

Державна служба України з надзвичайних ситуацій  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
Навчально-науковий інститут цивільного захисту  
Кафедра екологічної безпеки

«Допущено до захисту»  
Завідувач кафедри  
к.т.н., доц.

“ \_\_\_\_\_ ” Катерина СТЕПОВА  
\_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## ДИПЛОМНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: «Ефективність компосту, виготовленого з органічної фракції твердих побутових відходів міста, на ріст рослин»

Виконала:

здобувач 4 курсу, групи ЕК-41  
спеціальності 101 "Екологія"

(шифр і назва спеціальності (освітньої програми))

Дебера Н.Р.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Гринчишин Н.М.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент Дацко Т.М.  
(прізвище та ініціали)

Львів – 2022 року

Державна служба України з надзвичайних ситуацій  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
Навчально-науковий інститут цивільного захисту  
Кафедра екологічної безпеки  
Освітній ступінь бакалавр  
Спеціальність Екологія 101

Освітня програма «Екологія та охорона навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
к.т.н., доц.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ Катерина СТЕПОВА  
2022 року

### **ЗАВДАННЯ**

на дипломну роботу

Здобувачу \_\_\_\_\_ Дебері Наталії Романівні  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Ефективність компосту, виготовленого з органічної фракції  
твердих побутових відходів міста, на ріст рослин»

керівник роботи: Гринчишин Наталія Миколаївна, к.с.-г.н., доц.,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЛДУ БЖД від “21” лютого 2022 року №30 о/д

2. Термін подання здобувачем роботи 12 травня 2022 року

3. Початкові дані до роботи

Закон України «Про відходи» від 17.10.2019 № 2207-2;

СОУ ЖКГ 03.09-014:2010 Побутові відходи. Технологія перероблення  
органічної речовини, що є у складі побутових відходів.

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Екологічні проблеми твердих побутових відходів
2. Об'єкт та методика дослідження
3. Результати дослідження та їх обговорення

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація Microsoft Power Poin

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 22 лютого 2022 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Написання першого розділу	22.02.2022 22.03.2022	виконано
2.	Написання другого розділу	23.03.2022 24.04.2022	виконано
3.	Проведення дослідів	25.04.2022 06.05.2022	виконано
4.	Статистичне опрацювання результатів дослідження та написання розділу 3	06.05.2022 09.05.2022	виконано
5.	Оформлення роботи	09.05.2022 12.05.2022	виконано
6.	Підготовка доповіді та презентації	12.05.2022 17.05.2022	виконання

Здобувач

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Дебера Н.Р.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Гринчишин Н.М.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Дебера Н.Р. Ефективність компосту, виготовленого з органічної фракції відходів, на ріст рослин. Рукопис.

Дипломна роботи бакалавра за спеціальністю 101 –Екологія. Львів, ЛДУБЖД, 2022.

56 сторінок, 19 рисунків, 8 таблиць, 60 джерела інформації

Представлено результати модельного експерименту з визначення ефективності компосту на ріст тест-рослин.

Мета дослідження: визначення ефективності компосту, виготовленого з органічної фракції ТПВ, на ріст тест-рослин для обґрунтування можливості його використання як добрива в сільськогосподарському виробництві.

Об'єктом дослідження - компост, виготовлений на ЛКП «Зелене Місто».

Предмет дослідження – зміна морфометричних показників рослин (довжина кореня й висота пагона), вирощених на ґрунті з додаванням компосту.

Методи дослідження; хімічні, фізичні, фізико-хімічні, модельного досліду, порівняння, узагальнення.

Основними результатами дослідження є визначення ефективності Ефективність компосту, внесеного в сірий лісовий ґрунт, на ріст кореня тест-рослин становить 85-90%, а на ріст пагона - 55-60%. Ефективність компосту після його експозиції протягом одного року в сірому лісовому ґрунті зменшується щодо росту кореня на 25-40%, і пагона – 29-40%.

Одержані результати доводять, що ефективність компосту є більшою на ріст кореня у порівняння з пагоном.

Ключові слова: компостування, тверді побутові відходи, добриво.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ...	7
1.1 Поводження з твердими побутовими відходами .....	7
1.2 Небезпека захоронення харчових відходів на полігонах.....	12
1.3 Біологічні методи обробки органічної фракції ТПВ .....	17
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ .....	27
2.1 Компост з органічної фракції ТПВ: виготовлення та використання.....	27
2.2 Методика проведення дослідження .....	33
2.3 Тест-рослини .....	35
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ .....	38
3.1 Агрохімічні і фізико-хімічні показники компосту .....	38
3.2 Морфометричні показники тест-рослин, вирощених на ґрунті з внесенням компосту.....	38
3.2.1 Результати 1 етапу дослідження .....	38
3.2.2 Результати 2 етапу дослідження .....	42
3.3 Ефективність компосту на ріст тест-рослин .....	44
3.4 Обґрунтування можливості використання компосту як добрива в сільському господарстві .....	46
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	51

## ВСТУП

Тверді побутові відходи (ТПВ) є неминим атрибутом сучасної людської цивілізації.

Належне поводження з ТПВ в контексті сталого розвитку міст передбачає зменшення екологічного навантаження на міські звалища й полігони шляхом впровадження заходів роздільного збирання та перероблення органічної речовини ТПВ, що зазнає біологічного розкладу. Для країн, що розвиваються, компостування органічної частини міських ТПВ є екологічним і перспективним рішенням через технічну простоту процесу виробництва компосту та низьку вартість капітальних вкладень і поточних витрат [45].

В Україні, вперше, промислове компостування органічної фракції ТПВ запроваджено у м. Львові.

Мета дослідження: визначення ефективності компосту, виготовленого з органічної фракції ТПВ, на ріст тест-рослин для обґрунтування можливості його використання як добрива в сільськогосподарському виробництві.

Об'єктом дослідження - компост, виготовлений на ЛКП «Зелене Місто».

Предмет дослідження – зміна морфометричних показників рослин (довжина кореня й висота погону), вирощених на ґрунті з додаванням компосту.

Методи дослідження; хімічні, фізичні, фізико-хімічні, модельного досліду, порівняння, узагальнення.

Основні завдання дослідження:

- відбір проб компосту й ґрунту;
- визначення агрохімічних та фізико-хімічних показників компосту;
- проведення модельного досліду;
- статистичне опрацювання результатів дослідження;
- встановлення ефективності компосту на ріст тест-рослин.

**Практичне значення дослідження.** Результати дослідження показують придатність компосту, виготовленого з органічної фракції ТПВ, для використання у сільському господарстві як добрива.

## РОЗДІЛ 1.

### ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

#### 1.1 Поводження з твердими побутовими відходами

Згідно з Законом України «Про відходи» тверді побутові відходи – це залишки речовин, матеріалів, предметів домогосподарств, а також суб'єктів господарювання, установ, організацій, крім відходів, пов'язаних з їх виробничою діяльністю, що не можуть у подальшому використовуватися за призначенням [1].

Поводження з відходами – це збирання, перевезення, утилізація та видалення відходів, включаючи контроль за цими операціями, нагляд за об'єктами утилізації та видалення [1].

Проблема із відходами стоїть перед людством, з того самого часу, як воно з'явилося на землі, і з часом вона стає все серйознішою. Викидаючи сміття, люди порушують один з основних екологічних законів кругообігу – речовин у природі. Адже, вилучаючи з природи чимало речовин, людина змінює їх до невпізнанності та повертає у природу у вигляді сміття, яке не розкладається на вихідні речовини природнім шляхом [2].

Сьогодні існування людини стало екологічно небезпечним передусім через утворення та накопичення величезної кількості відходів виробництва і споживання. Особливе місце в складі муніципальних відходів займають побутові відходи – відходи споживання, які відслужували свій термін у побуті, товари й вироби, а також непотрібні людині продукти або їх залишки. Темпи утворення та накопичення твердих побутових відходів у світі загалом та Україні зокрема створюють небезпеку для життя і здоров'я населення, що зумовлює необхідність регулювання цієї сфери [3].

Питання поведінки з побутовими відходами у всьому світі на сьогодні є одним з найважливіших на рівні держави [4].

Найбільш поширеною практикою поведінки з твердими побутовими відходами в Україні є їх захоронення на полігонах і звалищах, якому

піддаються близько 95% загального обсягу відходів, що утворюються. Кількість полігонів і звалищ щорічно збільшується на 3–6%. небезпека твердих побутових відходів для навколишнього природного середовища та людини безпосередньо залежить від їх компонентного складу й умов розміщення. Щоденно один середньостатистичний українець виробляє приблизно 1–1,5 кг відходів, де близько 40–70% становлять харчові відходи або їх пакування [3].

На рис.1.1 наведено структуру поводження з побутовими відходами в деяких країнах світу та в Україні [5].

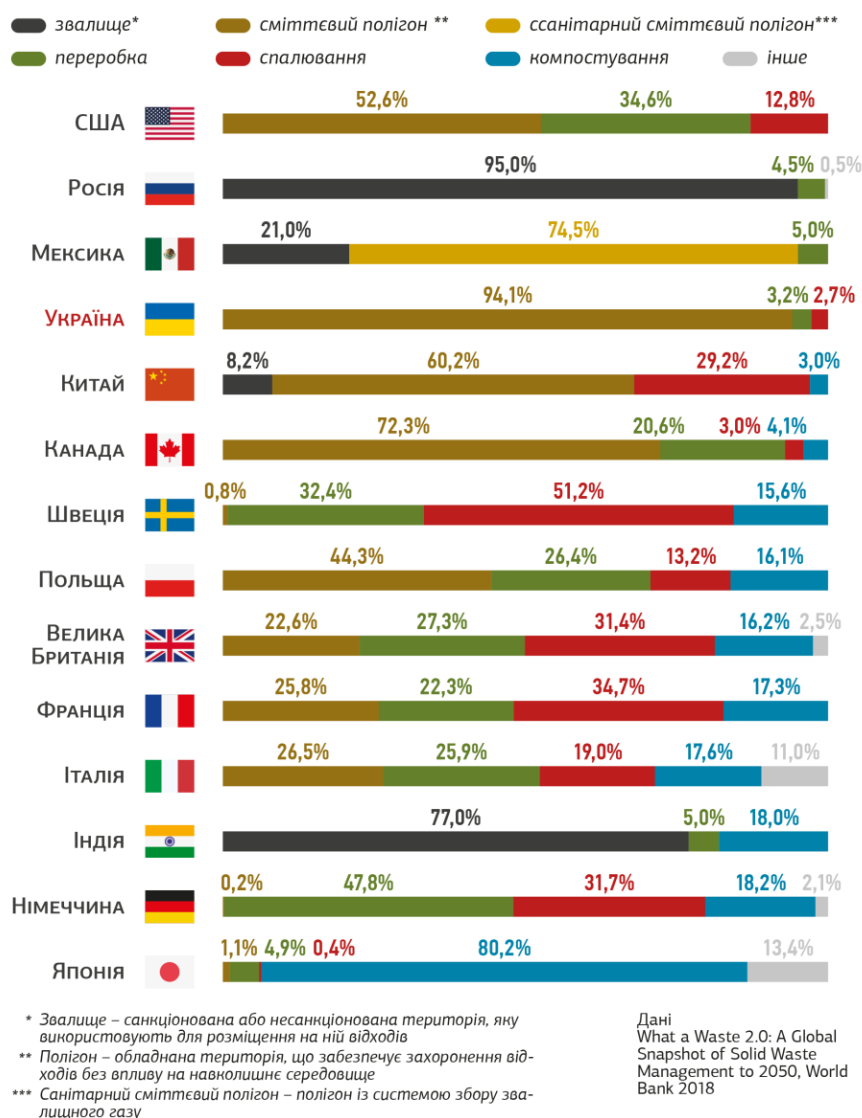


Рисунок 1.1 - Структура поводження з побутовими відходами в різних країнах світу та Україні [5]

Одним з базових принципів, закладених у Національній стратегії управління відходами в Україні до 2030 року, є ієрархія поводження з



відходами, яка відповідає вимогам Рамкової Директиви ЄС та передбачає поступовий перехід до економіки замкненого циклу. На рис. 1.2 наведено ієрархію пріоритетів поводження з відходами (інфографіка інституту суспільно-політичних досліджень) [6,7].



Рисунок 1.2 – Ієрархія пріоритетів поводження з відходами [7]

До структури ТПВ входять[10]:

- харчові відходи – 35–50%;
- папір і картон – 10-15 %;
- вторинні полімери – 9-13%;
- скло – 8-10%;
- метали – 2%;
- текстиль – 4-6%;
- будівельні відходи – 5%;
- деревина – 1%;
- інші відходи – 10%.

