

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

06.04. – МР. 2158 «С». 2023.11.23.07 ПЗ

ЛИСИК ПЕТРО МИКОЛАЙОВИЧ

2024

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету
Захисту рослин, біотехнологій та
екології
Ю.В. Коломієць
«__» _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
екології агросфери та екологічного
контролю
О.І. Наумовська
«__» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
на тему: **Екологічний аналіз системи поводження з органічними
відходами КП Київзеленбуд**

Спеціальність 101 «Екологія»
(код і назва)

Освітня програма Екологічний контроль та аудит
(назва)

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

Гарант

К.С.-Г.Н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Ладика М.М.
(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

К. С.-Г. наук, доцент
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Наумовська О.І.
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Лисик П.М.
(ПІБ студента)

Київ – 2024

**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**

| | |
|--|--------------------------------------|
| Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології | |
| Кафедра екології агросфери та екологічного контролю | |
| Спеціальність | 101 «Екологія» |
| Освітня програма | Екологічний контроль та аудит |
| Орієнтація освітньої програми | освітньо-професійна |

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
екології агросфери та
екологічного контролю
Наумовська О. І.

“ _____ ” _____ 2024р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Лисик Петро Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «**Екологічний аналіз системи поводження з органічними відходами КП Київзеленбуд**»

керівник роботи Наумовська Олена Іванівна завідувач кафедри, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом НУБіП України від «23» листопада 2024 р. № 2159 «С»

2. Строк подання студентом роботи 03 листопада 2024р. _____

3. Вихідні дані до роботи: результати досліджень План управління відходами в м. Києві до 2030 року, Схема санітарного очищення міста Києва, Правила благоустрою міста Києва.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Проаналізувати стан поводження з органічними відходами на рівні держави та в м. Києві;

Здійснити аналіз сучасних методів і технологій утилізації і переробки органічних відходів;

Дослідити процес компостування змішаних органічних відходів за допомогою різних методів;

Порівняти екологічну ефективність компостування органічних відходів з іншими методами їх переробки;

Сформулювати висновки та рекомендації щодо удосконалення технологій переробки змішаних органічних відходів в м. Києві.

5. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|------------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1,2, 3, висновки | Наумовська О.І. | | |

6. Дата видачі завдання 10 січня 2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Назва етапів виконання випускної магістерської роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|--|-------------------------------|----------|
| Опрацювання літературних публікацій | I декада 2024р. | |
| Опрацювання технологій і способів утилізації органічних відходів | II декада 2024р. | |
| Написання другого розділу дипломної роботи | II декада 2024р. | |
| Написання експериментальної частини дипломної роботи | III декада 2024р. | |
| Оформлення дипломної роботи і формування висновків | IV декада 2024р. | |

Студент

_____ **Лисик П.М.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ **Наумовська О.І.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна магістерська робота «**Екологічний аналіз системи поводження з органічними відходами КП Київзеленбуд**» викладена на 58 сторінках машинописного тексту, містить 3 таблиці і 4 рисунки. При її виконанні було використано 47 літературних джерела.

Метою магістерської роботи є здійснення екологічної оцінки технологій компостування змішаних органічних відходів з метою визначення їх ефективності.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі **завдання**:

- ✓ Проаналізувати стан поводження з органічними відходами в м. Києві;
- ✓ Здійснити аналіз сучасних методів і технологій утилізації і переробки органічних відходів;
- ✓ Дослідити процес компостування змішаних органічних відходів за допомогою різних методів;
- ✓ Порівняти екологічну ефективність компостування органічних відходів з іншими методами їх переробки.

Об'єкт дослідження – органічні відходи та технології переробки і утилізації на прикладі міста Києва.

Предмет дослідження – процес компостування змішаних органічних відходів лісопаркових зон міста Києва.

Отримані результати. Здійснено огляд Плану управління з відходами міста Києва до 2030 року. Проаналізовано методи управління відходами, в тому числі і органічними. Проведена оцінка та розроблено рекомендації шляхів компостування органічних змішаних відходів КП Київзеленбуд. Проаналізовано наявні умови задля ефективного компостування органічних відходів.

