початковій підготовці та регулюванні суміші з типовими наповнювачами або в контролі процесу призведуть до викидів запахів, збільшення впливу процесу на навколишнє середовище та низької якості компосту [30].

Агрохімічні характеристики компосту є не гіршими за властивості звичайних органічних добрив – гною, пташиного посліду чи торфу, а за окремими показниками навіть переважають їх.

Отже, компостування органічних відходів чудово вписується в концепцію циркулярної економіки, оскільки сприяє поверненню поживних елементів у природний кругообіг, зменшує потребу в мінеральних добривах і водночас підтримує сталий розвиток аграрного сектору [11,18]. Крім того, переробка біовідходів у компост дає змогу зменшити витрати на їх транспортування та захоронення, а також створює нові робочі місця [4]. За оцінками дослідників [31], перехід ЄС до циркулярних моделей виробництва може знизити залежність від імпортової сировини й потенційно забезпечити до 2030 року близько 2 млн додаткових робочих місць.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика побутових відходів та аналіз збору біовідходів у м. Львові

Характеристика побутових відходів – це опис основних властивостей, складу та особливостей утворення побутових відходів. Зазвичай вона включає такі елементи:

Походження: відходи утворюються в житлових будинках, установах, торгових закладах, у процесі щоденного життя населення.

Склад: органічні рештки (харчові відходи), папір, пластик, скло, метал, текстиль, гума, змішані матеріали.

1. *Органічні (біорозкладні) відходи*: харчові рештки, овочі, фрукти, рослинні залишки, садово-паркові відходи. Вони є наймасовішою фракцією (30–45 % у загальній масі побутових відходів).

2. *Папір і картон*: пакування, газети, коробки, паперова продукція; Частка становить 10–20 %, залежно від рівня сортування та структури споживання.

3. *Полімерні матеріали*: ПЕТ-пляшки, плівка, поліпропілен, поліетилен, одноразова тара. Складова частина – 10–15 %, але з тенденцією до зростання.

4. *Скло*: пляшки, банки, тарне й листове скло. 5–12 % у морфологічному складі побутових відходів.

5. *Метали*: алюмінієві та сталеві банки, дрібні металеві вироби. 2–5 %.

6. *Текстиль, інші матеріали*: одяг, тканини, взуття, комбіновані матеріали. 3–7 %.

7. *Небезпечні побутові відходи* (у загальному складі побутового сміття): батарейки, люмінесцентні лампи, косметика та хімікати, побутова хімія, електронні відходи. Їх є невелика частка за масою (до 1 %), але високий рівень екологічної небезпеки.

Фізичні властивості: об'єм, маса, щільність, ступінь вологості, наявність небезпечних компонентів.

Хімічні властивості: можливість біорозкладання, токсичність, утворення біогазу при розкладанні органічних компонентів.

Класифікація: поділ на органічні та неорганічні, придатні до переробки та такі, що не підлягають переробці.

Екологічний вплив: потенційне забруднення ґрунтів, води та повітря, утворення полігонного газу, небезпека для здоров'я за неправильного поводження.

Суміщення різних типів відходів у загальному контейнері призводить до їх швидкого забруднення, що робить подальшу переробку складною або неможливою. Значна частина змішаних побутових відходів опиняється на полігонах, де вони утворюють фільтрат, забруднюють ґрунтові води, виділяють метан та інші парникові гази. Роздільний збір дозволяє суттєво зменшити: обсяг відходів, що підлягають захороненню; навантаження на навколишнє природне середовище; рівень токсичних викидів, які виникають унаслідок неконтрольованого розкладання органіки.

Важливо зазначити, що органічні відходи становлять до половини складу побутових відходів у більшості українських громад. Їх окреме збирання та компостування значно зменшує обсяг змішаних відходів і водночас дає можливість отримати вторинний продукт – компост, придатний для сільського господарства та озеленення.

Переробка вторинних матеріалів є значно економічнішою, ніж виробництво нових із первинної сировини. Роздільний збір забезпечує доступ переробних підприємств до якісної сировини, що дає змогу скоротити витрати на енергоресурси, зменшити собівартість продукції та підтримати розвиток циркулярної економіки.

До економічних переваг належать: зменшення витрат на захоронення та транспортування відходів; підвищення ефективності роботи сміттєпереробних

підприємств; створення нових робочих місць у сфері логістики, переробки, сортування; формування ринку вторинної сировини.

У країнах ЄС роздільний збір є базовою умовою функціонування всієї галузі поводження з відходами, адже саме якісне сортування визначає економічну доцільність переробних потужностей.

Роздільний збір сприяє підвищенню рівня екологічної свідомості населення. Поступове формування звички сортувати відходи змінює ставлення громадян до ресурсів та формує відповідальне поводження з продуктами споживання. Для органів місцевого самоврядування запровадження роздільного збору означає: удосконалення муніципальних систем управління побутовими відходами; можливість планувати розвиток інфраструктури на основі фактичних даних про кількість та склад зібраних фракцій; підвищення якості комунальних послуг та довіри громади.

Соціальна складова є не менш важливою, ніж технологічна: ефективна система працює лише тоді, коли мешканці розуміють мету сортування та мають зручні умови для його практичного здійснення.

Саме тому, щоби відокремити біовідходи із змішаних побутових відходів, необхідно першочергово забезпечити належний їх збір. Відомо, що спеціальні контейнери для збору харчових відходів встановлено майже на 99% усіх сміттєвих майданчиків Львова (рис. 2.1) [32].

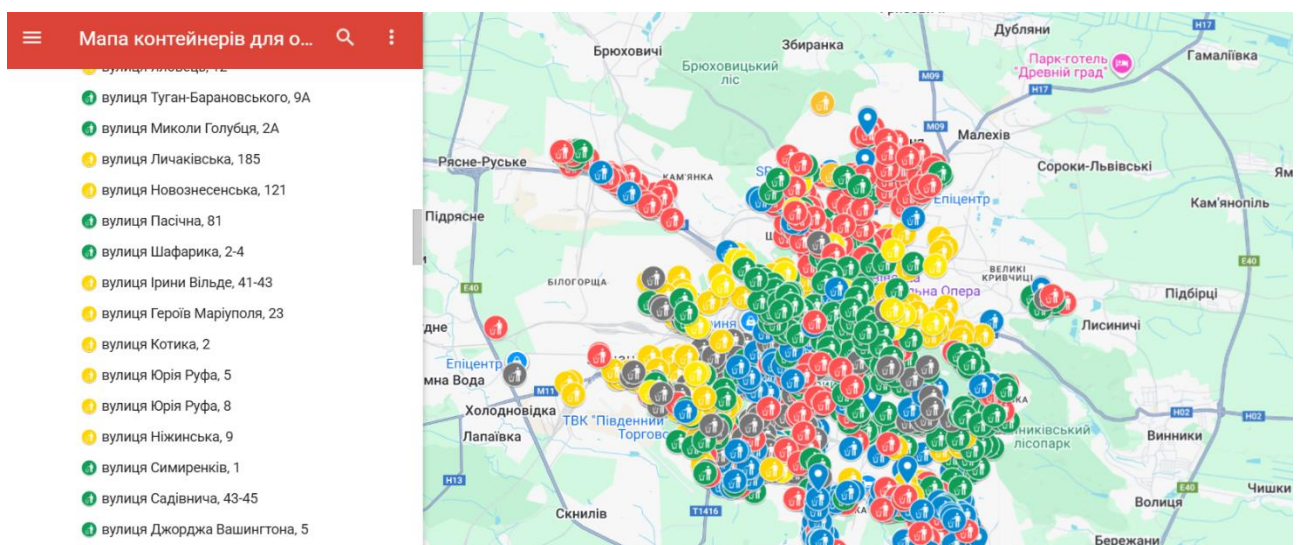


Рис. 2.1. Схема розташування контейнерів у м. Львові для збору харчових відходів

Встановлено, що у 2024 році потенціал роздільного збору на території Львівської МТГ сягнув 72 %. Спостережено ріст вторинної сировини після максимального встановлення контейнерів для роздільного збору відходів: пластику на 28%, скла на 75% та на 11% біовідходів (рис. 2.2) [22].

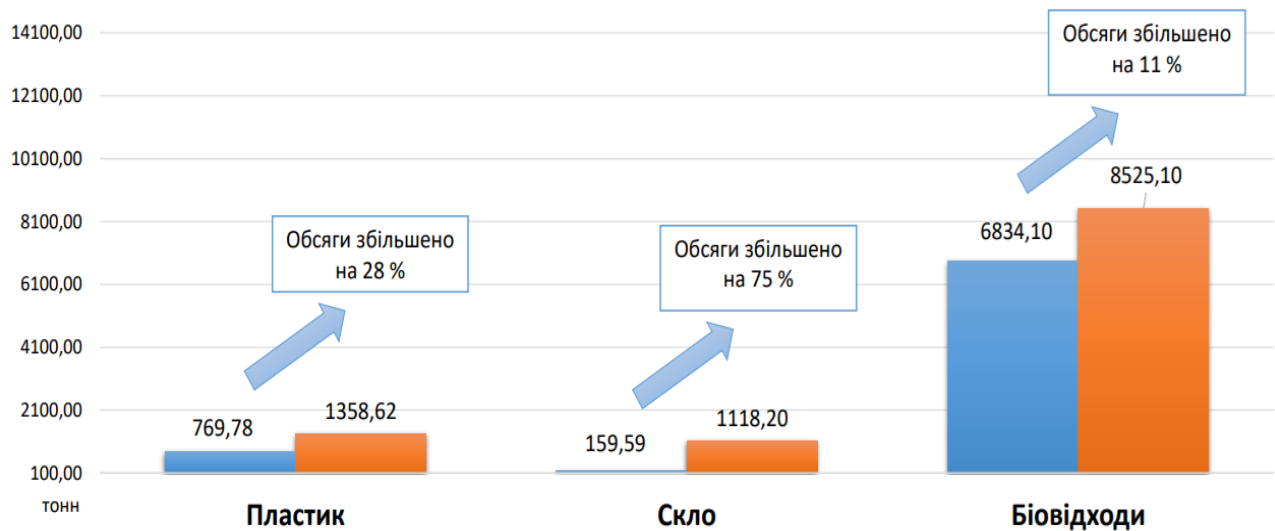


Рис. 2.2. Динаміка збільшення обсягів вторсировини після запровадження роздільного збору відходів

2.2. Методика дослідження морфологічного складу побутових відходів у м. Львові

Дослідження морфологічного складу побутових відходів здійснювались на контейнерному майданчику, що розташований на вул. Туган-Барановського, 13, де знаходиться 10 контейнерів для змішаних відходів (1,1 м³), один контейнер для скла (1,1 м³), сітка для пластикових пляшок та контейнер для збору харчових відходів (рис. 2.3) [29].