В Україні за 2020 рік утворилось понад 54 млн. м<sup>3</sup> побутових відходів, або понад 10 млн. тонн, які захоронюються на 6 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею майже 9 тис. га. Річна кількість відходів на душу населення становить близько 250-300 кг і має тенденцію до зростання [11,10].

Україна належить до країн з високим рівнем урбанізації, де внаслідок зростання споживання надзвичайно актуальною є проблема поводження з накопичуванням ТПВ. До того ж, протягом останніх двох десятиліть, населення України зменшилося. Незважаючи на скорочення населення в Україні, обсяг відходів збільшується на 0,2% [16,10].

У 2020 році кількість побутових відходів, утворених на одну людину в ЄС, становила 505 кг, що на 4 кг на людину більше, ніж у 2019 році та на 38 кг більше, ніж у 1995 році. На рис. 1.3 наведено утворення відходів на людину в країнах ЄС за 2020 рік (кілограм на людину) [12].

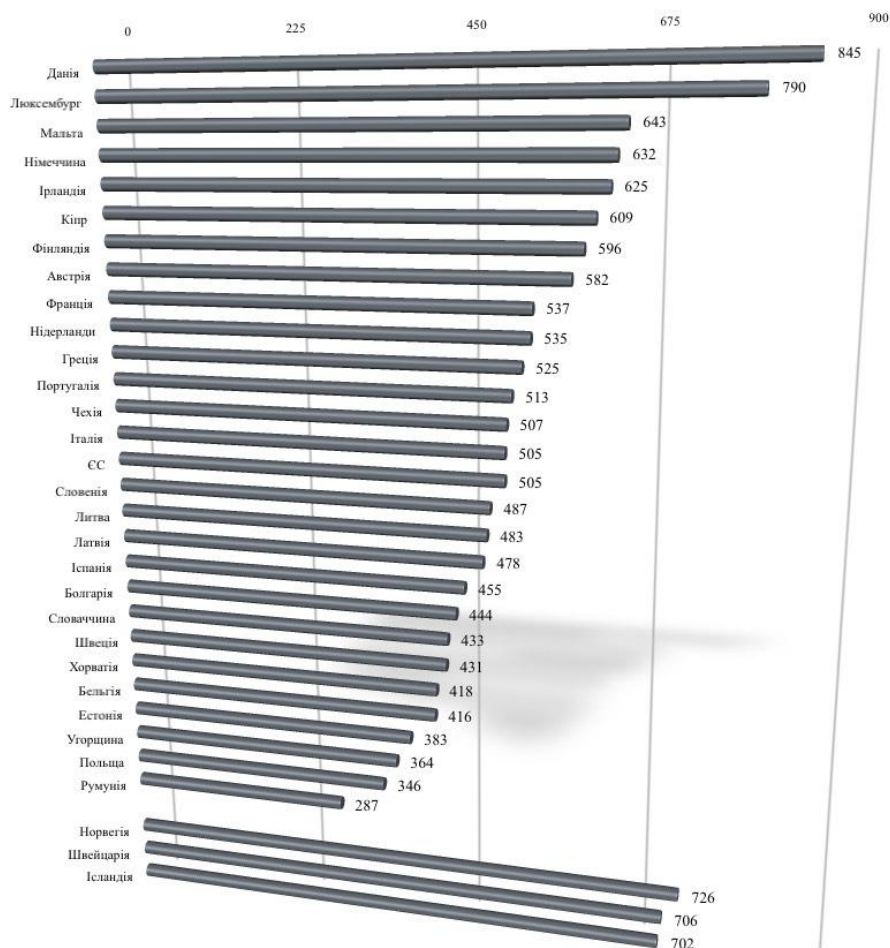


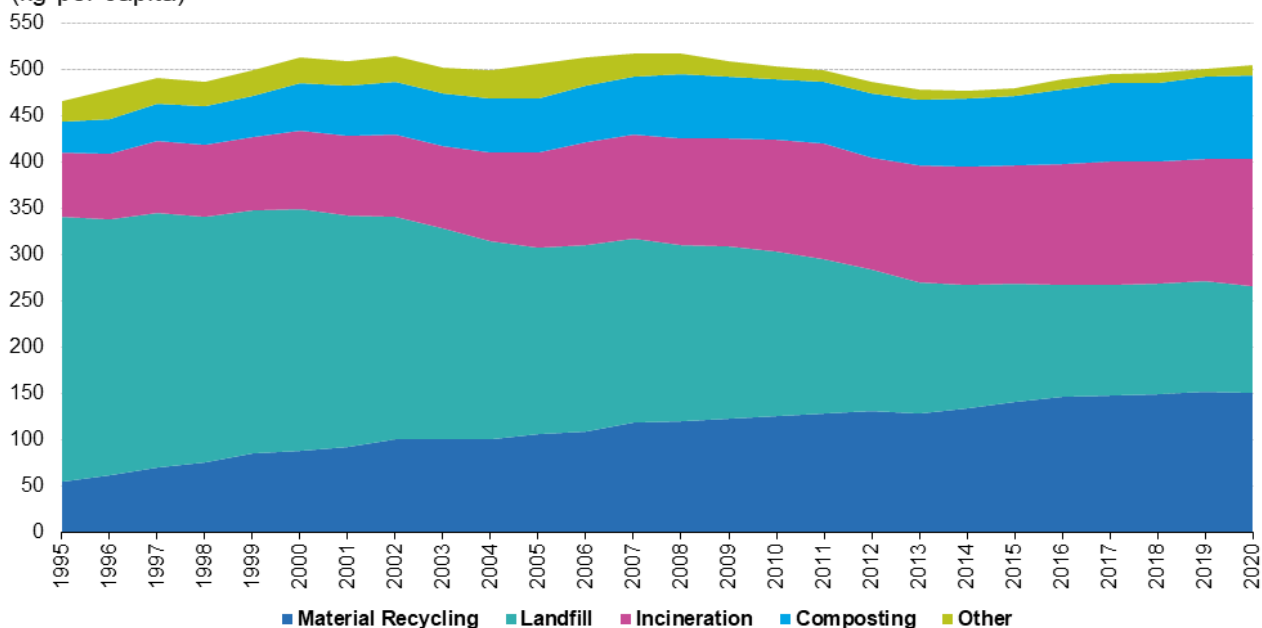
Рисунок 1.3 - Утворення відходів на людину в країнах ЄС за 2020 рік (кг/людину) [12]

У більшості європейських країн відходи (зокрема, органічні) — це значний ресурс для підвищення рентабельності бізнесу та оновлення ґрунтів [8].

На рис.1.4 наведено оброблення комунальних відходів в ЄС з 1995 по 2020 рік [13].

### Municipal waste treatment, EU, 1995-2020

(kg per capita)



Note: estimated by Eurostat.

Source: Eurostat (online data code: env\_wasmun)

eurostat

Рисунок 1.4 - Оброблення комунальних відходів, ЄС, 1995-2020 р [13]

В табл. 1.1 зображено особливості поводження з відходами у деяких країнах Європи [9].

Таблиця 1.1 - Особливості поводження з відходами у деяких країнах Європи [9]

Країна	Поводження з ТПВ
Німеччина	Утилізація відходів здійснюється шляхом їх сортування та подальшої переробки. Відходи які не підлягають переробці спалюються з отриманням тепла та електроенергії. Впроваджена нова система збору сміття жодних санкцій не передбачає.
Швейцарія	Заборонені смітцеві полігони. В країні поширені методи сортування відходів. Повторно використовуються відходи жерстяних банок та скла. Політикою швейцарі передбачається штрафування за викидання невідсортованих відходів.

Франція	Система утилізації відходів передбачає сортування відходів на дві фракції, вторинна сировина та інші відходи. Передбачається урини для одягу. Не передбачає покарань чи заохочень
Швеція	Сортування відходів по фракціям, а також спалювання з отриманням тепла та електроенергії. Політика країни спрямована на інформаційну кампанію. Перевага віддається переробці відходів.
Польща	В країні здійснюється сортування відходів на 5 компонентів, які згодом утилізовується як втор сировина. Відходи які неможливо переробити захоронюються на полігонах ТПВ на яких передбаченні системи дегазації полігонів з отриманням тепла та електроенергії.

## 1.2 Небезпека захоронення харчових відходів на полігонах

Тверді побутові відходи є гетерогенною сумішшю різних складових, основними з яких є харчові відходи, пластик, скло, чорні та кольорові метали, папір, дерево тощо [14].

При розміщенні відходів на полігонах ТПВ негативний вплив їх на природне середовище супроводжується порушенням ландшафту зі зміною окремих елементів природного середовища, забрудненням повітряного басейну, підземних вод, виснаженням їх ресурсів і деградацією водних екосистем, забрудненням і деградацією ґрунтів, що призводять до зменшення біорізноманітності та продуктивності природного ландшафту, і як наслідок інтенсивного забруднення агроекосистем, як складової одиниці агроландшафту [15].

Активна деградація ТПВ на полігонах спостерігається ще кілька десятків років навіть після їх закриття. У цей час в атмосферу, підземні й поверхневі води інтенсивно надходять продукти розкладання відходів у вигляді газів, розчинних речовин, мікроорганізмів тощо [23].

Звалища ТПВ, зведені без комплексу заходів, що знижують їх негативний вплив на навколишнє середовище, є значним джерелом його забруднення.

Відходи, що там розміщені, зазнають складних фізико-хімічних та біохімічних змін під впливом атмосферних явищ, специфічних умов, що формуються у товщі відходів, а також в результаті взаємодії між собою. Це призводить до утворення різних сполук, в тому числі токсичних, які, мігруючи до навколишнього середовища, негативно впливають на його компоненти. На рис.1.5 наведено основні показники відходів, що дозволяють характеризувати їх як шкідливі і небезпечні для біосфери [17,16].



Рисунок 1.5 - Основні характеристики небезпечних відходів в складі ТПВ [16]

Основною складовою твердих побутових відходів є харчові відходи. При несвоєчасному вивезенні сміття харчові відходи загнивають, контейнери, в яких вони зберігаються, стають місцями розповсюдження гризунів, комах й відповідно, небезпечним джерелом різних інфекцій [14].

У сприятливих для розвитку умовах збудники хвороб розмножуються, а тоді зі звалища переносяться в місця проживання людей у такий спосіб звалища стають розплідниками бактерій, що викликають черевний тиф, дизентерію, холеру, лептоспіроз, а також туберкульозної та стовбнякової палички, бактерій газової гангрені та сибірської виразки тощо [18].

Також, утворюється забруднена і токсична рідина при загниванні харчових відходів [14].

Дуже гострою проблемою звалищ є отруєння ними водоносних горизонтів, а відтак – і водних джерел. Причиною є утворення так званого фільтрату – отруйної речовини, що утворюється з природних осадів, які проходять через шари сміття та збагачуються важкими металами та токсичними речовинами. Головними джерелами утворення отруйного фільтрату стають викинуті батарейки та акумулятори, побутова хімія, будівельні матеріали (залишки фарб, лаків, клеїв), «економні» лампи, які в собі містять ртуть [18].

Заповнення полігонів ТПВ практично упродовж усього терміну їх експлуатації проводиться тільки з частковою поверхневою герметизацією шарів сміття. Внаслідок цього звалищний масив формується як відкрита високопорова система, легко доступна до міграції в її межах атмосферних опадів і вод поверхневого змиву. В результаті цього звалищне тіло інтенсивно насичувалося інфільтраційними водами (фільтратами), які в процесі міграції забруднювалися різноманітними шкідливими речовинами [19].

Інфільтратами називають води, які утворились шляхом просочування з поверхні через нагромаджене сміття дощових і талих вод. Процес утворення інфільтратів в тілі сміттєзвалища є складним фізико-хімічним процесом. Дощові води, які потрапили на поверхню сміттєзвалища, частково затримуються на частинках сміття, частково просочуються крізь нашарування відходів у ґрунт, частково випаровуються. Завдяки великій здатності води розчиняти наявні в ній домішки, перші два процеси супроводжуються насиченням інфільтратів речовинами, які містяться у захоронених відходах. Цьому сприяє кислотність дощових вод, процеси гниття самих відходів в товщі захоронення, температурний режим, процеси розкладання нестійких в хімічному відношенні сполук, з яких складається сміття, та інші чинники [20].

До небезпечних чинників впливу об'єктів захоронення твердих побутових відходів на компоненти природного середовища належить фільтрат, який є розчином з високою концентрацією хімічних сполук. Для більшості показників фільтрату характерна сезонна динаміка. Після теплого сезону в фільтраті збільшується ХСК і БСК5, зростають концентрації аніонів хлоридів, азоту

амонійного, заліза загального; зменшується вміст нітратів, нітритів. До показників фільтрату, які не змінюються протягом сезонів належить вміст сульфатів, фосфатів і важких металів (мідь, свинець, цинк) [22].