Ключові слова: органічні відходи, компостування, органічні добрива.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 8 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ | 10 |
| 1.1. Система поводження з відходами в м. Київ та області | 10 |
| 1.2. Система поводження з органічними відходами в м. Київ та області | 12 |
| 1.3 Європейські практики поводження з органічними відходами | 15 |
| 1.4 Обґрунтування технологій переробки змішаних органічних відходів за біохімічними показниками | 18 |
| 1.5 Основні положення Програми утилізації органічних відходів в місті Києві | 23 |
| РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ | 26 |
| 2.1 Організація системи поводження з відходами міста Києва | 26 |
| 2.2 Загальна характеристика переробки органічних відходів | 27 |
| 2.3 Компостування – основна технологія переробки органічних відходів | 29 |
| 2.4 Аналіз сучасних технологій компостування органічних відходів | 32 |
| 2.3.1 Компостування органічних відходів в польових умовах (<i>windrow composting</i>) | 33 |
| РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ОРГАНІЧНИМИ ВІДХОДАМИ КП КИЇВЗЕЛЕНБУД | 39 |
| 3.1 Переробка і утилізація опалого листя і органічних відходів | 39 |
| 3.2 Утилізація та переробка деревних відходів | 42 |
| 3.3. Дослідження обсягів та структури органічних відходів рослинного походження міста Києва | 46 |
| ВИСНОВКИ | 50 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 52 |

ВСТУП

Екологічні ризики утворення сміттєзвалищ і необхідність ефективного використання органічних відходів стають все актуальнішими на теперішній час. Органічним відходам належить важлива складова екологічного циклу, оскільки їх ефективна переробка і застосування сприяють поновленню природних ресурсів і привнесення енергії для таких компонентів довкілля як ґрунт. При цьому знижується антропоічний тиск на довкілля.

Основні методи утилізації органічних відходів містять етапи компостування, біологічну переробку та біогазифікацію. Одним із способів їх переробки є компостування. Це процес, який дає змогу отримати органічні добрива, зменшити кількість сміттєзвалищ і засміченість територій, а також викиди парникових газів. Але, для того, щоб здійснити компостування змішаних відходів, необхідно проводити екологічну оцінку та визначати можливості та обмеження цього процесу. Тому, дослідження теми екологічних можливостей і технологій компостування змішаних органічних відходів є актуальним при вирішенні сталих та екологічно безпечних технологій переробки відходів і забезпечення сталого розвитку виробництв.

Ефективність процесу компостування органічних відходів залежить від декількох факторів. Одним з головних переваг компостування є зменшення кількості відходів, які надходять на звалища, тим самим зменшуючи негативних вплив на ґрунтові і водні ресурси. Компост може використовуватися як органічне добриво, що дає можливість збільшити врожайність культур та покращити рівень родючості ґрунту. Компостування полягає у контрольованому процесі розкладання органічних відходів під дією бактерій, грибів і мікроорганізмів.

Актуальність теми полягає у оцінюванні можливостей і шляхів компостування змішаних органічних відходів.

Незважаючи на зростаючу увагу до збереження навколишнього середовища, утилізація відходів залишається однією з основних проблем, з якими стикаються

багато країн. Компостування є ефективним способом використання органічних відходів, таких як їжа та рослинні залишки, шматки паперу та картону, та інші, для створення природного добрива.

Мета роботи полягає у проведенні екологічного оцінювання технології компостування змішаних відходів задля визначення його ефективності в зменшенні кількості відходів, збільшенні поживної цінності отриманого компосту та ефективного його застосування.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі *завдання*:

- ✓ Проаналізувати стан поводження з органічними відходами в м. Києві;
- ✓ Здійснити аналіз сучасних методів і технологій утилізації і переробки органічних відходів;
- ✓ Дослідити процес компостування змішаних органічних відходів за допомогою різних методів;
- ✓ Порівняти екологічну ефективність компостування органічних відходів з іншими методами їх переробки.

Об'єкт дослідження - процес компостування змішаних органічних відходів та його вплив на навколишнє середовище.

Предмет дослідження - екологічна оцінка компостування змішаних органічних відходів.

Методи дослідження кваліфікаційної магістерської роботи: для написання роботи було використано наукові праці вітчизняних та зарубіжних вчених, матеріали науково-практичних конференцій, а також законодавчі і нормативні документи які регламентують технології компостування і утилізації органічних відходів, опрацьовано план управління з відходами міста Києва.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

1.1 Система поводження з відходами в м. Київ та області

Згідно даних Київської міської адміністрації (<https://kyivcity.gov.ua/news/>) КП «Київкомунсервіс», станом на лютий 2023 року, щодня забезпечує вивезення побутових відходів понад 11 тисяч м³ або близько 2300 т. У наданні послуг з своєчасного вивезення відходів задіяно 150 од. спецавтотранспорту та 800 працівників.