**Рис. 2.3. Вигляд контейнерного майданчика на вул. Туган Барановського,
13**

Контейнерний майданчик розташований на території студентського містечка Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, поблизу гуртожитків та навчальних корпусів. Майданчик не має накриття від атмосферних опадів і є відкритим для доступу сторонніх осіб. Обслуговування цього об'єкта здійснює компанія «GreenEra».

На території України ця компанія є одним із провідних операторів у сфері впровадження сучасних технологій поводження з твердими побутовими відходами. В умовах глобальних технологічних змін підприємство активно застосовує інноваційні рішення та підтримує процеси безперервного удосконалення. «GreenEra» забезпечує вивезення та утилізацію твердих побутових відходів для приватного сектору, комерційних структур, бюджетних установ та органів місцевого самоврядування. При цьому компанія дотримується актуальних технічних, санітарних і екологічних норм та здійснює свою діяльність відповідно до чинних стандартів [17].

Вміст одного контейнера із змішаними відходами ми розібрали за окремими фракціями, які поділили на 5 категорій (ресурсоцінні відходи, органічні, санітарні, небезпечні та нересурсоцінні), фіксували їх за вагою та об'ємом [29].

Ресурсоцінні відходи – це такі види вторинної сировини, які можуть бути здані до пунктів прийому у місті Львові та за які передбачена грошова винагорода. Після збору ці матеріали передаються на переробні підприємства, оскільки користуються попитом серед виробників та постачальників. Перелік таких відходів формується на основі інформації від компаній, що здійснюють їх закупівлю, і регулярно актуалізується відповідно до ринкових потреб.

До ресурсоцінних належать види вторинної сировини, що можуть бути здані в пункти прийому у місті Львові та мають комерційну цінність. Після збору вони спрямовуються на переробні підприємства. Перелік таких матеріалів формується відповідно до вимог компаній-заготівельників та регулярно оновлюється.

До цієї категорії належать: **пластикові відходи**: ПЕТ-пляшки, поліетиленові пакети, плівка ПВД і ПНД, жорсткий пластик ПНД, поліпропіленова тара. Варто зазначити, що не всі різновиди ПЕТ-упаковки приймаються до переробки: наприклад, лотки для яєць та інша одноразова формована тара є малоприсадибними для повторного використання. Існують також обмеження щодо пластикових пляшок: найбільш цінними є прозорі та напівпрозорі кольорові пляшки (сині, зелені, коричневі), тоді як непрозорі (білі, яскраво забарвлені, тара від мийних засобів) мають значно нижчу ресурсну цінність. **Металеві відходи**: алюмінієві та бляшані банки, аерозольні балончики. **Скло**: скляна тара та склобій, присадибні для переплавлення. **Комбінована упаковка**: багатошарові пакування типу Tetra Pak. **Папір і картон**: макулатура різних видів та пакувальний картон.

Біовідходи:

До біорозкладних відходів належать матеріали, що можуть бути перероблені на станції компостування органічної фракції ЛКП «Зелене місто». Сюди входять: харчові залишки; садові та зелені відходи, дрібні гілки; паперові рушники та серветки; біорозкладні пакети.

Санітарні (гігієнічні) відходи:

До цієї категорії належать: підгузки, засоби жіночої гігієни, вологі серветки, медичні маски та рукавички, ватні палички та диски.

Такі відходи не підлягають переробці та повинні потрапляти до контейнерів для змішаних побутових відходів. Під час подальшого механіко-біологічного оброблення вони мають бути відокремлені, оскільки можуть містити біологічні виділення та становити потенційну епідеміологічну небезпеку.

Небезпечні відходи:

До небезпечних побутових відходів відносять матеріали, що можуть спричинити токсичний, хімічний або біологічний ризик: люмінесцентні лампи та лампи-«економки», термометри, батарейки та акумулятори, медичні відходи, тара з-під лакофарбових матеріалів, електричне та електронне обладнання.

Такі відходи потребують спеціальних умов збору, транспортування та утилізації.

Нересурсоцінні відходи – це найбільша група побутових відходів, для яких на сьогодні відсутні ефективні технології переробки. До цієї категорії належать окремі види пластикової упаковки, зокрема так званий «шуршик» — двошарові пакування з поліпропілену (від снєків, печива, вафель тощо) та пакети від круп чи макаронних виробів із жорсткого шурхотливого пластику. Сюди ж відносять білі ПЕТ-контейнери та одноразові харчові ємності зі спіненого або неспіненого полістиролу без захисного покриття.

До нересурсоцінної фракції також належить текстиль і секонд-хенд одяг, недопалки та пачки від сигарет. Такі пачки складаються з кількох матеріалів (папір, фольга, пластикові елементи), які практично неможливо розділити для подальшої утилізації, тому вони не сортуються на складові частини.

У цю категорію включають і такі відходи, як скляні тубики з-під паст і кремів, багатошарові пакування типу doypack, поролонові рушники, дрібні пластикові аксесуари, термоскло, жаротривкі форми, ампули, декоративні скляні вироби (наприклад, новорічні кулі), кераміка, одноразові пластикові предмети

(бритви, зубні щітки), лотки та наповнювачі для тварин, пінопласт і дрібні будівельні залишки.

Також до нересурсоцінної групи відносять відходи від прибирання територій – пісок, дрібне сміття та інші елементи, що залишаються після очищення прибудинкових площ.

2.3. Характеристика міської станції компостування ЛКП «Зелене місто»

Перша міська станція компостування у Львові (вул. Пластова, 13) розпочала роботу в тестовому режимі у січні 2020, а з червня 2020 – працює на повну потужність [33].

За чотири роки її роботи (до 2024 року) мешканці здали близько 27 000 тон органіки, а потужність переробки станції становить до 30 000 тон на рік. Ця діяльність спрямована на перетворення харчових залишків, що надходять від жителів і підприємств, а також зібраних комунальними службами гілок та опалого листя, на органічні добрива.

Зібрані органічні відходи на станції розкладають у довгі ряди (бурти), у яких відбувається процес компостування (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Бурти з біовідходами на міській компостувальній станції

Для оптимального результату харчові рештки поєднують із садовими відходами у пропорції 3:2. Кожні 3–4 дні суміш у буртах обробляють спеціальною технікою – аераторами, які забезпечують подрібнення та зволоження органіки, додають корисні мікробіофітобактерії та насичують масу киснем. Це прискорює процес компостування. Під час розкладання відходів виділяється тепло, і температура всередині бортів досягає 50–60 °С. Формування та досягання компосту триває приблизно 2–3 місяці, після чого матеріал просіюють, і отримане добриво стає повністю придатним до використання (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Просіяний компост на станції компостування у м. Львові

Обладнання для просіювання компосту застосовується на завершальному етапі його виробництва. Воно відокремлює великі шматки та різноманітні сторонні домішки. Частини органіки, які ще не пройшли повний цикл розкладання, знову повертають у бурти, тоді як неорганічні залишки скеровують на полігон.

Дробарка для деревини є невід’ємним елементом технологічної лінії, адже подрібнює гілки й стовбури дерев до стану тирси, яку також додають у компостну масу. На станцію надходить значна кількість зелених відходів, що їх збирають комунальні служби з різних районів міста. Особливо великий обсяг деревини утворюється в літній період після сильних буревіїв.

Компост є популярною альтернативною штучним добривам, зокрема для органічного землеробства [1,11]. Щодо можливого забруднення компосту залишками пластику, скла, текстилю, то як правило, зосереджуються на частинках і фрагментах > 1 мм, які мають відношення до чинного законодавства, наприклад нормативних обмежень для якісних компостів у Німеччині, який наведено в DüMV, який встановлює верхню межу 0,1% сухої маси пластику в кінцевому компості, але враховує лише частинки розміром > 1 мм. Регламент Європейського Союзу є менш суворим і допускає до 0,3 % сухої речовини для певного типу забруднювача, включаючи пластик, і розглядає частинки > 2 мм, тоді як загальна сума цих домішок не може перевищувати 0,5 % сухої речовини.

2.4. Методика дослідження морфологічного складу компосту

Для дослідження морфологічний склад компосту (органічної суміші технічної якості) компостувальної станції ЛКП «Зелене місто» відбирали проби компосту (5 проб по ~ 1 кг) та усереднювали їх до 1 кг. Далі усереднену пробу просіювали через сито 10 мм та сушили у сушильній шафі при температурі $\sim 60^{\circ}\text{C}$ до отримання сталої ваги. Дослідження проводились над зразками досліджуваної органічної суміші у фракції – 1-10 мм, тому наступним кроком – пробу було просіяно через сито 1 мм.

У досліджуваній пробі, найбільші фракції металевих, скляних та полімерних частинок, а також залишків текстилю, сортували візуально за допомогою металевого пінцета, лампи, лупи та магніту. Виявлені частинки поміщали в чашки Петрі, заливали їх 30% розчином H_2O_2 та витримували у сушильній шафі при температурі від 40 до 60 $^{\circ}\text{C}$ для розчеплення органічної речовини, до тих пір поки не було ознак залишкової реакції (не було видно шипіння чи бульбашок). Потім їх промивали дистильованою водою та висушували. Аналогічно, розщеплювали органічну речовину найменшої фракції. Після цього зразок промивали дистильованою водою, просіюючи його ще раз на контрольному ситі з отворами 63 мкм, висушували та розбирали його вміст на

фракції, додаючи до чашок Петрі. Вміст компонентів у чашках важили та фотографували (рис. 2.6 (а,б,в,г)) [29].