Негативний вплив звалищних фільтратів на довкілля проявляється в [19]:

- інтенсивному розвантаженні фільтратів на денну поверхню в підніжжі звалищного тіла;
- підтоплення і забруднення ділянок місцевості, які прилягають до основи звалища;
- забруднення гудронового середовища і зони аерації в межах полігону ТПВ і на територіях, що прилягають до нього;
- ураження ґрунтових вод та значне зниження якості природних джерел питної води в районі розташування полігону ТПВ.

При захороненні ТПВ відбувається вільне виділення у довкілля біогазу, який утворюється за рахунок анаеробного розкладання мікроорганізмами органічних речовин ТПВ у товщі полігона і є одним із джерел несприятливого впливу на довкілля внаслідок вибухо- та пожежонебезпечності, можливості спалахування відходів, негативного впливу на рослинний покрив тощо. Біогаз є одним із так званих «парникових газів», що викликають зміни клімату Землі в цілому [14].

Аналіз особливостей емісії звалищного газу (ЗГ) полігону показує, що в результаті природних процесів анаеробного бродіння кожна тонна побутових відходів виділяє 120–200 м<sup>3</sup> звалищного газу [23].

Виділення ЗГ залежить від багатьох параметрів: вологості, кислотності, щільності, хімічного та морфологічного складу, а також від терміну зберігання ТПВ. Морфологічний склад ТПВ є визначальним для складу ЗГ та для інтенсивності його виділення. Він суттєво залежить від рівня розвитку країни, пори року, географічного розміщення тощо [23].

Відомо, що максимальні об'єми утворення ЗГ спостерігаються протягом перших років генерації, коли основний внесок мають матеріали, що легко розкладаються (харчові продукти, папір, деревина). На долю довгострокових

емісій, за рахунок матеріалів, що важко розкладаються, припадає не більше 20% від загального об'єму емісії. Але враховуючи тенденції збільшення вмісту в ТПВ таких матеріалів, сьогодні спостерігається збільшення об'ємів довгострокових емісій, а відповідно виникає задача моніторингу законсервованих полігонів, які є джерелами емісії ЗГ протягом десятків і сотень років після закриття полігону [23].

Макрокомпонентами звалищного газу є метан ( $\text{CH}_4$ ) і діоксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ ), їх співвідношення може змінюватися від 40-70% до 30-60% відповідно. В якості супутніх компонентів присутні азот ( $\text{N}_2$ ), кисень ( $\text{O}_2$ ), водень ( $\text{H}_2$ ), а також різні органічні сполуки. Склад звалищного газу обумовлює ряд його специфічних властивостей. Насамперед, звалищний газ горючий, його середня калорійність складає приблизно 5500 Ккал на  $\text{м}^3$ . У певних концентраціях він токсичний. Конкретні показники токсичності визначаються наявністю ряду мікродомішок, таких, наприклад як сірководень ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Зазвичай звалищний газ має різкий неприємний запах [21].

З органічної складової сміття (харчових відходів, паперу, листя та гілок) з часом утворюється звалищний газ – метан. Він накопичується у товщах сміття, звідки проривається нагору, а тоді вибухає та горить. На звалищах великих міст, де мільйони тон відходів накопичувались десятиліттями, під товстим нашаруванням непотребу може утворюватися справжня «лава» роками тліючого сміття [18].

Крім основних компонентів до складу ЗГ полігонів ТПВ входять такі мікрокомпоненти: толуол, аміак, ксилол, оксид вуглецю, двооксид азоту, формальдегід, етилбензол, ангідрид сірчистий та сірководень. Сумарний їх об'єм не перевищує 3 % від загального об'єму біогазу. Проте, гранично допустимі концентрації цих газів суттєво менші ніж допустимий рівень метану (в 100–1000 разів). Тому слід очікувати, що вони можуть чинити токсичний вплив на живі організми, у тому числі й на людину [23].

Дослідження показують, що в повітрі над діючим полігоном концентрація аміаку складає близько 30 ГДК. Оскільки в результаті біохімічних процесів



температура в тілі полігону підвищена, то часто спостерігається тління або горіння відходів. У такому випадку в атмосферу потрапляють оксид вуглецю (49–150 ГДК), аміак (11 ГДК), оксид сірки (40–200 ГДК), оксид азоту (50 ГДК) фенатрен, антрацен тощо [23].

Процеси горіння, які виникають на полігонах ТПВ, призводять до забруднення важкими металами ґрунтів прилеглих територій [24].

Пожежі на полігонах твердих побутових відходів (сміттєзвалищах) належать до найбільш складних і тривалих, гасіння яких вимагає залучення значних ресурсів, зусиль, засобів і часу. Прогнозування та попередження пожеж на полігонах (сміттєзвалищах) вкрай ускладнено, оскільки важко визначити можливі осередки підвищення температур через різну питому теплоємність відходів. Доки вогонь або дим не вийшли на поверхню, виявити осередок загоряння візуально практично неможливо. В основному пожежі виникають у пожежонебезпечний період влітку. Основною причиною виникнення пожеж залишається людська необачність і недбалість, нехтування правилами пожежної безпеки, необережне поводження з вогнем, порушення технологічного регламенту захоронення твердих побутових відходів. Полігони (сміттєзвалища) здатні до самозаймання. Спричиняє процес біохімічне розкладання відходів, яке супроводжується підвищенням температури до 40-70 °С [25].

### **1.3 Біологічні методи обробки органічної фракції ТПВ**

В останні роки обсяги утворення побутових відходів у країнах Євросоюзу, при збільшенні кількості населення мають тенденцію до зниження. У найбільш розвинених країнах Європи розвиток сфери поводження з твердими побутовими відходами дає можливість їх переробляти, компостувати й спалювати до 95% відходів. Досвід цих країн свідчить, що переробка відходів є економічно, екологічно та соціально вигідним видом діяльності [28].

Поміщені на полігон відходи представляють величезну втрату ресурсів у вигляді матеріалів та енергії, тому їх слід обмежити, наскільки це можливо.

Дедалі більше держав-членів запровадили заборони на захоронення відходів, що підлягають переробці, горючим або необробленим відходам, а також економічні стимули для відведення відходів зі звалищ. На рис.1.6 наведено захоронення побутових відходів, за винятком основних мінеральних відходів у ЄС за 2018 рік (%) [27].

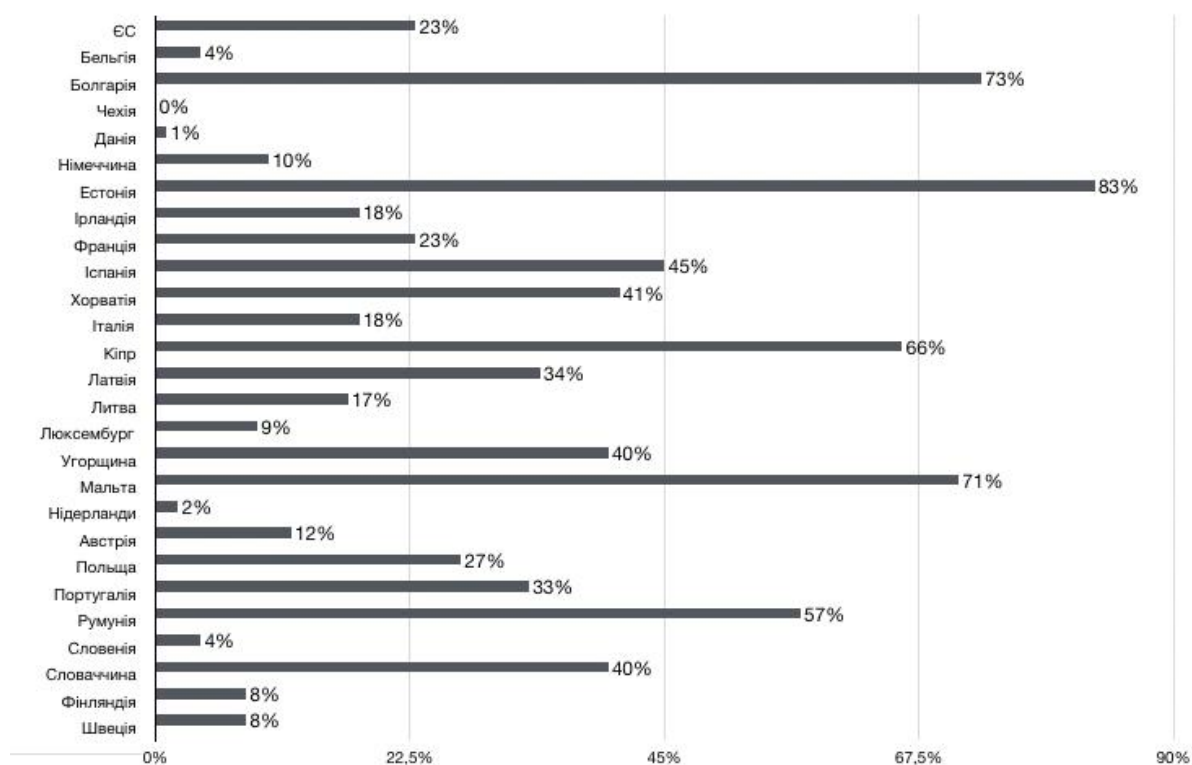


Рисунок 1.6 - Захоронення побутових відходів, за винятком основних мінеральних відходів у ЄС за 2018 рік (%) [27]

Як правило, для здійснення операцій поводження з промисловими відходами можуть бути використані відомі і достатньо вивчені способи (технологічні прийоми), які порівняно просто адаптуються виходячи з фізичного стану, складу і властивостей відходів, а також гігієнічних вимог [26].

Відповідно до європейських норм, придатні для повторного використання відходи повинні відправлятися на відповідні підприємства, безпечні — відвозитися на полігони ТПВ, а з небезпечними проводяться необхідні для знешкодження операції. При цьому на звичайні сміттєзвалищах не мають потрапляти відходи, які розкладаються біологічним шляхом, тобто органіка [31].

Існують два основних типи біологічних процесів, які використовуються для обробки відходів, що піддаються біологічному розкладанню: аеробні – за наявності кисню та анаеробні – за відсутності кисню [30].

Біологічні методи оброблення ТПВ [29]:

- анаеробне оброблення органічної речовини, що є у складі побутових відходів, різними видами бактерій з утворенням біогазу;
- аеробний оброблення (компостування) – це розкладання органічної речовини різними видами бактерій та грибків з отриманням ґрунтоподібного матеріалу (компост).

Вибір методу біологічного перероблення органічної речовини треба здійснювати з урахуванням природно-кліматичних умов, санітарного стану та кількісно-якісних параметрів органічної речовини, санітарно-гігієнічних вимог, вимог до використання готового продукту, технічних можливостей підприємства тощо [29].

В залежності від технології та оснащення, компостування може здійснюватись в штабелях або в спеціальних спорудах такими методами [29]:

- польове компостування природним способом;
- польове компостування прискореним способом;
- безкамерне компостування прискореним способом (у котлованах з примусовою аерацією);
- компостування у біотермічних камерах;
- промисловий метод компостування.

Для технології польового компостування характерно попереднє дроблення ТПВ перед укладанням у штабелі, що здійснюється за допомогою молоткових дробарок. У цьому випадку вихід компосту збільшується, а кількість відходів знижується [26].

Більш досконала технологія польового компостування здійснюється на спеціальних секційних майданчиках з водонепроникним дном (бетонні плити), обладнаних грейферним краном, що здійснює створення та перелопачування

штабелів. На майданчиках є дробильно-сортувальне відділення, обладнане приймальним бункером з пластинчастим живильником, магнітним сепаратором для відбору металобрухту, системою стрічкових транспортерів, циліндричним грохотом, дробаркою для компосту. Для аерації ТПВ в штабелях прокладають перфоровані димарі, з'єднані з вентилятором. Майданчики містять також систему поливу та пожежогасіння. Для ліквідації великого відсіву баластних фракцій майданчики можуть містити сміттєспалювальні або піролізні установки невеликої продуктивності; при їх відсутності баласт вивозиться на полігон. Для невеликих міст (до 200 тис. жителів) такі майданчики компостування є реальною альтернативою полігонів ТПВ [26].

Загальний процес приготування компосту може тривати 6-7 місяців, це залежить від властивостей складових частин компосту. Щоб прискорити процес компостування і забезпечити оптимальний перебіг процесу, можуть бути використані біореактори закритого типу [26].