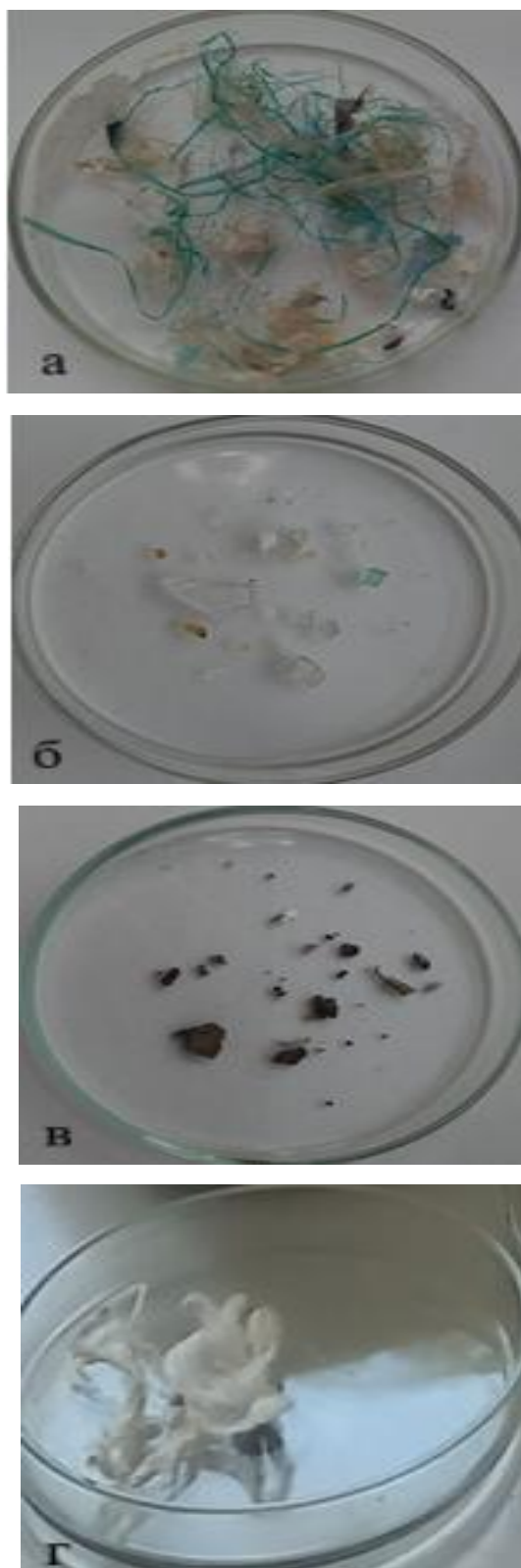


Рис. 2.6. Візуальне сортування частинок полімерів (а), скла (б), металів (в) та текстилю (г) із 1 кг компосту у фракції 1-10 мм

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1. Аналіз сфери управління побутовими відходами у концепції сталого розвитку

Суспільство нині, на світовому та локальному рівнях стикається з небувалими екологічними, соціальними та фінансовими викликами. Швидка урбанізація та індустріалізація, що відбулася протягом 20-21 століття, спричинила зростання споживання товарів та послуг, що призвело до помітного збільшення обсягу побутових відходів. Вирішення цієї проблеми вимагає: безпечної, сталої та узгодженої програми поводження з відходами; оцінки їхнього життєвого циклу, починаючи від виготовлення і аж до їхньої переробки та знешкодження [1].

Міжнародна спільнота визнала потребу у зміні спрямування розвитку держав та територій, про що говориться у фундаментальному документі «Трансформація нашого світу: Порядок дій для Сталого Зростання до 2030 року».

Цей Порядок охоплює 17 Завдань сталого розвитку та загалом 169 пунктів, які концентруються на п'яти головних аспектах: люди, земля, добробут, спокій та співпраця. Завдання даного розвитку є чинними для усіх держав-учасниць ООН, однак вимагають формування та реалізації на державному рівні, при цьому кожна держава встановлює власні національні завдання. Попри зауваження до завдань через відсутність у них чітких вказівок щодо заходів, Порядок дій до 2030 року слугує загальновизнаною базою для поступу сталого розвитку.

Стратегія сталого розвитку охоплює концепцію «потрійного критерію»: економічного зростання, охорони довкілля та суспільного розвитку. Проте окрім згаданих трьох є ще три, не менш суттєві чинники: правовий, політичний та духовний.

Правовий – гарантує створення та виконання певних встановлених загальнообов'язкових законодавчих актів та нормативно-правове забезпечення сталого розвитку.

Духовна складова ґрунтується на усвідомленні й відповідальності особистості перед прийдешніми поколіннями щодо збереження природних ресурсів. Тобто, завдяки забезпеченню нормативно-правового урегулювання процесу сталого розвитку, політичних програм і стратегій, відповідно до чинного законодавства і збалансуванню усіх шести компонентів відбудеться успішна реалізація сталого розвитку. Як наслідок порушення рівноваги між цими компонентами, постає потенційна небезпека шкоди, яка може бути завдана у майбутньому людству і довкіллю [17].

Якщо говорити про проблему відходів в Україні, то вона і далі загострюється. Кількість відходів уже більше 360 мільярдів тонн, ~ 4% з них припадає на побутові відходи, де неконтрольоване поводження з ними спричиняє проблеми для населення та довкілля. Через невисоку дієвість збирання побутового сміття в Україні налічується понад 5000 ліцензованих сміттєзвалищ і більше ніж у 5 разів більше безконтрольних звалищ, які чинять відчутний вплив на елементи довкілля, особливо на біоту та викликають погане самопочуття громадян (рис. 3.1) [5]. Адже, на сміттєзвалищах утворюються такі токсичні компоненти як вуглекислий газ, сірководень та метан. Також, утворений на звалищах інфільтрат забруднює ґрунт і ґрунтові води.

Відомо, що обсяги утворення відходів безпосередньо залежать від чисельності населення, яке їх генерує [4]. Водночас в Україні функціонує система переробки твердих побутових відходів, у якій обсяги утворення сміття значно перевищують можливості його переробки у цінну вторинну сировину. Наприклад, на території Львівської області вже накопичено близько 50 мільйонів тонн відходів.



Рис. 3.1. Поточна ситуація з відходами в Україні

Також, варто наголосити, що не менш важливим є і економічний аспект управління відходами. Концепція кругової економіки щодо поводження з відходами базується на 3 принципах: зменшення їх споживання, повторне використання та переробка, що передбачає повернення відходів у виробничий цикл замість їх потрапляння в довкілля. ЄС закликає трансформувати систему поводження з відходами у стале управління матеріальними ресурсами, що сприяє енергоефективності, розвитку відновлюваної енергетики та зниженню залежності від імпортованих ресурсів, водночас підвищуючи конкурентоспроможність. У круговій економіці відходи одного процесу стають ресурсом для іншого, і країни з ефективними системами управління муніципальними відходами демонструють кращі результати загалом [9,10].

Національний план управління відходами у нашій державі є важливою частиною «дорожньої карти» реформи управління відходами. Якщо його цільові

показники будуть досягнуті, то ефективний роздільний збір побутових відходів забезпечить перехід від лінійної до циркуляційної економіки [22,29].

На рис. 3.2. представлено модель створення циркуляційної економіки на території Львівської МТГ до 2030 року, із якої видно, що ефективне поводження із побутовими відходами забезпечить значний еколого-економічний ефект.

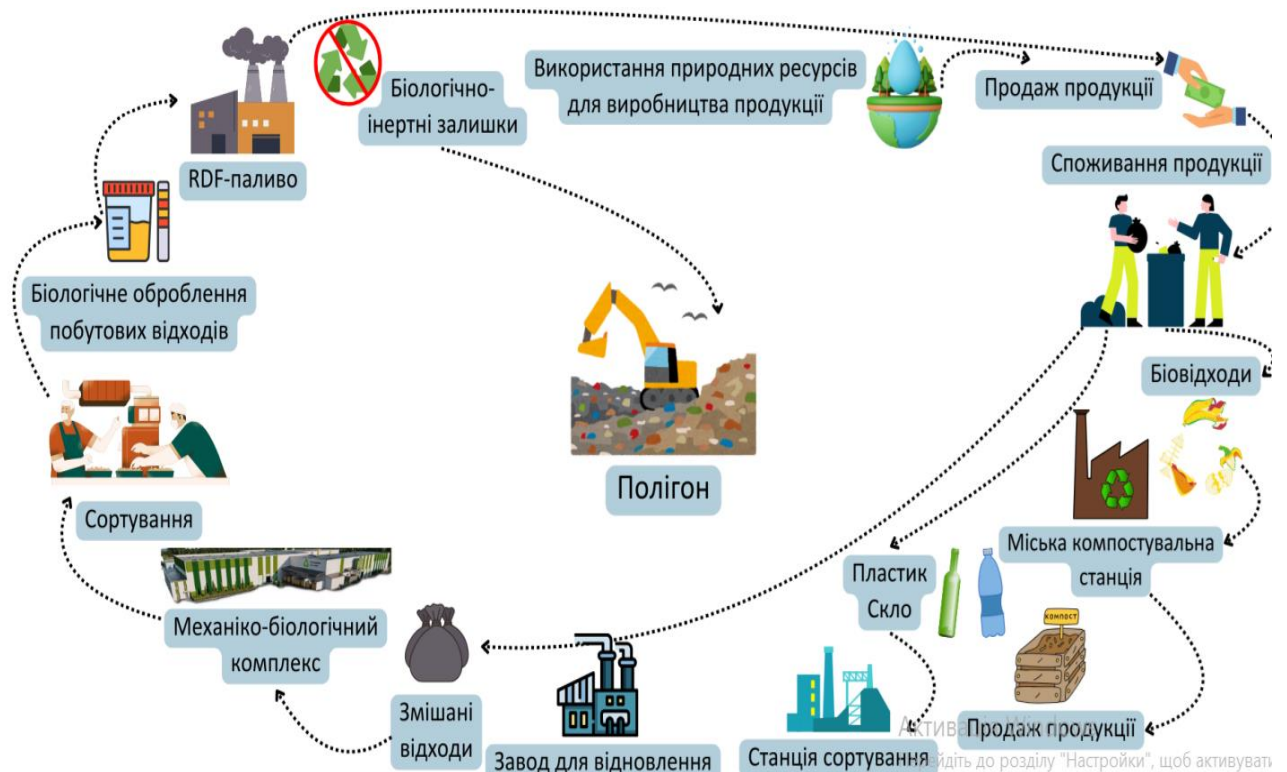


Рис. 3.2. Створення кругової економіки на території Львівської МТГ до 2030 року [22]

Звідси видно, процес компостування ідеально вписується в бажаний контекст циркулярної економіки, забезпечуючи:

- ✓ переробку біовідходів у добриво, що знижує попит на хімічні добрива;
- ✓ допомагає знижувати витрати на вивезення побутових відходів на сміттєзвалища;
- ✓ сприяє створенню нових робочих місць.

Аналізуючи морфологічний склад побутових відходів Львівщини, бачимо, що > 50 % – це органіка та > 20 % – цінна вторсировина (рис. 3.3) [34].

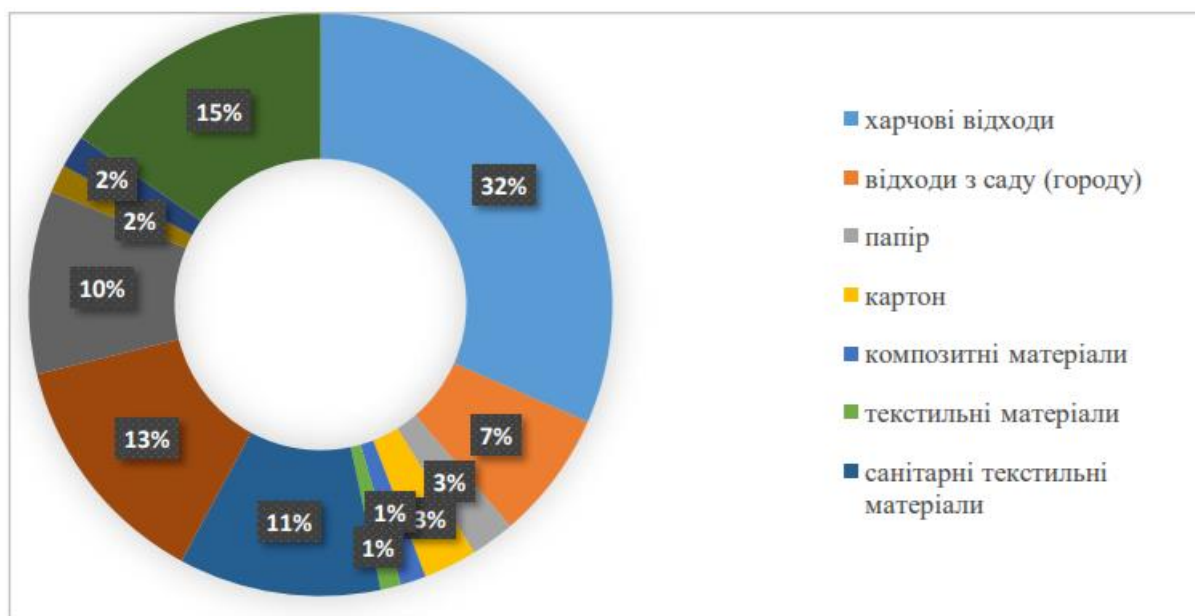


Рис. 3.3. Усереднений морфологічний склад побутових відходів у м. Львові

20.02.2019 року КМУ затверджено Національну стратегію управління відходами в Україні до 20230 року [17], метою якої є подолання загрозливої ситуації, спричиненої утворенням, накопиченням, зберіганням, обробленням, використанням і захороненням різних типів відходів, що призводить до посилення екологічних проблем.

Правові засади управління відходами в Україні регулюються Законом України «Про управління відходами» та низкою підзаконних нормативно-правових документів. У законі окреслено загальні принципи утилізації та видалення відходів, а також розподілене повноваження між органами державної влади та місцевого самоврядування. Окремі аспекти визначаються спеціальними законами, зокрема «Про житлово-комунальні послуги» та «Про благоустрій населених пунктів». Для реалізації законодавчих вимог прийнято ряд підзаконних актів, серед яких: Порядок ведення реєстру об'єктів утворення, оброблення й утилізації відходів, Правила надання послуг із вивезення побутових відходів, методичні документи щодо організації роздільного збирання

побутових відходів тощо. Попри сформовану нормативну базу, чинне регулювання залишається недостатньо ефективним і потребує подальшого вдосконалення. Експерти звертають увагу на необхідність чіткого врегулювання системи роздільного збору, створення дієвих економічних стимулів для переробки сміття та запровадження розширеної відповідальності виробника за поводження з відходами його продукції [3,29].

Побутові відходи – це широкий спектр матеріалів і речовин, що утворюються в результаті життєдіяльності населення в житловому секторі, закладах освіти, охорони здоров'я, громадських установах, торговельних і офісних центрах [20,29].

Львівська міська рада від 16.05.2024 затвердила «Програму збирання побутових відходів на території Львівської МТГ [21], метою якої є створення умов, що сприятимуть забезпеченню роздільного збирання побутових відходів для покращення ресурсозбереження та зменшення шкідливого впливу відходів на навколишнє природне середовище і здоров'я людей.

На першому з етапів впровадження муніципальної системи управління побутовими відходами на території Львівської МТГ у 2024 році проведено морфологічні дослідження складу побутових відходів, за підсумками яких у березні цього року було визначено найбільші фракції відходів на досліджуваній місцевості [22].

Досліджено 6805 кг побутових відходів (відібрано 96 проб): 44 % припадає на біовідходи, 15 % – пластик, 11 % скло. Обсяги зібраної даної вторинної сировини за 2024 рік склали: ~ по 1 тис. тонн скла та пластику та ~ 9 тис. тонн біовідходів [22,29].

3.2. Оцінка екологічних та соціальних аспектів компостування біовідходів у м. Львові

Щоби належно відокремити органічні відходи із змішаних, необхідно забезпечити належний їх збір. Відомо, що спеціальні контейнери для збору

органічних відходів встановлено майже на 99% усіх сміттєвих майданчиках Львова [32]. Контейнер для збору органіки у м. Львові зображено на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Фото контейнера для збору органіки (м. Львів)

Ефективну переробку органічних відходів можна забезпечити компостуванням.

Компостування – це процес біодеградації органічних речовин у аеробних умовах для отримання якісного органічного добрива [23-25].

Якщо не допустити потрапляння органічних матеріалів на сміттєзвалища, то є багато переваг для довкілля, включаючи зниження викидів парникових газів та унеможливлення витоку фільтрату з їх тіла. Ресурсозбереження та компостування вважаються перспективними варіантами поводження з відходами із меншим негативним впливом на природу. Додатково, ми маємо суттєвий потенціал для дальшої переробки побутових відходів.

Існує три ключових підходи до оброблення органічних відходів: захоронення й тривале зберігання, термічне знищення (спалювання) та утилізація з подальшим використанням. Порівняльні дослідження [35] свідчать,

що найбільш раціональним методом поводження з органічними відходами є їх утилізація.

Кожна система керування відходами включає діяльність, що характеризується споживанням певних ресурсів і енергії та спричинює негативний вплив на довкілля. Збереження природного середовища досягається завдяки застосуванню вторинних матеріалів та енергії як заміни іншим вихідним складникам, оскільки це сприяє уникненню екологічних проблем. Оцінки життєвого циклу (рис. 3.5), проведені на основі сучасної практики керування відходами, часто виявляють, що фінансова користь переважає негативний вплив, демонструючи, що рециклінг ресурсів та енергії з відходів є екологічно корисним.



Рис. 3.5. Цикл компосту

Усвідомлення теперішніх потоків та викидів у довкілля у системах поводження з відходами мусить бути засадою для будь-якого підприємства чи міського комунального закладу, що опікується відходами у краї. Керівник, відповідальний за поводження із побутовими рештками, а також державні

урядові органи повинні наглядати та скеровувати засади поводження з відходами.

Модель життєвого циклу відходів дає змогу оцінити, як нові методи та процеси можуть покращити чинне стає поводження із побутовими рештками та їхню екологічну дієвість. Вона дозволяє ухвалювати рішення щодо оцінки природоохоронних переваг можливих змін, як-от сортування відходів, зростання чи зниження складників, які можна переробити, або біопереробка харчових та садових залишків [36].

Згідно досліджень [34], що представлені на рис. 3.2, морфологічний склад побутових відходів Львова включає органічну фракцію: харчові відходи ~ 31%, садово-паркові (зелена органіка) ~ 7%.

Одним із найперспективніших і результативних напрямів утилізації органічних відходів є застосування біотехнологічних процесів, що дають змогу отримувати корисні продукти, зокрема компост і біогаз. У цьому контексті концепція біологічної циркулярної економіки розглядає органічну фракцію відходів як цінний ресурс для виробництва палива, поживних та хімічних сполук, необхідних для функціонування суспільства [26]. Такий підхід до поводження з відходами є логічним та забезпечує більш раціональне й ефективне використання природних ресурсів.

Сучасні біотехнологічні підходи до утилізації органічних відходів дедалі частіше застосовуються у світовій практиці завдяки їхній енергоефективності, порівняно низьким експлуатаційним витратам та високій інвестиційній привабливості.

Серед різноманітних біотехнологічних способів перероблення органічних відходів найбільший науковий та практичний інтерес викликають аеробне компостування й анаеробне зброджування, які вирізняються значним екологічним та економічним потенціалом.

Оцінювання загального впливу різних технологій поводження з відходами на довкілля є складним завданням, оскільки передбачає врахування численних непрямих ефектів. Тому, обґрунтування оптимального методу переробки

потребує використання комплексного підходу, зокрема методології оцінки життєвого циклу відходів. Узагальнена схема цього підходу наведена на рис. 3.6 [26,37].

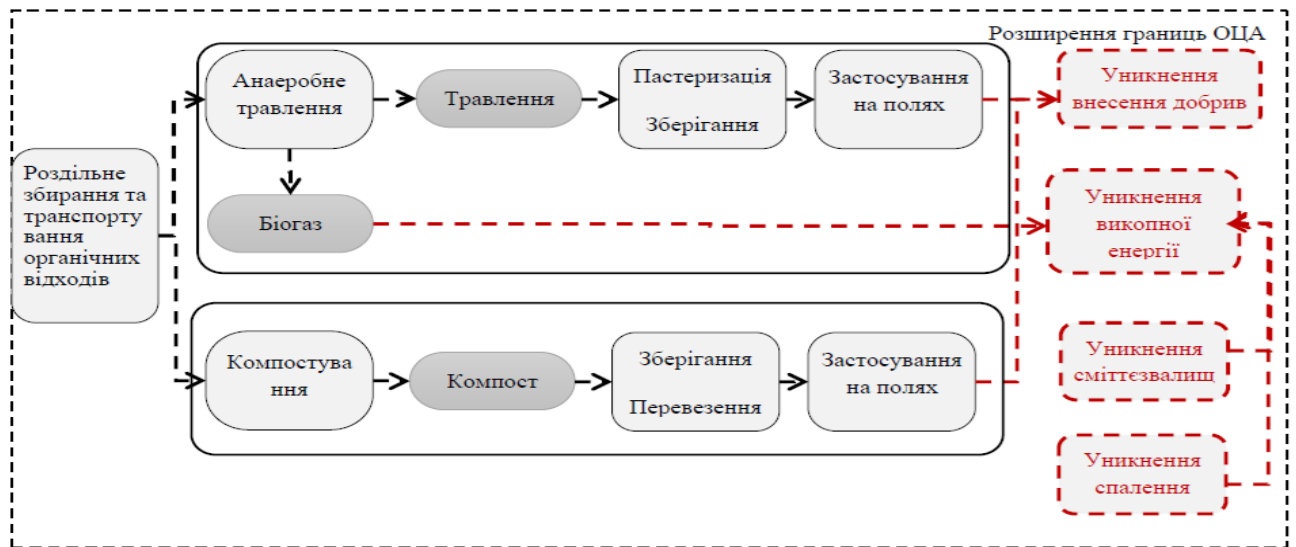


Рис. 3.6. Схематичне зображення щодо належного поводження з органічними відходами

Під час *аеробного компостування* утворюється екологічно безпечний, нетоксичний гумусоподібний матеріал, який ефективно застосовується для поліпшення стану ґрунтових екосистем і підвищення їхньої родючості.

У процесі *анаеробного зброджування* формується біогаз, основними компонентами якого є метан і вуглекислий газ; отриманий газ може слугувати паливом для транспорту чи джерелом енергії.

Попри те, що обидві технології давно відомі, вони й надалі залишаються ключовими інструментами реалізації принципів циркулярної економіки, оскільки дають змогу мінімізувати обсяги захоронення та спалювання відходів і забезпечують повернення біогенних елементів у природні цикли.