В залежності від технології компостування органічну речовину потрібно [29]:

- формувати у штабелі;
- закладати у камери, траншеї чи котловани;
- направляти у ферментери.

Найбільш проста технологія компостування полягає в складуванні субстрату в штабелі, розташовані паралельними рядами з проїздом між ними 3 м. Ширина штабелю і висота варіюються залежно від кліматичних умов. Для запобігання виплоду мух, усунення запахів та зменшення теплообміну між штабелями і повітряним середовищем їх покривають шаром землі або торфу заввишки 15-20 см [26].

Для виробництва компосту в промислових умовах широко використовують відкриті штабелі (вітряні купи) або штабелі, які покривають плівкою або брезентом, а також реактори з підведенням повітря. Штабелі компосту повинні бути досить об'ємними, щоб забезпечити оптимальну кількість тепла. Бажаний розмір ~ 6 м завширшки і 2-3 м у висоту [26].

У штабелях весняно-літньої закладки в результаті протікання аеробного компостування протягом перших 15-20 днів відбувається саморозігрів 193 штабеля до 60-70°C; потім протягом 2-4 місяців температура тримається на рівні 40-45°C, а в подальшому знижується до 30-35°C. Через 10 місяців температура встановлюється на рівні 14-18°C і тримається до наступної весни. Рекомендована тривалість компостування ТПВ в штабелях – від 12 до 18 місяців. При регулярному перелопачуванні і зволоженні штабелів термін може бути істотно зменшений [26].

У процесі компостування інтенсивно знижується вологість відходів. Для забезпечення активізації процесу поряд з перелопачуванням і примусовою аерацією матеріал слід зволожувати. Отриманий компост очищається від баластних фракцій – скла, каміння, металу з використанням установки для механізованого сортування [26].

Існує декілька технологічних схем компостування, окремі вузли яких можна компонувати в залежності від обладнання підприємства [29]:

- 1) із приймального бункеру з пластинчастим живильником органічна речовина надходить на барабан або дробарку, де подрібнюється, потім змішується з необхідними компонентами та подається на компостування, згідно з обраною технологією;
- 2) із приймального бункеру з пластинчастим живильником органічна речовина надходить на барабан або дробарку, де подрібнюється, а потім із неї формують штабель та проводять процес згідно з обраною технологією;
- 3) компостування у дві стадії: із приймального бункеру з пластинчастим живильником органічна речовина надходить на дробарку, потім у закриті приміщення, що поділено підпирними перегородками на відсіки з обладнанням для примусової аерації, де компостується протягом 10 діб; суміш кожні дві доби переміщують спеціальним пристроєм із одного відсіку у другий; потім компост подається на грохот, а після цього на відкритій ділянці формують штабель, в якому він дозріває 2-3 місяці;

- 4) компостування з подвійним подрібненням: із приймального бункеру з пластинчастим живильником органічна речовина надходить на дробарку, потім на грохот; крупна фракція після грохоту відправляється на спалювання або захоронення, а дрібна – на компостування; компостування проводять на відкритій ділянці з підірними перегородками та обладнанням для переміщення матеріалу у сусідні відсіки; готовий компост подрібнюють на грохоті;
- 5) у разі відсутності дробарки або біобарабану штабель із органічної речовини формують із не подрібненого матеріалу, проводять процес компостування, а наприкінці процесу проводять подрібнення на грохоті, а потім на дробарці.

Технологічне обладнання процесу компостування [29]:

- система конвеєрів;
- бункер-прямок;
- подрібнювальне обладнання для подрібнювання органічної маси ТПВ;
- біобарабани (або біотермічні камери, котловани, ділянки чи штабелі);
- подрібнювальне обладнання для подрібнювання компосту з магнітним сепаратором;
- грейферний кран.

На розкладання органічних речовин впливає безліч факторів, з яких слід виділити чотири основних [32]:

- виробництво компосту залежить від доступу кисню. Аеробне розкладання означає, що активним бактеріям в купі компосту необхідний кисень, в той час як анаеробне розкладання означає, що активним мікроорганізмам не потрібен кисень для життя та зростання. Оскільки сам процес компостування не відбувається у вигляді простого розкладання вихідного матеріалу на складові, а являє собою багаторазові хімічні перетворення, вельми корисно забезпечувати постійний або

періодичний приплив свіжого повітря по всьому об'єму матеріалу, що компостується;

- необхідно підтримувати високу вологість в компостній купі, але при цьому необхідно забезпечувати доступ повітря для аеробних бактерій. Різні матеріали мають різну водовбирну здатність, таким чином визначають кількість води, необхідну для утворення компосту. Наприклад, матеріали з деревини та волокон, такі як кора, тирса, стружка, сіно або солома утримують до 75-85% вологості. «Зелені добрива», такі як газонна трава та рослини, здатні утримувати 50-60 % вологості. Мінімальний вміст вологи, при якому проявляється активність мікроорганізмів, становить 45 — 55%, оптимальне – 60-70%. Вочевидь, чим нижче вологість компостної маси, тим повільніше буде відбуватися процес утворення компосту. Досвід показує, що вологість може стати обмежуючим фактором, при її зниженні нижче 45-50%;
- як відомо, температура є найсильнішим чинником, що впливає на швидкість течії хімічних реакцій. Низька зовнішня температура в зимовий період уповільнює процес розкладання, а теплі літні температури прискорюють процес. У теплі місяці року інтенсивна мікробіологічна активність всередині компостної купи призводить до утворення компосту при надзвичайно високих температурах;
- чим дрібніше подрібнений вихідний матеріал, тим швидше відбувається процес його розкладання.

Технологічні підходи щодо підготовки вихідних компостних сумішей наступні [29]:

- введення вологопоглинальних компонентів рослинного походження для зниження вологості: солома, тирса, торф тощо;
- зволоження основного компонента або суміші з органічних компонентів у разі недостатньої вологості водою або рідкими відходами, курячим послідом, гнойовою рідиною тощо;

- введення органічних компонентів для підвищення масової кількості речовин, що легко розпадаються, та підвищення «енергетичного» потенціалу суміші;
- застосування рециркуляційного компосту або інших наповнювачів для структурального покращання вихідної компостної суміші.

Технологічне обладнання процесу анаеробного оброблення (зброджування) органічної речовини, вилученої з побутових відходів: система конвеєрів, бункер-приямок, подрібнювальне обладнання, проціджувачі, насоси, метантенки, газгольдери, теплообмінники, обладнання для очищення біогазу, когенераційна установка [29].

Органічна речовина, придатна для анаеробного зброджування, має відповідати таким вимогам [29]:

- бути свіжою з максимальним вмістом органічних речовин;
- не містити включень розміром більше ніж 30 мм і твердих мінеральних частинок, щільність яких перевищує 1100 т/м<sup>3</sup> ;
- оптимальні параметри маси для анаеробного зброджування мають бути:
  - вологість – від 90 % до 92%;
  - зольність – від 15 % до 16%;
  - рН – від 6,9 до 8,0;
  - вміст жирних кислот – від 600 мг/л до 1500 мг/л;
  - лужність – від 1500 мг CaCO<sub>3</sub>/л до 3000 мг CaCO<sub>3</sub>/л;
  - початкове відношення вуглецю і азоту (C : N) повинно наближатись до відношення C : N = (10-16) : 1;
- маса, що зброджується, (далі – субстрат) не повинна вміщувати речовини, які пригнічують життєдіяльність метаноутворюючих організмів, у концентрації, вище допустимої. До цих речовин відносяться: різні форми азоту, більшість важких, лужних, лужноземельних металів, сульфідів, кисню, антибіотиків, дезінфікуючих засобів та інших речовин.



Зброджування треба проводити в біореакторах-метантенках, які мають бути герметичними, з тепло-гідроізоляцією, мати пристрої завантаження біомаси і вивантаження збродженої біомаси та відведення біогазу. Для інтенсифікації метаногенеза, біореактори треба обладнати механізмами для примусового перемішування, руйнування кірки і підігрівання [29].

Зброджування доцільно проводити з підігріванням і підтриманням температур:  $(33 \pm 2)^\circ\text{C}$  (мезофільний режим) або  $(53 \pm 2)^\circ\text{C}$  (термофільний режим). Підвищення температури поліпшує умови для утворення біогазу, сприяє зменшенню необхідного робочого об'єму біореактора, але знижує вміст метану в біогазі та значно підвищує витрати теплової енергії при термофільному режимі. Доцільно дотримуватися тривалості процесу: для мезофільного режиму (10 – 30) діб, а для термофільного режиму (7 – 15) діб [29].

Для стабілізації процесів анаеробного зброджування органічної речовини та інтенсифікації роботи метантенків необхідно забезпечити [29]:

- попередню підготовку суміш;
- безперервне завантаження-розвантаження попередньо підігрітої органічної речовини, що дасть можливість стабілізувати швидкість анаеробного розкладання частини органічної речовини, що зброджується, і забезпечить рівномірне видалення біогазу протягом доби;
- перемішування суміші в резервуарах метантенків з оптимальною інтенсивністю, що забезпечить ефективне використання всього об'єму резервуару, виключить утворення мертвих зон, розшарування органічної речовини, відкладання мінералізованого осаду та утворення кірки, а також сприятиме вирівнюванню температурного поля, покращенню газоутворення;
- підтримання оптимальної температури режиму зброджування;
- нагрівання органічної речовини, що завантажується;

- забезпечення нормальної життєдіяльності популяції мікроорганізмів, що утворюють метан.

Залежно від специфічних промислових вимог біогаз можна використовувати різними способами [29]:

- у теплоустановці, в газогенераторах для одночасного отримання теплової і електричної енергії;
- подавати в газові мережі для комунальних і побутових потреб;
- стискувати для подальшого зберігання в газгольдерах.

### **Висновок до першого розділу**

Темпи утворення твердих побутових відходів у світі загалом та в Україні зростають.

Належне поводження з твердими побутовими відходами є необхідною умовою сталого розвитку.

Захоронення органічної фракції ТПВ на полігонах призводить до виникнення екологічних ризиків для навколишнього середовища.

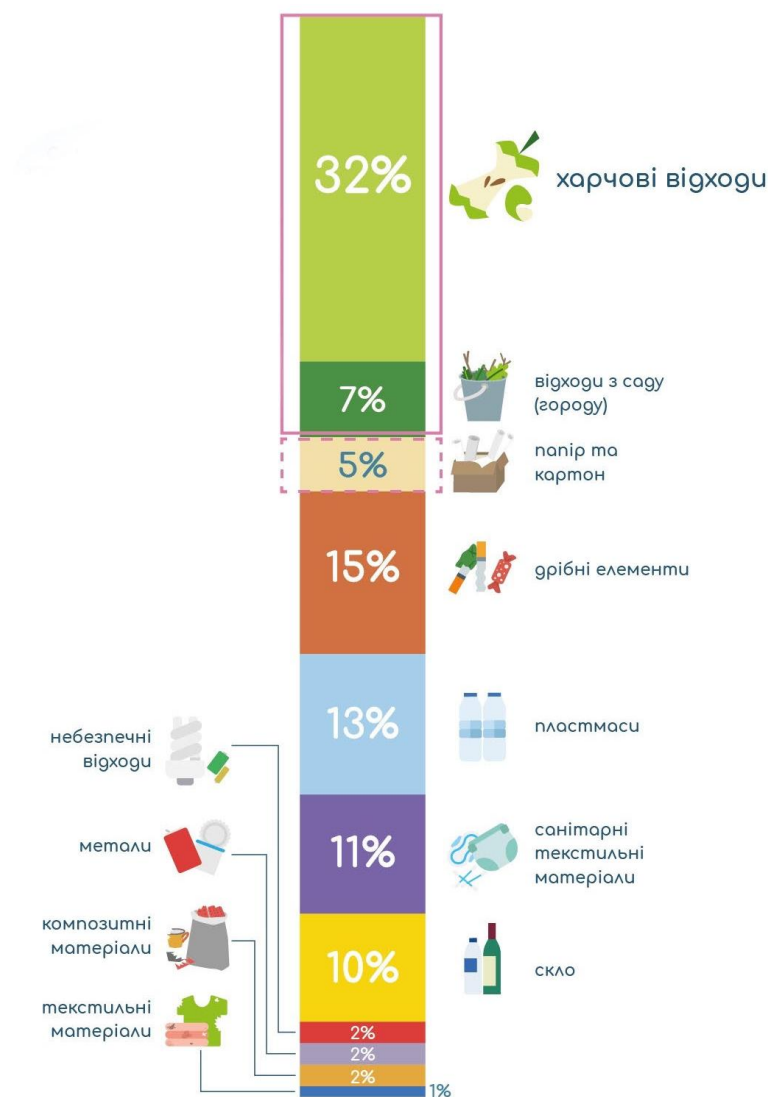
Екологічно доцільним і економічно вигідним методом оброблення органічної фракції ТПВ є компостування. Утворений компост можна використовувати для різних цілей.