У європейських країнах щорічно утворюється близько 60 млн тон органічних відходів, які можуть бути залучені до переробки за допомогою біотехнологічних процесів [38]. Реалізація такого потенціалу дала б змогу зберегти приблизно 1 млн тонн азоту та понад 20 млн тонн органічного вуглецю [39]. Наразі ж значна частина цих цінних компонентів втрачається через практику захоронення органічної фракції відходів.

Перша міська станція компостування у Львові (вул. Пластова, 13) з червня 2020 працює на повну потужність [40]. За чотири роки її діяльності (до 2024 року) мешканці здали близько 27 000 тонн органіки, а потужність переробки станції становить до 30 000 тонн на рік.

Щоби досягти показників, окреслених у нормативних документах стосовно ефективного поводження з відходами, потрібна дієва спільна праця усіх зацікавлених сторін: центральних та місцевих органів влади, бізнесу, громадян, міжнародних партнерів та волонтерів. Досвід держав, котрі досягли вагомих успіхів у сфері поводження з відходами, засвідчує, що піднесення рівня обізнаності населення – неминуча передумова для формування сталих систем поводження з відходами [4,41].

Проведені мною дослідження контейнерного майданчика, що на вул. Туган Барановського, 13, нажалі показують неналежне відношення мешканців до сортування відходів. Не зважаючи на те, що на даному контейнерному майданчику знаходиться десять контейнерів для змішаних відходів, один контейнер для скла, сітка для пластикових пляшок та контейнер для збору харчових відходів, проте, у контейнери для змішаних відходів потрапляють і харчові відходи і скло і пластик [29]. Проведені подібні дослідження за іншими адресами у м. Львові показують аналогічну ситуацію [42].

Розібравши 1 контейнер для змішаних відходів (рис. 3.7) по окремих компонентах, бачимо, що тут міститься: ~ 24,0 кг скла, 6,0 кг пластику, трохи більше 1,0 кг металу та ~ 13,0 кг органіки. А із 10 контейнерів це може бути 540 кг вторсировини. Аналізуючи отриманні дані видно, що із загальної кількості побутових відходів у дослідженому контейнері є 18,8 % ресурсоцінних відходів, 5,9 % біовідходів та 74,9 % не ресурсоцінних відходів. Серед відходів, які могли б бути використанні повторно: скла – 23,72 кг, пластику – 5,99 кг, металу – 1,075 кг та біовідходів – 12,87 кг [29].



Рис. 3.7. Фото контейнера для змішаних відходів, обраного для дослідження та поділ його вмісту на окремі категорії

Варто підкреслити, що певна частина ресурсно цінних відходів опинилася у контейнері для змішаного сміття, навіть попри наявність поруч спеціальних баків для їх роздільного збору. Це свідчить про недостатній рівень екологічної свідомості або ж байдужість окремих мешканців.

Після вилучення зі змішаного контейнера ресурсноцінних фракцій, його загальний об'єм скоротився приблизно удвічі (рис. 3.8). Це демонструє також потенційну можливість значної економії коштів, що витрачаються на вивезення побутових відходів, за умови належного їх роздільного сортування [29].

Одним з етапів впровадження муніципальної системи управління побутовими відходами на території Львівської МТГ у 2024 році є екологічна просвіта та виховання. Роздільний збір побутових відходів забезпечено у 21 навчальному закладі Львівської МТГ. Учні та вчителі сортують відходи за 5-ма найбільшими фракціями – біовідходи, пластик, скло, папір та змішані відходи [22].



Рис. 3.8. Фото обстежуваного контейнера для змішаних відходів після вилучення цінних фракцій

Певні держави ще 15-20 років тому проводили освітні заходи на державному рівні та зуміли сформувати світогляд нації стосовно екології. Серед ініціатив: запровадження розділення відходів за участю дітей у дошкільних закладах та школах, екологічні бесіди, включення теми поводження з відходами у буденному житті громадян. Однією із найбільш свідомих держав Європи є Швеція. Екологічне бачення там закладається із дитячого садка, де малюків змалку привчають як розділяти відходи. У Швеції лише 1 % ТПВ потрапляє на полігони, решта йде на відновлення. Неперероблене сміття та органічні залишки вивозять на спеціальні заводи, де з них генерують електрику, теплопостачання та біогаз. За неналежне сортування побутових відходів власників штрафують, де розмір штрафу залежить від кількості несортованих відходів. У цьому полягає стимул зменшувати обсяг побутових відходів або якомога більше передавати його на повторний вжиток [4,8].

На сьогоднішній день, в умовах виснаження природних ресурсів і значного забруднення довкілля, ключовим завданням стає поєднання економічного розвитку з екологічною стійкістю. Цього можна досягти шляхом переходу країн до принципів циркулярної економіки. Лінійна модель господарювання передбачає видобуток ресурсів, їх перетворення на продукцію та подальше

утворення відходів після використання, які більше не можуть бути застосовані. Такий підхід спричиняє численні проблеми: нераціональне використання ресурсів, залежність економіки від первинної сировини, накопичення значної кількості відходів, а також екологічні й соціальні ризики. Натомість циркулярна економіка (економіка замкненого циклу) орієнтується на відновленні ресурсів, рециклінгу відходів і використанні відновлюваних джерел енергії [9,10, 29].

Національний план управління відходами у нашій державі є важливою частиною «дорожньої карти» реформи управління відходами. Якщо його цільові показники будуть досягнуті, то ефективний роздільний збір побутових відходів забезпечить перехід від лінійної до циркуляційної економіки [29].

Процес компостування ідеально інтегрується в бажаний контекст циркулярної економіки, сприяючи переробці поживних речовин та зменшуючи попит на хімічні добрива, одночасно підтримуючи сталий розвиток сільського господарства [11,28]. Також, компостування біовідходів забезпечує зниження витрат на їх вивезення на сміттєзвалища [4] та сприяє створенню нових робочих місць. На думку дослідників [31], впровадження принципів циркулярної економіки в ЄС дозволить скоротити залежність від імпортової сировини та потенційно забезпечить створення близько 2 млн додаткових робочих місць до 2030 року [29].

Зниження частки потрапляння біовідходів на полігони побутових відходів має багато переваг для навколишнього середовища, включаючи зменшення викидів парникових газів та запобігання витоку фільтрату зі сміттєзвалищ [26,27]. Використання компосту як ґрунтової добавки покращує структуру ґрунту, зокрема фізичні, хімічні та біологічні властивості, підвищуючи його родючість [29,43].

3.3. Дослідження морфологічного складу компосту («суміші органічного походження технічної якості»)

Частка біовідходів у м. Львові становить більше 40 % морфологічного складу побутових відходів. На прикладі 2021 року, коли на компостувальну станцію міста їх поступило 6 011 тонн, серед яких 3856 т. садових відходів та 2156 т. харчових відходів. Економія коштів від зменшення об'ємів перевезення відходів на сміттєзвалища склала 6,16 млн. грн. Отримано дохід від продажу отриманого компосту – 15 тис. грн. та від надання послуг з перероблення відходів – 770 тис. грн. При цьому, досягнуто зменшення захоронення міських відходів на сміттєзвалищах до 3 % [4,29].

Окрім численних екологічних та економічних переваг, широке впровадження процесу компостування як основного рішення для управління біовідходами стикається з деякими технічними труднощами та соціально-економічними бар'єрами [28]. Більшість проблем пов'язані з наявністю забруднювачів, таких як скло, метали, текстиль та пластик як у сировині так у кінцевому компості. Цілком зрозуміло, що склад біовідходів, які формують компост, суттєво впливає на його властивості, так само як і тип ґрунтів, у який вносять компост та його кількість.

Ряд досліджень щодо проблеми забруднення ґрунтів, особливо пластиком, через внесення компостів проводиться у різних країнах світу. Дослідження проведені у Швейцарії підкреслюють повсюдну присутність пластикових частинок у компостах з полів, а також різноманітність їх хімічної природи та концентрацій. Були помічені відмінності між компостами, спричинені походженням відходів. Компост з найвищою концентрацією пластиків містив 1315 ± 375 частинок/кг. На його виготовлення надходили біовідходи загорнуті в пластикові плівки або мали етикетки. У компості, що не містив органічних побутових відходів, спостережено у 7 разів нижчий вміст пластикових частинок [44].

У Німеччині виявлено пластик у восьми компостах із різних компостних заводів та господарських магазинів. Досліджено, що всі компости містили пластикові частинки від 0,05 г/кг до 1,36 г/кг, а це можливе навантаження пластиком сільськогосподарських угідь від 0,34 кг до 47,53 кг/га в рік та садівничих ґрунтів від 0,31 кг/га до 26,4 кг/га в році (загальноприйняті рекомендації для внесення компосту на сільськогосподарські поля коливаються від 7 т до 35 т компосту на 1 га, у садівничі ґрунти – від 6,48 до 19,44 т/га) [45]. У Фінляндії досліджено вміст полімерів у компості у кількості 6,5 г/кг [29,46].

Нами досліджено морфологічний склад зразків компосту (органічної суміші технічної якості) компостувальної станції ЛКП «Зелене місто» (табл. 2).

Таблиця 3.1

**Морфологічний склад компосту (органічної суміші технічної якості)
компостувальної станції ЛКП «Зелене місто» [29]**

№ п/п	Назва показника	Результат	Одиниці вимірювання
1	Вміст полімерів*	340	мг/кг
2	Вміст скла*	1788	мг/кг
3	Вміст металів*	572	мг/кг
4	Вміст текстилю*	93	мг/кг

*Дослідження проводились над зразками досліджуваної органічної суміші у фракції – 1-10 мм.

Дані дослідження проводились з метою визначення у компості вмісту полімерів, скла, металів та текстилю, оскільки для виготовлення даної органічної суміші було використано харчові побутові відходи, які нажаль неефективно сортуються мешканцями м. Львова та часто викидаються до контейнера із їх збором у поліетиленових пакетах. Також, було використано садово-паркові відходи (гілля, щепу, листя та траву).

Дані дослідження здійснювались на основі підписання договору із ЛКП «Зелене місто», предметом якого було «Дослідження суміші органічного походження технічної якості», за результатами яких вперше розроблено технічні умови ТУ У 38.1-13838331-004:2024. Згідно яких, суміш органічного походження за якістю поділяється на I та II сорти, де максимальний вміст досліджуваних компонентів може бути у діапазонах: полімери у суміші I сорту – 400 мг/кг, II сорту – 600 мг/кг; скло – 1800-2500 мг/кг; метали – 600-900 мг/кг; текстиль – 100-150 мг/кг відповідно [29,47].