## РОЗДІЛ 2.

### ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1 Компост з органічної фракції ТПВ: виготовлення та використання

Згідно з даними дослідження, яке провели компанія Egis та ЛКП «Зелене місто» влітку 2017 року, майже 40% нашого смітника складають органічні відходи, тобто залишки їжі (рис.2.1). Далі йдуть пластмаси та дрібні елементи, що часто є одноразовим пластиком [33].



За даними Egis та ЛКП «Зелене місто», літо 2017р.

Рисунок 2.1 - Морфологічний склад побутових відходів [33]

Зважаючи на те, що в Україні 92 % побутових відходів потрапляють на звалища, більшість органічних відходів безповоротно втрачаються [34].

Львівським комунальним підприємством “Зелене місто” започатковано проєкт роздільного збору органіки та її переробки, методом компостування. Баки для роздільного збору органіки розміщені практично на всіх контейнерних майданчиках міста. Органічні відходи вивозять в міру накопичування [41,42].

Сортування сміття (відходів) — процес, при якому відходи поділяються на різні групи [35].

Для того, щоб сортування давало свої результати, воно повинне бути максимально якісним та роздільним. Тому країни повинні забезпечити необхідні пункти збору, контейнери тощо. Населення, у свою чергу, повинне належно розділяти відходи та поміщати його у відповідні контейнери, пункти прийому [36].

З січня 2018 року у Закон «Про відходи» було внесено зміни, які суворо зобов’язують сортувати сміття та забороняють захоронення на полігонах не перероблених твердих відходів [37].

Контейнери для сортування найбільш популярного сміття – паперу, скла, пластику (ПЕТ), органіки та небезпечних відходів (батареї, акумулятори, ртутні термометри, лампи, медичні відходи, консерванти тощо) – у більшості використовується як загальний бак для усіх видів відходів. Правильно відсортоване сміття полегшує його передачу до організацій, які використовують його як вторинну сировину. Це дозволяє зекономити на процесі первинного виробництва матеріалів, знизити вартість кінцевого товару та зменшити кількість утворюваних відходів [38].

Принципи сортування відходів [39]:

- відділяється побутове сміття від харчового;
- з побутових відходів виділяється сміття, яке придатне для вторинної переробки;
- утилізація біовідходів.

У багатьох великих містах використовують зручну систему сортування контейнерів за кольорами [39]:

- сині – призначені для чистого сухого паперу;

- жовті – використовуються для пластикового сміття;
- зелені – застосовуються для залишків їжі, підгузків, упаковок Tetra Pak.

У контейнери для органіки можна викидати такі відходи [40]:

- залишки сирих овочів і фруктів;
- шкаралупу яєць;
- вироби з борошна, залишки кондитерських виробів;
- заварку від чаю без пакетиків, залишки кави;
- скошену траву;
- зів'ялі квіти.

Натомість не можна викидати у контейнери для органіки [40]:

- м'ясо, рибу, молочні та жирні продукти;
- тверді побутові відходи;
- скло та склотару;
- пластик, кульки, пакети, відходи упаковки, tetra-pac;
- серветки та паперові вироби;
- тканинні вироби.

Органічні відходи можна викинути у спеціальні коричневі контейнери або ж привезти самостійно на компостувальну станцію. Там приймають залишки сирих овочів і фруктів, шкаралупу сирих яєць, заварку від чаю, скошену траву; зів'ялі квіти та опале листя [43].

Пілотний проект з промислового виготовлення компосту з міських органічних відходів ЛКП “Зелене місто” проводиться відкритим методом на території компостувального майданчика, на якому знаходяться [41]:

- компост-контейнери;
- фронтальний погрузчик для завантаження органіки у контейнери;
- спеціально підготовлений майданчик куди вивозять “молодий” компост;
- самохідний аератор, який, згідно з технологічним процесом компостування, періодично аерує бурти для збагачення їх киснем,

вносить необхідну частку вологи та охолодження для повноцінного дозрівання компосту;

- вібросито, де компост просіюють, відкидаючи сторонні предмети і крупні неперероблені часточки.

Етапи технологічного процесу та роботу компостувальної станції [41]:

1. На компостувальну станцію привозять харчові відходи, їх загрузають в спеціальні компост-контейнери (рис.2.2). Там органіка проходить процес попереднього компостування (пастеризації) протягом 2 годин, при цьому гине більшість патогенної мікрофлори.
2. Після закінчення процесу пастеризації, контейнер завантажують на платформу та транспортують на майданчик компостування. Цей майданчик – спеціально обладнана площадка, яка має тверде покриття (асфальт) і сток для зайвої рідини.
3. На майданчику, під наглядом технолога з компостування, відходи “проходять” процес компостування, або дозрівання, контролюється вологість, температура, та зміни у структурі сировини. Під час цього етапу компост необхідно регулярно перемішувати та зволожувати. Для цього використовується спеціальна техніка, яка подрібнює матеріал, охолоджує, зволожує, перемішує і насичує його киснем, що дозволяє закінчити процес компостування за 4-8 тижнів.
4. Після закінчення процесу компостування на майданчику, готовий продукт просіюється, очищається від великих часток, гілок, каміння, пластику, тощо. Готовий продукт – це компост, без неприємного запаху, шкідливих бактерій, неорганічних домішок. Цей компост використовують як добриво в сільському господарстві, для міського озеленення, рекультивації ґрунтів.



Рисунок 2.2 - Приклад комплектації контейнера для компостування органічних відходів у великих кількостях [41]

Впродовж 2021 року на станцію компостування у Львові надійшло майже 8000 тонн органіки. Всі ці відходи переробили у компост. Відтак впродовж минулого року з харчових і садово-паркових відходів на станції компостування виготовили 223 тонни компосту [40].

У квітні 2022 року на станцію компостування надійшло 157 390 кг харчових відходів. Тим часом садово-паркових відходів привезли на переробку майже вдвічі більше – 305 320 кг. Всього отримали органіки 462 710 кг [44].

Якщо ж порівнювати з аналогічним періодом минулого року, то приріст надходжень становить 71% [44].

Отриманий компост можна використовувати [29]:

- як добриво у сільському господарстві; у лісному господарстві; у зеленому будівництві;
- для рекультивації земель;
- як паливо з попереднім брикетуванням; брикетування треба проводити за стандартними технологіями, які включають попередню сушку компосту до вологості від 3% до 8% та оброблення на пресі.

Використання компосту як добрива у сільському господарстві обмежується рядом показників, наведених в табл. 2.1-2.3.

Агрохімічні і фізико-хімічні показники добрив повинні знаходитись у межах, що зазначені у табл 2.1 [29].

Таблиця 2.1 - Агрохімічні і фізико-хімічні показники добрив, що призначені для використання у сільському господарстві [29]

<b>Назва показника</b>	<b>Норма</b>
Вміст фракцій крупніше ніж 50 мм, на суху речовину, % не більше	2
Масова доля органічної речовини, на сухий продукт, %, не менше	40
Вологість, %	20-80
Реакція середовища, рН	6,5-8
Масова доля поживних речовин, на сухий продукт, %, не менше	
азот загальний	1,8
фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) загальний	2,0
калій (K <sub>2</sub> O) загальний	0,1

Добрива за мікробіологічними показниками повинні відповідати нормам, що наведені у табл. 2.2 [29].

Таблиця 2.2 - Мікробіологічні показники добрив [29]

<b>Назва показника</b>	<b>Норма</b>
Індекс БГКП, куо/дм <sup>3</sup> , не більше	10000
Наявність патогенної мікрофлори	не допускається
Наявність життєздатних яєць гельмінтів, шт/кг	не допускається



## 2.2 Методика проведення дослідження

Для проведення дослідження попередньо провели відбір проб:

- 1) сіро-лісового ґрунту на території покинутого саду Львівського національного університету природокористування (м.Дубляни);
- 2) компосту, виготовленого на станції компостування ЛКП «Зелене місто» (м. Львів вул. Пластова 13).

Відбір проб компосту проводити за ГОСТ 21560.082. Під час відбору додержуватись таких вимог [29]:

- проби відбирати з різних місць однієї партії ручним способом, місткістю 1 л;
- маса одинарної проби повинна бути не менше ніж 0,3 кг; кількість одинарних проб, що відбираються в об'єднану пробу, повинна бути не менше ніж 30;
- для одержання середньої проби об'єднану пробу треба старанно перемішати на поліетиленовій плівці або брезенті, розподілити рівним шаром і методом квартування скоротити до маси не менше ніж 1 кг;
- середню пробу треба помістити у подвійний поліетиленовий пакет, зав'язати та помітити етикеткою з вказівкою найменування продукту, номера партії, маси партії, від якої відібрана проба, дати її відбору і прізвища працівника, що відібрав пробу.

В середній пробі компосту проводили визначення агрохімічних і фізико-хімічних показників. Визначення вологості проводили за ГОСТ 26713-85, рН за ГОСТ 27979-88, вміст органічної речовини за ГОСТ 8454:2015. Загальний азот визначали за ГОСТ 7911:2015, загальний вміст фосфору за ГОСТ 26717-85, загальний вміст калію за ГОСТ 7949:2015.

Для проведення модельного дослідження відібраний компост змішували з ґрунтом у співвідношенні: 1 кг ґрунту : 300г компосту Ґрунт з компостом ретельно перемішували (рис.2.3).



Рисунок 2.3 Підготовка суміші ґрунту з компостом

За контроль використовували ґрунт без компосту.

В дослідженнях використали дві тест-рослин – крес-салат (*Lepidium sativum*) та гірчицю білу (*Sinapis alba*).

Насіння тест-рослин попередньо відкалібрували та замочували перед висівом в воді протягом доби.

Дослідження проводили в лабораторних умовах при кімнатній температурі 18°C.

Після висіву тест-рослин полив ґрунту проводили через одну добу.

Тривалість досліджу – 10 діб.

Після 10 діб рослин акуратно, щоб не пошкодити корінь та стебло, витягували з ґрунту та промивали водою. Після цього проводили вимір довжини кореня та висоти пагона кожної тест-рослини.

Другий етап досліджу провели через рік, використавши ту саму суміш ґрунту з компостом, яку протягом року зберігали в контейнері з доступом повітря, регулярно зволожуючи.

Результати досліджень статистично опрацювали, визначаючи для варіаційного ряду морфометричної ознаки середнє арифметичне, помилку середнього арифметичного.

Формула для визначення середнього арифметичного (2.1)

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{N} \quad (2.1)$$

де,  $x_n$  – довжина кореня або стебла, см;

$N$  – загальний об'єм вибірки.

Формула для визначення середнього арифметичного (2.2) :

$$S_x = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (2.2)$$

де,  $N$  – загальний об'єм вибірки;

$\sigma$  - стандартне квадратичне відхилення.

Формула для визначення стандартного квадратичного відхилення (2.3):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^N (\bar{x} - x_n)^2}{N-1}} \quad (2.3)$$

Ефективність внесеного компосту на ріст рослин визначали у відсотках за формулою (2.4):

$$E_\phi = \frac{\bar{x}_{\text{компост}} \cdot 100\%}{\bar{x}_{\text{контроль}}} \quad (2.4)$$

де,  $\bar{x}_{\text{компост}}$  - середнє арифметичне морфометричної ознаки тест-рослини, які вирости на суміші ґрунту з компостом, см;

$\bar{x}_{\text{контроль}}$  - середнє арифметичне морфометричної ознаки тест-рослини на контролі.

### 2.3 Тест-рослини

Крес-салат (*Lepidium sativum*) — однорічна перехреснозапильна трав'яниста салатна рослина родиникапустяних, вимоглива до регулярного забезпечення ґрунту вологою [46]

Рослини крес салату люблять світло, особливо на ранніх етапах розвитку, хоча добре ростуть при частковій тіні [48].

Крес-салат володіє підвищеною чутливістю до забруднення ґрунту важкими металами, а також до забруднення повітря газоподібними викидами автотранспорту [48].

Ця тест-культура має здатність швидким проростанням насіння і майже стовідсотковою виростом всіх насінин, яка помітно зменшується в присутності негативних факторів [49].

Завдяки тому, що насіння крес-салату проростає вже на 3-4 день, його доцільно використовувати в дослідженні через короткі терміни досліду [49].