За результатами представленими у табл. 2, досліджуваний компост (суміш органічного походження технічної якості), із вмістом у своєму складі 340 мг/кг полімерів, 1788 мг/кг скла, 572 мг/кг металів та 93 мг/кг текстилю, згідно розроблених технічних умов ТУ У 38.1-13838331-004:2024, може використовуватись для процесів рекультивації полігонів побутових відходів та земель, які зазнали значних змін у структурі рельєфу, також для будівельних та інших робіт [29].

Для виготовлення якісного та екологічно-безпечного компосту, який може бути застосованим для удобрення сільськогосподарських угідь, необхідно запобігати потрапляння до контейнерів із збором харчових відходів різноманітних фракцій побутових відходів, а особливо поліетиленових пакетів. Відомо, що особливо ефективними для покращення якості ґрунтів є компости із переважним вмістом харчових відходів (біля 50 %) [29,48].

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це комплекс правових, соціально-економічних, організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я працівників і забезпечення їхньої працездатності в процесі трудової діяльності («Закон України «Про охорону праці» від 1992-11-2) [53].

Управління охороною праці передбачає підготовку, ухвалення та впровадження рішень, спрямованих на організацію й виконання технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних та інших заходів, що забезпечують безпеку працівників, збереження їхнього здоров'я та працездатності під час виконання трудових обов'язків. У цьому контексті ключовою функцією є виявлення, оцінювання та запобігання небезпечним і шкідливим факторам виробничого середовища, а також забезпечення дотримання вимог безпеки у разі виникнення надзвичайних ситуацій чи проведення польових робіт і під час організації умов праці в освітніх закладах.

Згідно з метою дипломного дослідження, аналіз проблеми накопичення побутових відходів у Львівській області проводився на об'єкті, розташованому за адресою: вул. Т. Барановського, 13, на території міської компостувальної станції, а також у лабораторії відповідної кафедри.

Процеси сортування побутових відходів та виробництва компосту на спеціалізованих станціях відносяться до робіт підвищеної небезпеки. Вони характеризуються дією фізичних, хімічних, біологічних та ергономічних небезпечних і шкідливих факторів. Забезпечення безпеки праці працівників є обов'язковим компонентом організації виробничих процесів і здійснюється відповідно до Законів України «Про охорону праці», «Про відходи», а також чинних санітарних норм, правил техніки безпеки та пожежної безпеки.

Метою заходів з охорони праці є мінімізація ризиків травматизму та професійних захворювань шляхом впровадження технічних, організаційних і санітарно-гігієнічних рішень.

Працівники сортувальних ліній при сортуванні відходів можуть зазнавати впливу таких факторів:

- Біологічні: мікроорганізми, грибки, бактерії, що містяться у змішаних побутових відходах; ризик зараження через ріжучі та колючі предмети.
- Хімічні: випари від побутової хімії, лакофарбових матеріалів, аерозолів.
- Механічні: ризик травмування при роботі з конвеєрами, пресами, транспортерами.
- Фізичні: шум устаткування до 85–95 дБ, вібрації, протяги, недостатня вентиляція.
- Пиловий фактор: органічні та мінеральні частки, що можуть спричиняти алергічні реакції та захворювання органів дихання.
- Психофізіологічні навантаження: монотонність роботи, підвищена концентрація уваги.

При виробництві компосту працівники піддаються впливу:

- Підвищених температур у зоні активного біорозкладання (до 60–70 °С всередині бурту).
- Аерозолів органічного походження, що утворюються під час перемішування відходів.
- Мікробіологічних агентів (актиноміцети, плісняві гриби).
- Небезпеки від рухомої техніки – навантажувачів, подрібнювачів, перевертальників компосту.
- Виділення аміаку, сірководню, метану при неправильному веденні процесу.
- Гострих предметів, які можуть потрапити в органічну фракцію через недосконале сортування.

Усі працівники проходять: вступний інструктаж з охорони праці та пожежної безпеки; первинний інструктаж на робочому місці; повторний

інструктаж (не рідше одного разу на 3 місяці); навчання з надання першої домедичної допомоги.

Працівники, що працюють із спецтехнікою, обов'язково проходять професійне навчання та щорічну перевірку знань.

Організація робочих місць:

- Робочі зони обладнуються системами вентиляції та аспірації.
- Розробляються маршрути руху техніки для уникнення зіткнень.
- Забезпечується розділення зон для приймання, первинного сортування, перероблення та компостування.
- Проводиться регулярне прибирання, дезінфекція та дератизація.

Працівники повинні бути забезпечені:

- захисними рукавицями (із прогумованим або латексним покриттям);
- комбінезонами або спецодягом (компостостійким і пилонепроникним);
- захисним взуттям із металевим носком;
- респіраторами або масками класу FFP2–FFP3;
- захисними окулярами або щитками;
- шумозахисними навушниками;
- касками (при роботі з технікою).

Що стосується охорони праці у лабораторії, то лабораторне приміщення оснащено системами водопостачання, каналізації, центрального опалення та електроживлення. Тут передбачено окрему мийку для санітарної обробки рук персоналу та мийку для очищення лабораторного посуду й обладнання. Усі кімнати забезпечені як природним, так і штучним освітленням. Робоче місце слід облаштовувати таким чином, щоб природне світло надходило з лівого боку, а у темний час доби використовувалося рівномірне загальне та локальне освітлення. Локальні джерела світла допускається застосовувати лише разом із загальним освітленням, оскільки робота виключно при місцевому освітленні заборонена.

Лабораторія обладнана системою примусової вентиляції. Усі операції, пов'язані з використанням хімічних реагентів, виконуються виключно у

втяжній шафі, яка має вбудований відсмоктувальний механізм для безпечного відведення шкідливих випаровувань.

Під час роботи в хімічній (екологічній) лабораторії працівники повинні чітко дотримуватися правил безпеки та вимог щодо надання першої допомоги. Основні положення можна узагальнити так [52,53]:

- ☐ У лабораторії необхідно підтримувати порядок і чистоту.
- ☐ Працівник має знати місце розташування аптечки та засобів пожежогасіння.
- ☐ Забороняється їсти, пити та палити на робочому місці.
- ☐ Досліди виконують лише в чистому посуді, який після використання слід одразу мити.
- ☐ Потрібно уникати потрапляння реагентів на шкіру, одяг чи в очі.
- ☐ Смакувати хімічні речовини категорично заборонено; для оцінки запаху допускається обережно підвести пари рукою.
- ☐ Уся тара з речовинами повинна бути промаркована.
- ☐ Під час нагрівання пробірок чи колб не можна спрямовувати їхній отвір у бік людей і заглядати згори.
- ☐ По завершенні роботи необхідно вимкнути подачу газу, води та електроенергії.
- ☐ Заборонено зливати концентровані кислоти, луги та розчини солей важких металів у каналізацію.
- ☐ Робота з токсичними речовинами, концентрованими кислотами та лугами, фенолами та органічними розчинниками проводиться лише із використанням відповідних засобів індивідуального захисту – окулярів, респіраторів, протигазів тощо.
- ☐ Легкозаймисті речовини (ефір, бензин, ацетон, спирти) застосовують подалі від відкритого полум'я та джерел іскри.
- ☐ У разі виникнення пожежі слід негайно вимкнути електроживлення та подачу газу, прибрати горючі матеріали й ліквідувати займання вогнегасником, піском або протипожежною ковдрою; використовувати воду заборонено.

- ☐ Якщо загорівся одяг, постраждалого потрібно покласти на підлогу та накрити ковдрою, щоб припинити доступ повітря.
- ☐ При опіках застосовують спиртові розчини дубильних речовин, етиловий спирт або слабкий розчин калій перманганату.
- ☐ У разі ураження кислотою ушкоджену ділянку промивають водою, після чого – 5% розчином соди.
- ☐ При опіках лугом спершу ретельно промивають водою, а потім — 3% розчином борної чи оцтової кислоти.
- ☐ Якщо кислота чи луг потрапили в очі, їх негайно промивають проточною водою кілька хвилин, після чого використовують нейтралізувальний розчин і звертаються до лікаря.
- ☐ При контакті шкіри з органічними речовинами необхідно промити уражену зону великою кількістю спирту або іншого відповідного розчинника та доставити постраждалого до медичного закладу.

РОЗДІЛ 5

ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Цивільна оборона – це державна система, спрямована на захист населення, територій, довкілля та майна від надзвичайних ситуацій, а також на ліквідацію їх наслідків і надання допомоги постраждалим у мирний та особливий періоди [54,55].

Основні цілі функціонування цивільної оборони України полягають у такому:

- забезпечення безпеки людей, охорона матеріальних і культурних цінностей та природного середовища від шкідливих впливів надзвичайних ситуацій незалежно від часу їх виникнення;
- виконання міжнародних зобов'язань і співпраця з іншими державами щодо попередження та подолання наслідків надзвичайних подій за рішенням Верховної Ради України.

Основні засади, які формують систему захисту населення, можна окреслити так:

- держава гарантує та забезпечує громадянам конституційне право на охорону життя, здоров'я та особистого майна;
- проблеми подолання наслідків природних та техногенних лих розв'язуються на основі комплексного підходу;
- першочергова увага приділяється рятуванню людей та збереженню їхнього здоров'я;
- ризики виникнення надзвичайних ситуацій повинні бути зведені до мінімуму в межах економічно обґрунтованих можливостей;
- система цивільного захисту функціонує за принципами централізованого управління, єдиного керівництва, підпорядкованості та дисципліни аварійно-рятувальних служб;

- інформація про стан цивільного захисту має бути доступною та прозорою для громадськості, за винятком випадків, коли її поширення обмежене законом;
- громадяни можуть добровільно долучатися до заходів цивільного захисту, що спрямовані на запобігання загрозам для життя і здоров'я;
- посадові особи державних та місцевих органів влади несуть відповідальність за дотримання вимог законодавства у сфері ліквідації наслідків надзвичайних подій;
- командування сил цивільного захисту зобов'язане забезпечувати безпечне проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, діючи в межах визначених норм і повноважень.

До ключових функцій системи цивільного захисту належать:

- збір, опрацювання та оцінка даних про виникнення і перебіг надзвичайних ситуацій;
- прогнозування можливих соціальних та економічних наслідків таких подій;
- контроль та нагляд за дотриманням вимог у сфері безпеки населення, розроблення й впровадження нормативних документів;
- реалізація профілактичних заходів, раціональне управління ресурсами та виконання науково-технічних програм, спрямованих на недопущення НС;
- організація системи швидкого та ефективного оповіщення громадян у разі загрози або виникнення надзвичайної ситуації;
- надання населенню своєчасної, достовірної та повної інформації про стан подій та вжиті запобіжні або ліквідаційні заходи;
- створення умов для захисту людей і надання допомоги тим, хто постраждав;
- виконання аварійно-рятувальних робіт та заходів із забезпечення життєдіяльності територій;
- підтримання готовності сил, засобів та інфраструктури цивільного захисту;

- оперативне реагування та допомога населенню під час надзвичайних подій;
- навчання громадян правилам безпеки та підготовка фахівців у цій сфері;
- співпраця з міжнародними організаціями та державами у питаннях цивільного захисту.