Крес - салат як біоіндикатор зручний ще й тим, що дію стресорів можна вивчати одночасно на великій кількості рослин при невеликій площі робочого столу [47].

При проведенні дослідів з крес-салатом слід враховувати, що великий вплив на проростання насіння та якість проростків надає водно-повітряний режим та родючість субстрату. Тому як субстрат для контролю слід брати ґрунт того ж типу, що й для дослідів [47].

Гірчиця біла (*sinapis alba*) – це вид однорічних трав'янистих рослин [50].

Серед багатьох рослин гірчиця відрізняється крайньою невибагливістю. Її можна сіяти в відкритий ґрунт відразу після танення снігу. Її насіння проростає, якщо ґрунт прогрівсь до +1°C. Сходить легко та переносить понижені температури до 5-7 °C [51].

Гірчиця володіє чутливістю до забруднення ґрунту важкими металами, а також до забруднення повітря газоподібними викидами автотранспорту. Гірчиця швидко проростає і володіє дуже хорошим сходженням, який зменшується при присутності забрудника. Крім того, пагін та корінь цієї рослини під дією забрудника піддаються помітним змінам (затримка росту і скривлення пагонів, зменшення довжини і маси кореня, а також число і маса насіння) [51].

Насіння проростає вже на третій-четвертий день, і на більшість питань досліду можна отримати відповідь в термін 10-15 діб [51].

### **Висновок до другого розділу**

Доведено, що органічна складова сміття приблизно на 40% складається з органічних відходів.

У Львові працює Станція компостування, яка оброблює міські органічні відходи шляхом промислового компостування.

Готовий компост можна використовувати в сільському, лісовому, прибудинковому господарстві та для рекультивації земель.

Готовий компост було відібрано із Станції компостування та досліджено ефективність росту та розвитку тест-культур.

## РОЗДІЛ 3.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

#### 3.1 Агрохімічні і фізико-хімічні показники компосту

Результати визначення агрохімічних і фізико-хімічних показників компосту наведені в табл 3.1.

Таблиця 3.1 - Агрохімічні і фізико-хімічні показники компосту

Назва показника	Компост	<sup>1</sup> Норма
Вміст фракцій крупніше ніж 50 мм, на суху речовину, %	1,5±0,2	не більше <sup>2</sup>
Масова доля органічної речовини, на сухий продукт, %,	43,0±2,3	не менше 40
Вологість, %	38,0±3,1	20-80
Реакція середовища, рН	7,0±0,3	не менше 6,5-8
Азот загальний	2,0±0,2	не менше 1,8
Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) загальний	2,7±0,3	не менше 2,0
Калій (K <sub>2</sub> O) загальний	0,5±0,1	не менше 0,1

<sup>1</sup>Обмеження Українського стандарту на компост ТПВ, призначений для використання в сільському [29].

Аналіз агрохімічних і фізико-хімічних показників досліджуваного компосту показує, що вони знаходяться у межах, що відповідають встановленим нормам для добрив [29].

#### 3.2 Морфометричні показники тест-рослин, вирощених на ґрунті з внесенням компосту

##### 3.2.1 Результати 1 етапу дослідження

За результатами проведеного модельного дослідження спостерігається помітне збільшення росту надземної частини тест-рослин в ґрунті з додаванням компосту (рис. 3.1 і 3.2).

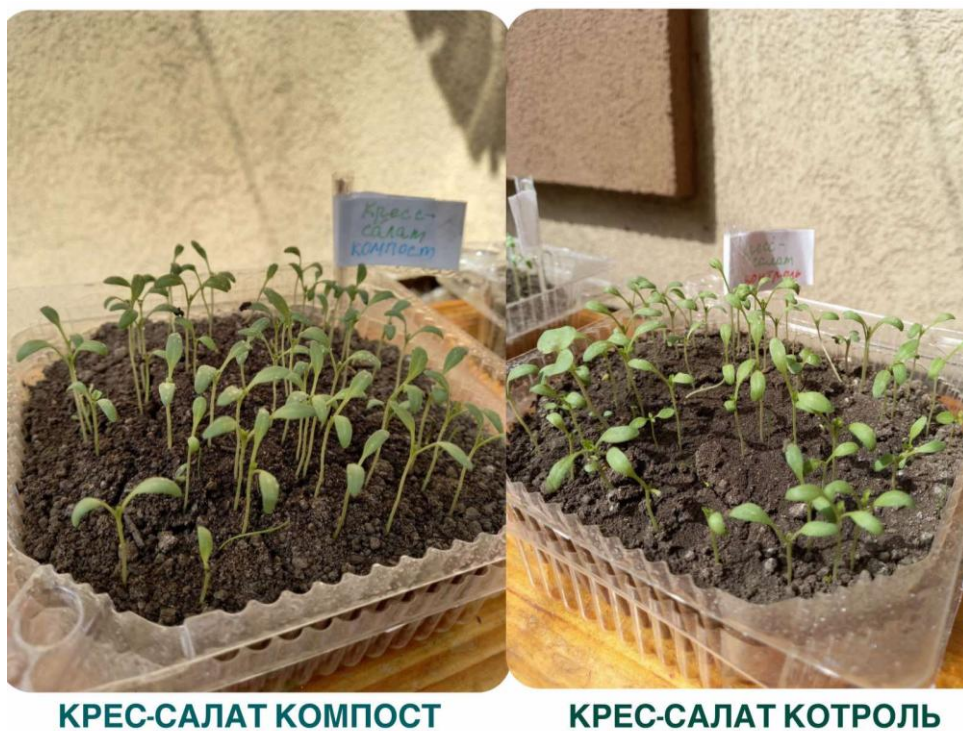


Рисунок 3.1 - Крес-салат, вирощений протягом 10 діб на ґрунті з внесенням компосту (1 етап досліду)



Рисунок 3.2 - Гірчиця біла, вирощена протягом 10 діб на ґрунті з внесенням компосту (1 етап досліду)

Варіаційні ряди досліджуваних морфометричних показників тест-рослин за результатами проведеного першого етапу дослідження показано на рис. 3.3 і 3.4.

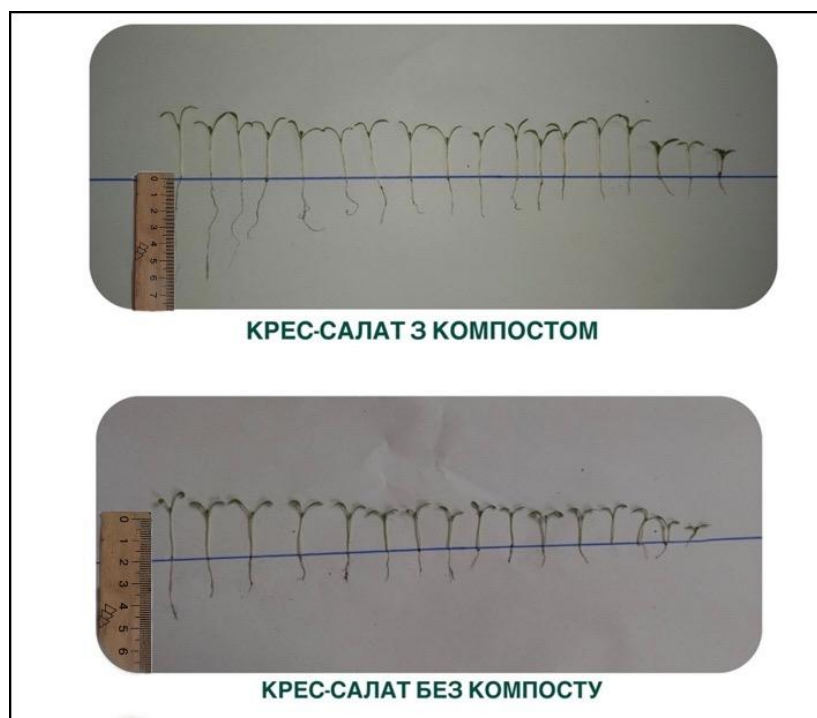


Рисунок 3.3 - Варіаційний ряд довжини кореня та висоти пагону крес-салату за результатами першого етапу дослідження



Рисунок 3.4 - Варіаційний ряд довжини кореня та висоти пагону білої гірчиці за результатами першого етапу дослідження



Аналіз варіаційних рядів досліджуваних ознак тест-рослин показує, що довжина кореня та висота пагона є більшими у рослин, які виростили на ґрунті з додаванням компосту.

Результати статистичного опрацювання варіаційних рядів морфометричних показників тест-рослин першого етапу дослідження наведені в табл.3.2 і 3.3

Таблиця 3.2 - Морфометричні показники крес-салату, вирощеного на ґрунті з додаванням компосту (результати 1 етапу дослідження )

Показник	Умови росту	$\bar{x} \pm S_x$ , см	$x_{max}$ , см	$x_{min}$ , см
Довжина кореня	ґрунт+компост	$3,0 \pm 0,5$	7	1
	ґрунт (контроль)	$1,6 \pm 0,2$	4,5	0,6
Висота пагона	ґрунт+компост	$4,0 \pm 0,2$	3,6	1
	ґрунт (контроль)	$2,2 \pm 0,2$	3,4	0,5

Таблиця 3.3 - Морфометричні показники гірчиці білої, вирощеної на ґрунті з додаванням компосту (результати 1 етапу дослідження )

Показник	Умови росту	$\bar{x} \pm S_x$ , см	$x_{max}$ , см	$x_{min}$ , см
Довжина кореня	ґрунт+компост	$4,0 \pm 0,2$	4,5	2
	ґрунт (контроль)	$2,1 \pm 0,2$	3,9	1
Висота пагона	ґрунт+компост	$5,3 \pm 0,5$	11,5	2,5
	ґрунт (контроль)	$3,4 \pm 0,4$	8,5	1,5

Отже, за результатами першого етапу модельного дослідження, внесення в сирій лісовий ґрунт компосту в пропорції 1:0,3, має позитивний вплив на ріст кореня і пагона тест-рослин: крес-салату і гірчиці білої.

### 3.2.2 Результати 2 етапу досліду

За результатами 2 етапу досліду спостерігається також кращий ріст надземної частини тест-рослин на ґрунті з компостом, у порівнянні з контролем, але менший, у порівнянні з ростом надземної частини першого етапу досліду (рис. 3.5 і 3.6).



Рисунок 3.5 - Крес-салат, вирощений протягом 10 діб на ґрунті з внесенням компосту (2 етап досліду)



Рисунок 3.5 - Гірчиця біла, вирощена протягом 10 діб на суміші ґрунту з компостом (2 етап досліду)

Варіаційні ряди досліджуваних морфометричних показників найбільших тест-рослин за результатами другого етапу досліду показано на рис. 3.7 і 3.8



Рисунок 3.7- Варіаційні ряди довжини кореня та висоти пагона найбільших рослин крес-салату за результатами другого етапу досліду



Рисунок 3.8 - Варіаційні ряди довжини кореня та висоти пагону найбільших рослин гірчиці білої за результатами другого етапу досліду

Статистичне опрацювання варіаційних рядів досліджуваних показників тест-рослин другого етапу дослідження наведені в табл. 3.4 і 3.5.

Таблиця 3.3 - Морфометричні показники крес-салату, вирощеного на ґрунті з додаванням компосту (результати 2 етапу дослідження )

Показник	Умови росту	$\bar{x} \pm S_x$ , см	$x_{max}$ , см	$x_{min}$ , см
Довжина кореня	ґрунт+компост	$2,6 \pm 0,4$	5,9	1
	ґрунт (контроль)	$1,6 \pm 0,2$	4,3	0,5
Висота пагона	ґрунт+компост	$2,7 \pm 0,2$	4,5	1,5
	ґрунт (контроль)	$2,2 \pm 0,4$	4,5	1,5

Таблиця 3.4 - Морфометричні показники гірчиці білої, вирощеної на ґрунті з додаванням компосту (результати 2 етапу дослідження )

Показник	Умови росту	$\bar{x} \pm S_x$ , см	$x_{max}$ , см	$x_{min}$ , см
Довжина кореня	ґрунт+компост	$3,3 \pm 0,7$	8	1
	ґрунт (контроль)	$2,1 \pm 0,5$	7,5	1,5
Висота пагона	ґрунт+компост	$4 \pm 0,3$	5	1
	ґрунт (контроль)	$3,4 \pm 0,1$	4,5	1,5

Отже, за результатами другого етапу модельного дослідження, експозиція компосту в сірому лісовому ґрунті протягом одного року має позитивний вплив на ріст кореня і пагона тест-рослин: крес-салату і гірчиці білої

### 3.3 Ефективність компосту на ріст тест-рослин

Результати визначення ефективності компосту на ріст тест-рослин за результатами проведених двох етапів модельного дослідження наведено на рис. 3.9 і 3.10.