У лабораторії дотримання правил охорони праці забезпечується через впровадження комплексу необхідних заходів безпеки. Зокрема, встановлено захист від можливого ураження електричним струмом: електропроводка змонтована відповідно до вимог і проходить по стінах та стелі, розетки оснащені заземленням, комп'ютер підключений через захисний контур, електролюмінесцентна лампа має спеціальний захисний кожух, а біля розетки розміщено попереджувальне маркування «220 В».

Щодо пожежної безпеки в приміщенні дотримуються необхідних вимог. Меблі, зокрема шафи, розташовані таким чином, щоб не перекривати вихід, забезпечуючи вільний доступ у разі надзвичайної ситуації. Щоденно проводиться вологе прибирання підлоги та меблів. Робочі матеріали, зошити й документи зберігаються у висувних шухлядах письмового столу та спеціально обладнаній шафі. Для запобігання виникненню пожежі в приміщенні встановлена система пожежної сигналізації та розміщені вогнегасники.

Вимоги безпеки при сортуванні побутових відходів:

- Забороняється вручну відбирати відходи без рукавичок або засобів захисту.
- Перед запуском лінії працівник зобов'язаний переконатися у відсутності сторонніх осіб у небезпечній зоні конвеєра.
- Забороняється очищати стрічку або механізми під час роботи обладнання.
- Контейнери для небезпечних відходів (батареї, лампи, медичні відходи) повинні бути чітко марковані.
- У приміщенні повинні бути встановлені датчики газів (NH_3 , CH_4).

Вимоги безпеки на компостувальній станції:

- Роботи з формування та перевертання буртів виконуються тільки механізовано.
- Підходити близько до працюючої техніки заборонено.
- Контроль температури в буртах здійснюється регулярно; при значеннях вище 75 °С необхідно збільшити аерацію.
- Органічні відходи перед подачею в процес повинні бути очищені від сторонніх предметів.
- Робота в зоні активного компостування проводиться в респіраторах та захисних костюмах.
- При появі різкого запаху сірководню або аміаку роботи негайно припиняються до з'ясування причин.

ВИСНОВКИ:

1. Проведена оцінка екологічних, економічних та соціальних аспектів компостування біовідходів у місті Львові показує, що цей підхід є ключовою складовою переходу до сталого управління відходами.
2. Завдяки компостуванню обсяги побутових відходів, що надходять на полігони, істотно скорочуються, що зменшує викиди парникових газів і забезпечує отримання корисного органічного добрива.
3. Економічний аналіз свідчить, що налагодження ефективного роздільного збору та компостування біовідходів є фінансово вигідним у довгостроковому періоді, оскільки дає змогу зменшити витрати на управління твердими побутовими відходами та сприяє розвитку місцевої екологічно орієнтованої економіки.
4. У результаті проведених досліджень встановлено, що до контейнерів (10 штук) для змішаних відходів на майданчику за адресою м. Львів, вул. Туган-Барановського, 13 потрапляє значна кількість цінних ресурсних матеріалів – близько 540 кг. Це свідчить про низький рівень свідомості або байдужість частини мешканців.
5. Із одного такого контейнера було вилучено відходи, які придатні до повторного використання у кількостях: 23,72 кг скла, 5,99 кг пластику, 1,075 кг металу та 12,87 кг біовідходів.
6. Вивчено, що у морфологічному складі компосту із станції компостування м. Львова, для виробництва якого застосовано харчові та садово-паркові відходи, міститься: 340 мг/кг полімерів, 1788 мг/кг скла, 572 мг/кг металів та 93 мг/кг текстилю. Відповідно до створених технічних умов ТУ У 38.1-13838331-004:2024 ця органічна суміш має технічні властивості та може застосовуватись для процесів відновлення полігонів побутових відходів та територій, які зазнали суттєвих змін у структурі рельєфу, також для будівельних та інших завдань [29].

ПРОПОЗИЦІЇ:

Компостування біовідходів у Львові є комплексним рішенням, що поєднує екологічні вигоди, економічну ефективність та соціальну користь. Подальший розвиток цієї практики потребує системної підтримки з боку міської влади, інвестицій у інфраструктуру та посилення освітніх заходів. У сукупності це сприятиме формуванню стійкої міської екосистеми та підвищенню якості життя громади [29].

Першочерговим завданням для ефективнішого збору побутових відходів у місті, зокрема біовідходів, є освітні заходи з підвищення обізнаності громади щодо правил та положень поводження з побутовими відходами. Наприклад, Уельсу (Велика Британія), у кожному домогосподарстві на контейнерах для змішаних відходів є наліпки «не для харчових відходів». В Іспанії, навчання громади забезпечується залученням мешканців на спеціальні курси та надання їм технічних порад від експертів.

Як показує досвід європейських муніципалітетів, найкращі результати щодо якості та кількості вторсировини забезпечує система «від дверей до дверей», можливо тому, що за такої системи акцент ставиться на індивідуальній відповідальності мешканців, особливо із політикою «плати за те, що викидаєш».

Доволі ефективним є надання домогосподарствам безкоштовних вентильованих кухонних контейнерів невеликих ємностей (5–10 літрів) для розміщення вдома та спільних, більшої ємності, контейнерів (20–120 літрів) для багатоповерхових житлових будинків.

Органам місцевого самоврядування варто розглянути можливість забезпечення населення безкоштовними пакетами, що підходять для компостування. Досвід інших країн свідчить про ефективність такого підходу. Наприклад, у Франції на безоплатне роздавання біорозкладних пакетів витрачається менш ніж 1% загального бюджету сфери поводження з відходами. У Мілані (Італія) система збору «від дверей до дверей» передбачає використання прозорих пакетів, що дозволяє працівникам служби поводження з відходами оперативно перевіряти вміст і, за необхідності, накладати штрафи за порушення

правил сортування. Завдяки цьому якість біовідходів, що збираються (оцінюється щоквартально), залишається високою – рівень домішок становить приблизно 5% [51].

Аналогічно, забезпечити надання відповідних баків та пакетів, для підприємств громадського харчування, зокрема барів і ресторанів. Наприклад, у Мілані, ще у 1997 році запровадили таку систему збору харчових відходів: їх щоденно вивозили за принципом «від дверей до дверей», а заклади забезпечували 120-літровими контейнерами. Уже за кілька років ефективність збору біовідходів тут значно зросла.

Для відкритих ринків, які є значними утворювачами органічних відходів, їх збір здійснювати кожного дня, коли функціонує ринок, а відходи накопичувати у спеціальних компостованих пакетах, що використовуються разом із тримачами для них (додаток 1). У Мілані, така система збору харчових решток запрацювала у 2017 році, де уже за два роки таким впровадженням заходам вдалося зібрати та компостувати близько 2 000 тонн таких відходів [51].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Storoshchuk U., Maliovanyy M., Tymchuk I., Luchyt L. Analysis of the main methods of solid waste management. *Environmental Problems*, 2021. Vol. 6, No. 4. С. 238-243. DOI: [10.23939/ep2021.04.238](https://doi.org/10.23939/ep2021.04.238)
2. Буцяк Г, Мацуська О. Екологічні аспекти переробки побутових відходів у львівській області. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. Т. 27, № 102. С. 151-156. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a10222>
3. Жмур Н.В., Брусило О.О. Сучасний стан проблем утилізації побутових відходів. *Юридичний вісник*. 2024. Т. 2, № 71. С. 170–178. DOI: [10.18372/2307-9061.71.18806](https://doi.org/10.18372/2307-9061.71.18806)
4. Зінченко О.А. та ін. Збірка кейсів «Європейські практики екологічної відповідальності та свідомого споживання». Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, 2023. 172 с. URL: https://www.dnu.dp.ua/docs/Jean%20Monnet/Zbirka%20keisiv_DOC.pdf
5. Березюк О.В., Лемешев М.С. Динаміка кількості полігонів ТПВ в Україні, які не відповідають нормам. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 2022. № 2. С. 18-22.
6. Крупка Н.Е., Лотоцька-Дудик. Проблема утворення, обробки та утилізації відходів у Львівській області. *Environment and health*, 2015. № 1. С. 62-67.
7. Львівська міська рада показала, як виглядає Грибовицьке сміттєзвалище. URL: https://zaxid.net/lvivska_miska_rada_pokazala_yak_viglyadaye_gribovitske_smittyezvalishhe_n1563351
8. Самойлов О.О. Зарубіжний досвід управління твердими побутовими відходами. *Інвестиції: практика та досвід*, 2021. № 19. С. 45–50. DOI: [10.32702/2306-6814.2021.19.45](https://doi.org/10.32702/2306-6814.2021.19.45)
9. Сучасне керування відходами відповідно до принципів циркулярної економіки: посібник курсу ZWA deep level / ред. Уманський Ю. 2021 р. 128 с. <https://surl.li/zblyiy>

10. Шишпанова Н.О. Підходи країн ЄС до вирішення еколого-економічних проблем у контексті розвитку циркулярної економіки. *Інноваційна економіка*, 2023. 1(93). С. 12-18. DOI: 10.37332/2309-1533.2023.1.2
11. Bekchanov M., Mirzabaev A. Circular economy of composting in Sri Lanka: Opportunities and challenges for reducing waste related pollution and improving soil health. *Journal of Cleaner Production*, 2018. V. 202. P: 1107-1119. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.186>
12. Токарчук Д.М. Модель ефективного біоенергетичного менеджменту побутових відходів індивідуальних користувачів для ефективного поводження з ТПВ. *Економіка та суспільство*, 2023. Вип. 57. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-57-16>
13. Утилізація твердих відходів. URL: <https://sites.google.com/site/smittaushvitaukraieni/about-me>
14. Переробка відходів у розвинутих країнах світу. URL: <http://www.biowatt.com.ua/analitika/pererobka-vidhodiv-v-rozvinenih-krayinah-svitu>
15. Директива Європейського Парламенту і Ради 2008/98/ЄС від 19 листопада 2008 року про відходи та про скасування деяких директив. 02008L0098 - UA - 05.07.2018 - 003.002. Верховна рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_029-08#Text
16. Войціховська А., Кравченко О., Мелень-Забрамна О., Панькевич М. Кращі європейські практики управління відходами: посібник. Львів: «Компанія «Манускрипт»», 2019. 64 с. URL: https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/07/Krashchi_ES_praktuku_NET.pdf
17. Войціховська А., Кравченко О., Мелень-Забрамна О., Панькевич М. Кращі європейські практики управління відходами: посібник. Львів: «Компанія «Манускрипт»», 2019. 64 с. URL: https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/07/Krashchi_ES_praktuku_NET.pdf

18. Національний план управління відходами в Україні до 2033 року № 1353-р. Затверджений розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1353-2024-%D1%80#Text>
19. Барінов М.О. та ін. Практичні аспекти управління відходами в Україні: посібник. Київ: «Поліграф плюс», 2021 р. 118 с. URL: https://ukrecoalliance.com.ua/wp-content/uploads/2025/04/Posibnyk_praktychni-aspekty-upravlinnia-vidkhodamy-v-Ukraini.pdf
20. Про управління відходами: Закон України від 31.03.2023 р. № 2320-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>
21. Програма роздільного збирання побутових відходів на території Львівської міської територіальної громади: Ухвала від 16.05.2024. № 4762. Львівська міська рада. URL: <https://www8.city-adm.lviv.ua/inteam/uhvaly.nsf/91c21bb29b2b4f47c22571340037f910/2de06d5b65dccbb8c2258b250047688c?OpenDocument>
22. Створюємо нову муніципальну систему управління відходами разом. Львівська міська рада. URL: <https://surl.li/odbtwv>
23. Wei Y., Li J., Shi D., Liu G., Zhao Y., Shimaoka T. Environmental challenges impeding the composting of bio-degradable municipal solid waste: a critical review. *Resources, Conservation and Recycling*, 2017. V. 122, P. 51-65. URL: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.024>
24. Musa A.M., Ishak C.F., Jaafar N.M., Karam D.S. Carbon Dynamics of Fruit and Vegetable Wastes and Biodegradable Municipal Waste Compost-Amended Oxisol. *Sustainability*, 2021. V.13, Iss. 19, 10869. URL: <https://doi.org/10.3390/su131910869>
25. Bagagiolo G., Vigoroso L., Pampuro N., Cavallo E. The Role of Social Interaction and Personal Characteristics in Affecting the Adoption of Compost from Organic Fraction of Municipal Solid Waste in Italy. *Agronomy*, 2022. V. 12, Iss. 2, 445. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy12020445>
26. Storoshchuk U., Malovanyy M., Tymchuk I. Composting as one of the prospective methods of recycling the organic component of municipal solid waste.

- Environmental Problems*, 2020. Vol. 5, No 3. P. 167–173. URL: <https://ena.lpnu.ua/handle/ntb/56008>
27. Obsa O., Tadesse M., Kim D.-G., Asaye Z., Yimer F., Gebrehiwot M., Brüggemann N., Prost K. Organic Waste Generation and Its Valorization Potential through Composting in Shashemene, Southern Ethiopia. *Sustainability*, 2022. V.14, Iss. 6, 3660. URL: <https://doi.org/10.3390/su14063660>
28. Manea Elena Elisabeta, Costel Bumbac, Laurentiu Razvan Dinu, Marius Bumbac, Cristina Mihaela Nicolescu. Composting as a Sustainable Solution for Organic Solid Waste Management: Current Practices and Potential Improvements. *Sustainability*, 2024. V.16, Iss. 15, 6329. URL: <https://doi.org/10.3390/su16156329>
29. Мацуська О.В., Буцяк А.А., Сухорська О.П., Тунік Т.І., Хахіна А.О. Оцінка еколого-економічних та соціальних аспектів компостування біовідходів у м. Львові. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*, 2025. Т. 27, № 103. С. 392-401.
30. Cerda A., Artola A., Font X., Barrena R., Gea T., Sánchez A. Composting of food wastes: Status and challenges. *Bioresource Technology*, 2018. V. 248, P.A P. 57-67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.133>
31. Jouni Korhonen, Cali Nuur, Andreas Feldmann, Seyoum Eshetu Birkie. Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*, 2018. V. 175. P. 544-552. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.111>
32. Карта контейнерів для збору органіки Львів (опубліковано 1 листопада 2024 р.). URL: <https://surl.li/tnzbcx>
33. Львівська компостувальна станція. Zerowastelviv. URL: <https://zerowastelviv.org.ua/lviv-compost-station/>
34. Твоє місто. Із чого складається Львівське сміття. Результати дослідження. [Електронний ресурс]. URL:: https://tvoemisto.tv/news/eksperty_doslidyly_z_chogo_skladaietsya_lvivske_smit_t_ya_87786.html

35. Wainaina S., Kumar Awasthi M., Sarsaiya S., Chen H., Singh E., Kumar A., Ravindran B., Kumar Awasthi S., Liu T., Duan Y., & Taherzadeh S. Resource recovery and circular economy from organic solid waste using aerobic and anaerobic digestion technologies. *Bioresource Technology*, 2020. 301, 122778.
36. Christensen T.H., Damgaard A., Levis J., Zhao Y., Bjorklund A., Arena U., Barlaz M. A., Starostina V., Boldrin, A., Astrup T. F., & Bisinella V. Application of LCA modelling in integrated waste management. *Waste Management*, 2020. 118. P: 313–322.
37. Dri M., Canfora P., Antonopoulos I. S., & Gaudillat P. Best Environmental Management Practice for the Waste Management Sector. 2018, May. URL: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC111059/jrc111059_bemp_waste_2018_final_04_2.pdf
38. Felix, M., Ramchandra, B., Stefan, G. Critical review on life cycle assessment of conventional and innovative waste-to-energy technologies. *Sci. Total Environ*, 2019. 672. C. 708-721.
39. Luis, A.B.P., Barbara, S.B., Rafael, M.D., Daniel, J., Rosane, A.G.B. Organic solid waste management in a circular economy perspective - A systematic review and SWOT analysis. *J. Clean. Prod*, 2019. 239, 118086.
40. Львівська компостувальна станція. Zerowastelviv. URL: <https://zerowastelviv.org.ua/lviv-compost-station/>
41. Корбут М.Б., Давидова І.В. Популяризація процесу компостування органічних відходів у побутових умовах. *Екологічні науки*, 2021. № 7(34). С. 210-214. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.35>
42. Результати дослідження морфологічного складу твердих побутових відходів ОСББ Львова. ZeroWaster. URL: [Результати дослідження морфологічного складу твердих побутових відходів у ОСББ Львова - zerowastelviv](#)
43. Marufa Sultana, M. Jahiruddin, M. Rafiqul Islam, M. Mazibur Rahman, Md Anwarul Abedin, Zakaria M. Solaiman. Nutrient Enriched Municipal Solid Waste Compost Increases Yield, Nutrient Content and Balance in Rice. *Sustainability*. 2021. V. 13, Iss. 3, 1047. URL: <https://doi.org/10.3390/su13031047>

44. Fanny C.D. Berset, Serge Stoll. Microplastic Contamination in Field-Side Composting in Geneva, Switzerland (CH). *Microplastics*. 2024. V.3, Iss. 3. P. 477-491. URL: <https://doi.org/10.3390/microplastics3030030>
45. Melanie Braun, Matthias Mail, Rene Heyse, Wulf Amelung. Plastic in compost: Prevalence and potential input into agricultural and horticultural soils. *Science of The Total Environment*, 2021. V. 760, 143335. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143335>
46. Costanza Scopetani, David Chelazzi, Alessandra Cincinelli, Tania Martellini, Ville Leinö, Jukka Pellinen. Hazardous contaminants in plastics contained in compost and agricultural soil. *Chemosphere*, 2022. V. 293, 133645. URL: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133645>
47. ТУ У 38.1-13838331-004:2024. «Суміш органічного походження технічної якості»: технічні умови від 31.12.2024 року. Затверджені директором ЛКП «Зелене місто» О. Єгоровим від 23.12.2024 р. Перевірено Мінекономіки Тернопільська філія ДП «Івано-Франківськ» Стандартметрологія від 02.01.2025 року. 19 с.
48. Тихомирова Т.С., Шестопапов О.В., Разно М.Р., Кочетов М.С. Дослідження впливу складу компосту на його здатність покращувати якість ґрунтів. *Аграрні інновації*, 2024. № 25. С. 72-78. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.25.12>
49. Лотоцька О.В., Дністрянська М.В., Крицька Г.А., Флекей Н.В., Смачило О.М. Сучасні тенденції поводження з твердими побутовими відходами в Україні та світі. *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*, 2023. № 2 (96). С. 5-11. DOI:[10.11603/1681-2786.2023.2.14028](https://doi.org/10.11603/1681-2786.2023.2.14028)
50. Міністерство розвитку громад та територій України. Аналіз стану сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2022 рік. URL: <https://mindev.gov.ua/news/34323-analiz-stanu-sferi-povodzennia-z-pobutovimi-vidxodami-v-ukrayini-za-2022-rik>
51. Wanderley T., McQuibban J., Mörsen T. Як оптимально збирати біовідходи. Посібник для органів місцевого самоврядування щодо найефективніших

- методів роздільного збору біовідходів. Zero Waste Europe. Брюссель, листопад 2022 року. 42 с. URL: <https://zerowasteeurope.eu/wp-content/uploads/2024/11/How-to-best-collect-bio-waste-UKR.pdf>
52. Пожарова О.В. Охорона праці : навчальний посібник. Одеса, 2022. 86 с. Режим доступу: <https://doi.org/10.32837/11300.18442>
53. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник. Нац. гірн. ун-т. 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. 271 с.
54. Шоботов В.М. Цивільна оборона: навчальний посібник. Київ «Центр навчальної літератури». 2004 р. 39 с.
55. Левченко О. Г., Землянська О. В., Праховнік Н. А., Зацарний В. В. Безпека життєдіяльності та цивільний захист: підручник для студ. спеціальностей з природничих, соціально-гуманітарних наук та інженерно-комунікаційних технологій. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 267 с.

Збір органічних відходів на відкритих ринках Мілану [51]



Збір органічних відходів у багатоквартирних будинка Мілану [51]



Практична порада – компостування вдома [19]

Методи компостування охоплюють широкий спектр технологій — від використання компостерів на приватних подвір'ях чи формування відкритих буртів, які періодично перемішуються спеціальною технікою, до високотехнологічних закритих систем. Останні включають тунельні установки та обертові реактори, у яких можна контролювати ключові параметри процесу: температуру, вологість та рівень аерації.



Правила сортування побутових відходів в Україні

(Пам'ятка : https://www.ukrinform.ua/rubric-other_news/2058726-ak-pravilno-sortuvati-smitta-infografika.html)



Принцип «забруднювач платить» [19]

Це фундаментальний екологічний підхід, згідно з яким відповідальність за покриття витрат, пов'язаних із негативним впливом на довкілля, несе той, хто цей вплив спричиняє.

Іншими словами, особа, підприємство чи організація, що генерує забруднення, повинні фінансово забезпечувати його усунення, запобігання або мінімізацію, а не перекладати ці витрати на суспільство чи державу.

Цей принцип широко застосовується у законодавстві ЄС та є одним із ключових елементів екологічної політики, зокрема у сфері управління відходами. Він стимулює забруднювачів зменшувати обсяги утворення відходів, впроваджувати екологічні технології та брати участь у розширеній відповідальності виробника.