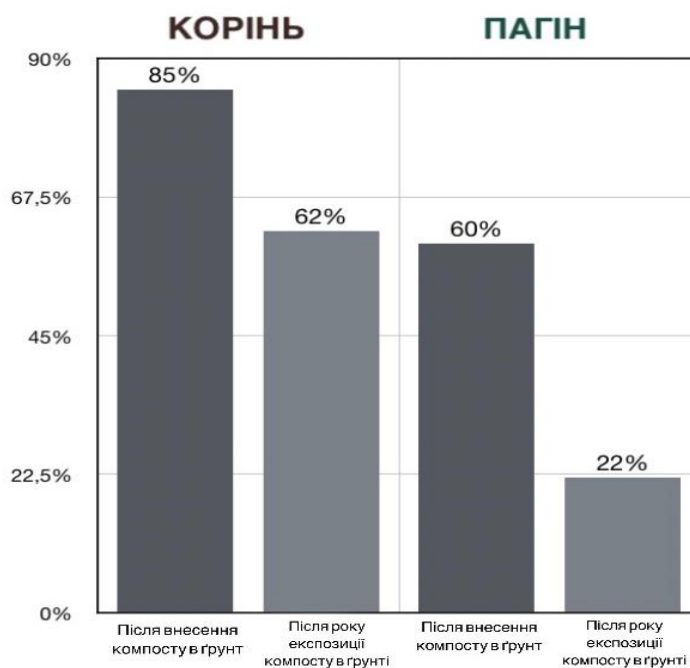


Рисунок 3.9 - Ефективність компосту на ріст кореня і пагона крес салату

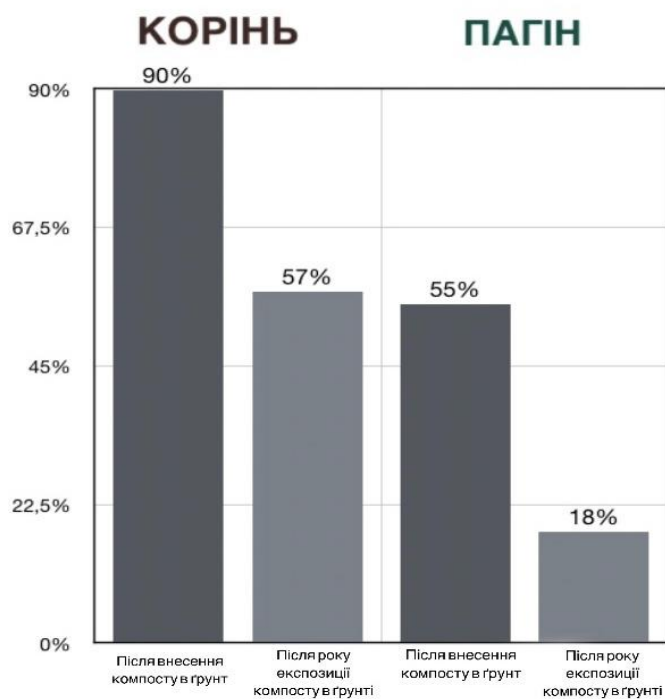


Рисунок 3.10 - Ефективність компосту на ріст кореня і пагона гірчиці білої

За результатами першого етапу модельного дослідження, ефективність компосту у сірому лісовому ґрунті на ріст кореня тест-рослин становить 85-90, а ефективність на ріст пагона - 55-60%.

За результатами другого етапу модельного дослідження, ефективність компосту після року експозиції в сірому лісовому ґрунті на ріст кореня тест-рослин становить 55-60%, а ефективність на ріст пагона - 18-22%.

Аналіз результатів вказує на те, що ефективність компосту на ріст рослин є більшою після його внесення в ґрунт. Ефективність компосту після його експозиції протягом одного року в ґрунті зменшується на ріст кореня до 25-40%, і пагона – 29-40%.

За результатами двох етапів модельних досліджень, показано, що ефективність компосту має більший ефект на ріст кореня у порівнянні з пагоном (рис.3.9 і 3.10).

### **3.4 Обґрунтування можливості використання компосту як добрива в сільському господарстві**

Перевагою використання компосту як добрива є те, що він покращує родючість ґрунту на довгостроковий термін, за рахунок покращення структури ґрунту. Органічні речовини є ключовим фактором покращення структури ґрунту. Органічна матерія містить багато мікроелементів, важливих для росту рослин і покращує водоутримуючу здатність ґрунту. Іншим аспектом є те, що компост вивільняє поживні речовини повільно, а це означає, що ефект від компосту є довгостроковим [55].

Штучні добрива, порівняно з компостом, містять лише кілька поживних речовин (азот, фосфор і калій), але концентрація цих поживних речовин в добриві велика. Зі штучного добрива поживні речовини виділяються швидко. Це означає, що штучні добрива – це швидка одноразова поставка поживних речовин для задоволення потреб культури [55].

Одного додавання штучних добрив недостатньо, щоб зберегти достатній рівень кількості родючості ґрунту. Органічні речовини необхідні

для утримання води та поживних речовин в ґрунті. Деградований ґрунт, де немає органічних речовин, дає все одно менший врожай, навіть, якщо додати штучне добриво.

Основним використанням компосту є кондиціонування та удобрення ґрунту шляхом додавання гумусу, поживних речовин та корисних ґрунтових бактерій. Це сприяє поліпшенню фізичних і хімічних властивостей і сприяє підвищенню здатності ґрунту зберігати повітря і воду [54].

Внесення до ґрунту компостованих твердих побутових відходів (ТПВ) зазвичай позитивно впливає на ріст і врожай різноманітних сільськогосподарських культур, а також на відновлення еколого-економічних функцій землі. Реакція рослинних систем коливалася від жодної до збільшення врожайності більше ніж у два рази. Конкретні реакції залежать від посіву та місця [56].

Переваги компостування [57]:

1. Компост найбільш відомий своїм внеском у здоровий і стійкий ріст рослин. Він має ряд додаткових переваг для росту рослин, серед них те, що він балансує щільність ґрунту, додає та зберігає поживні речовини, а також запобігає хворобам, шкідникам і бур'янам. Ці та інші переваги допомагають гарантувати, що додавання компосту в суміш виростить здоровіші рослини.
2. Компост допомагає зберігати воду кількома різними способами. Завдяки своїй здатності утримувати та ефективно переносити воду через ґрунт, компост дозволяє навколишнім рослинам максимізувати воду для росту. Це, в свою чергу, заощадить кошти, зводячи до мінімуму кількість зрошення, яким доведеться забезпечити проект.
3. Компост також покращує біологічне, хімічне та структурне здоров'я ґрунтів:
  - компост забезпечує ґрунт корисними мікробами, що збільшує доступність поживних речовин для рослин, а також призводить до збільшення утворення гумусу;

- компост також покращує ґрунт на хімічній основі. Він робить це шляхом зв'язування важких металів і забруднювачів, що робить їх менш доступними для поглинання рослинами;
- компост призводить до посиленого утворення гумусу в ґрунті.

Компост допомагає зв'язувати скупчення частинок ґрунту, які забезпечують хорошу структуру ґрунту. Такий ґрунт сповнений крихітних повітряних каналів і пор, які утримують повітря, вологу та поживні речовини [58]:

- компост допомагає піщаному ґрунту утримувати воду та поживні речовини;
- компост розпушує щільно зв'язані частинки глинистого або мулового ґрунту, завдяки чому коріння можуть розвиватися, дає можливість стікати воді та проникання повітря.
- компост змінює структуру ґрунту, зменшуючи ймовірність його ерозії;
- компост може утримувати поживні речовини досить щільно, щоб запобігти їх вимиванню, але досить вільно, щоб рослини могли їх поглинати за потреби;
- компост полегшує обробку будь-якого ґрунту;

Основні способи використання готового компосту [59,60]:

- використовувати його як мульчу. Мульчування компостом може допомагати підживити ґрунт, а також убезпечити його від висихання. Шар компосту наноситься на поверхню ґрунту, щоб підтримувати вологість ґрунту та пригнічувати ріст шкідливих бур'янів;
- змішати компост з ґрунтом на грядках, перш ніж додати рослини або насіння. Це полегшить та аерує ґрунт і додасть поживних речовин;
- компостний чай – це натуральне рідке добриво, отримане шляхом замочування компосту у воді. Пройшовши процес замочування протягом дня, твердий компост додає у воду розчинні поживні речовини та корисні мікроби;



- використання компосту як підгодівлю для піднятих грядок, щоб зменшити стік. Компост створює губчастий, абсорбуючий шар для ґрунту, який може затримувати воду та вологу та захистити ґрунт від ерозії.

### **Висновок до третього розділу**

Досліджуваний компост за агрохімічними та фізико-хімічними показниками знаходиться в межах норми, яка відповідає встановленим нормам для добрива.

Дослідження проводилося в два етапи: після внесення компосту та після року експозиції компосту в ґрунті.

Аналіз результатів вказує на те, що ефективність компосту на ріст рослин є більшою після його внесення в ґрунт. Ефективність компосту після його експозиції протягом одного року в ґрунті зменшується на ріст кореня до 25-40%, і пагона – 29-40%.

Перевагою внесення компосту в ґрунтове середовище є наявність органічної речовини, яка покращує ґрунт на довгостроковий термін.

## ВИСНОВКИ

Належне поводження з твердими побутовими відходами є необхідною умовою сталого розвитку.

Захоронення органічної фракції ТПВ на полігонах призводить до виникнення екологічних ризиків для навколишнього середовища.

Екологічно доцільним і економічно вигідним методом оброблення органічної фракції ТПВ є компостування. Утворений компост можна використовувати для різних цілей.

Вперше в Україні промислове компостування органічної фракції ТПВ запроваджено у м.Львові.

Компост, відібраний для досліджень за агрохімічними і фізико-хімічних показниками відповідає встановленим нормам Українського стандарту на компост ТПВ, призначений для використання в сільському.

За результатами модельного дослідження, внесений в сірий лісовий ґрунт компост в пропорції 1:0,3 та його експозиція протягом одного року в ґрунті має позитивний вплив на ріст кореня й пагона тест-рослин: крес-салату і гірчиці білої.

Ефективність компосту, внесеного в сірий лісовий ґрунт, на ріст кореня тест-рослин становить 85-90%, а на ріст пагона - 55-60%.

Ефективність компосту після його експозиції протягом одного року в сірому лісовому ґрунті зменшується щодо росту кореня на 25-40%, і пагона – 29-40%.

Ефективність компосту є більшою на ріст кореня у порівнянні з пагоном.

Використання компосту, виготовленого з органічної фракції ТПВ, який за агрохімічними і фізико-хімічними показниками відповідає встановленим нормам є доцільним для використання як добрива в сільському господарстві.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про відходи» від 17.10.2019 № 2207-2 URL: <https://ips.ligazakon.net/document/ЛІ00642А?an=49>
2. Кузьменко М. О. «Екологічна небезпека сміттєзвалища в місті Жовті Води Дніпропетровської області»: наукова робота за напрямком підготовки 6.040106/ЛДУ БЖД. Львів, 2018. 33 с.
3. Корбут, М. Б., Давидова, І. В. Популяризація процесу компостування органічних відходів у побутових умовах. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. К.: Видавничий дім «Гельветика», 2021, 7: 34.
4. Поводження з побутовими відходами: від «А» до «Я» *Мінрегіон*: веб-сайт URL: <https://www.minregion.gov.ua/press/news/povodzhennya-z-pobutovymy-vidhodamy-vid-a-do-ya/>
5. Країна покрита звалищами. Як (не)вирішують проблеми з відходами в Україні, а як в інших країнах світу – інфографіка *НВ Новини*: веб-сайт URL: <https://biz.nv.ua/ukr/markets/smittyia-i-vidhodi-shcho-z-nimi-roblyat-v-ukrajini-a-shcho-u-rozvinenih-krajinah-svitu-infografika-50161387.html>
6. Про стратегію *Приліснецька громада*: веб-сайт URL: <https://prylisnenska-gromada.gov.ua/ierarhiya-prioritetiv-povodzhennya-z-vidhodami-10-38-42-30-03-2021/>
7. Коли Україна почне смітити по-європейськи *Гречка*: веб-сайт URL: <https://gre4ka.info/statti/63100-koly-ukraina-pochne-smityty-po-ievropeisky>
8. Перероблення органічних та змішаних побутових відходів. Успішна технологія для України *Еколтава*: веб-сайт URL: <https://www.ekoltava.org/2021/02/08/pereroblennya-organichnyh-ta-zmishanyh-pobutovyh-vidhodiv-uspishna-tehnologiya-dlya-ukrayiny>
9. Навроцький, Р. Л. Досвід країн Європейського союзу в сфері безпечного поводження з твердими побутовими відходами. *Економіка та суспільство: Електронне наукове фахове видання*, 2016, 7: 621-625.
10. Поводження з ТПВ *Українська Галицька Партія*: веб-сайт URL: <https://uhp.org.ua/changes/povodzhennya-z-tpv/>

11. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2020 рік *Мінрегіон*: веб-сайт URL: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sfery-povodzhennya-z-pobutovymy-vidhodamy-v-ukrayini-za-2020-rik-2/>
12. Municipal waste generation up to 505 kg per person *Eurostat*: веб-сайт URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20220214-1>
13. Municipal waste statistics *Eurostat*: веб-сайт URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal\\_waste\\_statistics#Municipal\\_waste\\_treatment](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_treatment)
14. Бондар, І. Л. Екологічні аспекти впливу твердих побутових відходів різного морфологічного складу на довкілля/ІЛ Бонда. *Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб.–К.: Техніка, 2002, 36: 222-226.*
15. Екологічна небезпека полігонів твердих побутових відходів URL: <http://eztui.r.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/5399/20.pdf?sequence=1>
16. Сталінська, І.В. Аналіз впливу полігонів твердих побутових відходів на водні ресурси (на прикладі Дергачівського полігону). *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування, 2016, 2 (74): 252-260.*
17. Голець, Н.Ю., Мальований, М.С., Малик, Ю.О. Оцінка екологічної небезпеки полігонів ТПВ. *Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції “Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства” – Львів: ЛДУ БЖД, 2012.–385 с. У збірнику матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції “Екологічна безпека як основа сталого розвитку, 2012, 100.*
18. Сміттєзвалища – порятунок чи консервація проблеми? *Екоберег*: веб-сайт URL: <http://ecobereg.com.ua/smittiezvalyshe.html>
19. Вплив сміттєзвалищ на екологічний стан регіонів України URL: <http://dspace.knau.kharkov.ua/jspui/bitstream/123456789/743/1/ВПЛИВ%20СМІТТ%20СЗВАЛИЩ%20.pdf>

20. Регуш, А. Я. Екологічні проблеми інфільтратів сміттєзвалищ в Україні. *Редакційна колегія*, 2018, 249.
21. Звалищний газ *Biteco*: веб-сайт URL: <https://biteco-energy.com/ua/help/1576071705/id40/>
22. Гринчишин Н.М. Властивості фільтрату, утвореного після припинення експлуатації полігона твердих побутових відходів. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 2019. №19. С.112-127.
23. Научу Н.В., Водяник А.О. Екологічна безпека атмосферного повітря територій навколо полігонів твердих побутових відходів. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського.–2012.–Вип*, 2012, 2.73: 160-163.
24. Гринчишин Н. М. Вплив процесів горіння твердих побутових відходів на екологічний стан ґрунту. *Пожезна безпека*. 2012. № 20. С. 131—136.
25. Пожежі на полігонах твердих побутових відходів (сміттєзвалищах) *Хмельницька обласна військова адміністрація*: веб-сайт URL: <https://www.adm-km.gov.ua/?p=60760>
26. Управління та поводження з відходами: Підручник/Т.П. Шаніна, О.Р. Губанова, М.О. Клименко, Т.А. Сафранов, В.Ю. Коріневська, О.О. Бедункова, А.І. Волков. За ред. Т.А.Сафранова, М.О. Клименка, - Одеса, 2011. 258 с.
27. Waste management indicators *Eurostat*: веб-сайт URL: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste\\_management\\_indicators#Landfilling](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_management_indicators#Landfilling)
28. Поводження з побутовими відходами у країнах Європи URL: [https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/other/2020/02/ii-tur-ekologia/roboti/83\\_%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F\\_%D0%B7\\_%D0%BF%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D0%B8\\_%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D0%BC%D0%B8.docx](https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/other/2020/02/ii-tur-ekologia/roboti/83_%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B7_%D0%BF%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D0%B8_%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D0%BC%D0%B8.docx)
29. СОУ ЖКГ 03.09-014:2010 Побутові відходи. Технологія перероблення органічної речовини, що є у складі побутових відходів. Київ: Мінжитлокомунгосп України, 2010. 36 с.

30. Jouhara, Н. та ін. Системи поводження з побутовими відходами. *Енергетика*, 2017, 139: 485-506.
31. Природа розумніша ніж здається: чим корисний компост і хто компостує сміття у Вінниці. Фото *Вежа*: веб-сайт URL: <https://vezha.ua/pryroda-rozumnisha-nizh-zdayetsya-chym-korysnyj-kompost-i-hto-kompostuye-smittya-u-vinnytsi-foto/>
32. Як приготувати компост URL: <https://clean-ua.com/yak-prigotuvati-kompost/>
33. Про органічні відходи *Zero waste*: веб-сайт URL: <https://zerowastelviv.org.ua/pro-orhanichni-vidkhody/>
34. Горобець, О.В. Перспективні напрями утилізації органічних відходів. In: *Наука. Молодь. Екологія–2016: зб. матеріалів XII Всеукр. наук.–практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених.* р. 97-102.
35. Сортування сміття *WikiLegalAid*: веб-сайт URL: [https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/Сортування\\_сміття](https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php/Сортування_сміття)
36. EUGreenWeek: досвід європейських країн у сфері поводження з відходами *Гурт*: веб-сайт URL: <https://gurt.org.ua/news/informator/53045/>
37. Не тренд, а необхідність: чому важливо сортувати відходи *Ecobusiness Group*: веб-сайт URL: <https://ecolog-ua.com/news/ne-trend-neobhidnist-chomu-vazhlyvo-sortuvaty-vidhody>
38. Сортування та переробка сміття в Україні *MCL Group of companies*: веб-сайт URL: <https://mcl.kiev.ua/uk/sortirovka-i-pererabotka-musora-v-ukraine/>
39. Важливість сортування відходів для подальшої переробки *Greenstep*: веб-сайт URL: [https://greenstep.ua/vagnost\\_sortirovki\\_othodov/](https://greenstep.ua/vagnost_sortirovki_othodov/)
40. Впродовж 2021 року на станцію компостування у Львові надійшло майже 8000 тонн органіки *Львівська міська рада*: веб-сайт URL: <https://city-adm.lviv.ua/news/city/housing-and-utilities/290003-vprodovzh-2021-roku-na-stantsiiu-kompostuvannia-u-lvovi-nadiishlo-maizhe-8000-tonn-orhaniky>
41. Як місто може компостувати органіку і виграти на цьому? *Еколтава*: веб-сайт URL: <https://www.ekoltava.org/2020/07/06/yak-misto-mozhe-kompostuvaty-organiku-i-vygraty-na-tsom>

42. Закарпатські журналісти дізналися про принципи роботи Zero Waste Lviv – спільнота, яка успішно працює у напрямку скорочення відходів у Львові *Екосфера*: веб-сайт URL: <https://ekospha.org/zakarpatski-zhurnalisty-diznalysya-pro-pryncyipy-roboty-zero-waste-lviv-spilnoty-yaka-uspishno-praczuuye-u-napryamku-skorochennya-vidhodiv-u-lvovi/>
43. У Львові стартував продаж компосту для мешканців *Суспільне новини*: веб-сайт URL: <https://suspilne.media/126039-u-lvovi-startuvav-prodaz-kompostu-dla-meshkanciv/>
44. У Львові сортують і перероблюють органіку *Зелене місто*: веб-сайт URL: <http://zelenemisto.info/2022/05/02/u-lvovi-sortuyut-i-pereroblyayut-organiku/>
45. Гринчишин Н. М., Дацко Т.М., Мазурак О.Т., Качмар Н.В. Компостування органічної речовини твердих побутових відходів як фактор сталого розвитку сучасного міста. *Інноваційні технології в архітектурі і дизайні* : матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф., 20-21 травня 2021 р. Харків: ХНУБА, 2021 С. 510-511
46. Хріниця сійна *Вікіпедія*: веб-сайт URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Хріниця\\_сійна](https://uk.wikipedia.org/wiki/Хріниця_сійна)
47. Кресс салат как тест объект методика исследования > Описание участков результаты исследования URL: <https://referat.co/referat/712107-druhoe-kress-salat-kak-test-obekt-metodika-issledovaniya-opisanie-uchastkov-rezultatyi-issledovaniya/read?p=4>
48. Кресс-салат как тест-объект для оценки загрязнения почвы *Pandia*: веб-сайт URL: <https://pandia.ru/text/78/606/59634.php>
49. Биоиндикатор кресс-салат *МегаОбучалка*: веб-сайт URL: <https://megabuchalka.ru/9/37192.html>
50. Опис та характеристика рослини гірчиця біла *Аграрії разом*: веб-сайт URL: <https://agrarii-razom.com.ua/plants/girchicya-bila>
51. Использование проростков горчицы для определения уровня загрязнения почвы пришкольного участка URL: <https://uios.fedcdo.ru/wp-content/uploads/2020>

/01/Golubev-D.D.\_Ivanovskaya-oblast.pdf

52. Гірчиця: види, навіщо і коли сіяти *VseRoste*: веб-сайт URL: <https://vseroste.com.ua/blog/girchitsia-vidi-navishcho-i-koli-siiati>

53. Порівняльна характеристика компосту та інших добрив *Супермаркет насіння польових культур*: веб-сайт URL: <https://snpk.in.ua/porivnyalna-kharakteristika-kompostu/>

54. Use of Compost URL: <https://sswm.info/sswm-university-course/module-3-ecological-sanitation-and-natural-systems-wastewater-treatment-1/use-of-compost>

55. Інкель, Мадлен та ін. Приготування та використання компосту . Vol. 27. Агроміка, 2005. URL: [http://journeytoforever.org/farm\\_library/AD8.pdf](http://journeytoforever.org/farm_library/AD8.pdf)

56. Shiralipour, Aziz, Dennis B. McConnell, and Wayne H. Smith. "Uses and benefits of MSW compost: a review and an assessment." *Biomass and bioenergy* 3.3-4 (1992): 267-279.

57. Benefits of compost *US Composting Council*: веб-сайт URL: <https://www.compostingcouncil.org/page/CompostBenefits>

59. How to Use Finished Compost: 4 Ways to Use Compost *MasterClass*: веб-сайт URL: <https://www.masterclass.com/articles/how-to-use-compost#what-is-compost>

60. What to do with compost – learn about compost uses in the garden *Gardening know how*: веб-сайт URL: <https://www.gardeningknowhow.com/composting/basics/what-to-do-with-compost.htm>



**РЕЦЕНЗІЯ**  
на дипломну роботу бакалавра  
Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

Здобувач Дебера Наталія Романівна

Спеціальність та група 101 "Екологія", ЕК-41

Тема: «Ефективність компосту, виготовленого з органічної фракції твердих побутових відходів міста, на ріст рослин»

Обсяг бакалаврської роботи 56 с.

Короткий зміст дипломної роботи та прийнятих рішень. Представлено результати модельного експерименту з визначення ефективності компосту, виготовленого з органічної фракції твердих побутових відходів міста, на ріст рослин. Встановлено високу ефективність компосту на ріст кореня і пагона тест-рослин у перші місяці після внесення в ґрунт.

Висновок про відповідність дипломної роботи завданню Представлена до захисту дипломна робота відповідає поставленим завданням.

Характеристика розділів дипломної роботи, оцінка їх якості, ступінь відповідності останнім досягненням науки та техніки, сучасним напрямам забезпечення екологічної безпеки. Дипломна робота складається з 3 розділів, вступу та висновків.

У першому розділі проведений аналіз екологічної проблеми твердих побутових відходів. В другому розділі охарактеризовано об'єкт дослідження та детально описана методика проведення модельного дослідження. У третьому розділі представлені результати дослідження та проведено їх обговорення.

Перелік позитивних якостей дипломної роботи. Представлена до захисту дипломна робота виконана на актуальну тему, достатньо ілюстрована, виклад матеріалу логічний, висновки обґрунтовані.

Перелік основних недоліків. В роботі зустрічаються незначні стилістичні помилки.

Загальний відгук про роботу Робота відповідає поставленим завданням, оформлена згідно вимог.

Оцінка бакалаврської роботи. Дипломна робота рекомендується до захисту і заслуговує оцінки «відмінно».

**Рецензію склала:**

доцент кафедри екології,

Львівського національного університету природокористування,

к.с.-г.н., доцент

Тетяна ДАЦКО

“ 10 ” травня 2022 р.