Утворювачами побутових відходів Києва є постійні, тимчасові та маятникові (денні) мешканці і гості міста. Об'єктами утворення побутових відходів є: житлові будинки, адміністративні та громадські організації і установи, підприємства торгівлі та побутового обслуговування і громадського харчування, заклади культури та освіти і науки, медицини, відпочинку та розваг. Первісний збір і накопичення здійснюється у незмінювані сміттєві контейнери, які розміщено у сматтеприймальних камерах будинків, на прибудинкових територіях, на контейнерних майданчиках у житловому секторі у відповідності з вимогами чинних санітарних правил («Державні санітарні норми та правила утримання територій населених місць». Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 17.03.11 № 145). У секторі приватних будинків, сміттєприймальні баки, як правило, розміщено поблизу будинків або здійснюється без контейнерний збір ТПВ з використанням полімерних пакетів. На підприємствах, в організаціях, установах, які мають власні контейнери, вони встановлюються в зручних для під'їзду автотранспорту майданчиках.

На теперішній час у місті Києві практикуються такі технології збирання та вивезення побутових відходів. Змішані (звичайні) ТПВ у житловому секторі багатоквартирної забудови збираються в стандартні незмінювані контейнери місткістю 0,75 чи 1,1 м³ і вивозяться місцевими сміттєвозами за плановою схемою за встановленим графіком. Від інших утворювачів відходів збір і вивезення відходів здійснюється за такою ж самою плановою схемою або

заявочною. У житловому секторі індивідуальної забудови (приватний сектор) ТПВ збираються у контейнери місткістю 0,75 чи 1,1 м³ і вивозяться збиральними сміттєвозами за плановорегулярною (подвірною) системою за встановленими маршрутами і графіками або практикується планово-регулярна (поквартирна) система без використання контейнерів, при якій сміттєвоз рухається за встановленим маршрутом і графіком, а мешканці району виносять ТПВ в полімерних пакетах (чи іншій тарі) і завантажують їх у сміттєвоз. Вивіз ТПВ здійснюється на сміттєспалювальний завод – філіал "Завод "Енергія" Київенерго"; сміттєсортувальну станцію ВАТ "Грінко-Центр"; полігон №5 для захоронення ТПВ ПАТ "Київспецтранс", полігони та звалища Київської області.

Вивезення відходів здійснюється на договірних засадах між утворювачем (споживачем послуг) та перевізником (виконавцем послуг). При цьому виконавець визначається через тендерну процедуру, а розрахунок за надання послуг здійснюється за використання Норм утворення твердих побутових відходів міста Києва або за фактичними обсягами вивезення і тарифами на послуги, погодженими і затвердженими у встановленому порядку. Оплата вивезення ТПВ мешканцями приватного сектору здійснюється на договірних засадах з перевізником. На стадії впровадження перебуває система єдиного замовника послуг, при якій всі перевізники міста будуть укладати договори із Комунальним підприємством КП "Київкомунсервіс".

Великогабаритні відходи та будівельні відходи збираються в змінювані контейнери місткістю 12 м³ або 16 м³ і 20-30 м³, та в міру наповнення, вивозяться спеціальним автотранспортом, оснащеним механізмами завантаження-розвантаження контейнерів, на полігон №6 будівельні відходи ВАТ «Київспецтранс» або на полігони та звалища Київської області, зокрема на полігон ТОВ «Рекультивација» (с. Горенка Києво-Святошинського району). Окрім того, великогабаритні відходи та будівельні відходи збираються також навалом в купи у спеціально відведених для цього місцях з подальшим ручним

завантаженням у спеціальні автомобілі і вивезенням на ті самі полігони. При цьому будівельні відходи також можуть збиратися у полістриролових мішках, які вивозяться разом або окремо від інших відходів. Оплата за такі послуги встановлюються так само як і для побутових відходів.

1.2 Система поводження з органічними відходами в м. Київ та області

Генерація відходів зеленого господарства відбувається на прибудинкових територіях міста і міських озелених територіях. Обсяги відходів зелених насаджень, порівняно з твердими побутовими є незначними – близько 52,5 тис.м³ на рік. Основна ж кількість садових відходів (СВ) або рослинних відходів утворюється на об'єктах озеленення міста.

Відповідно до функціонального призначення за ДБН 360-90 «Планування і забудова міських і сільських поселень» площі зелених насаджень міста поділяються на три основні групи (за класифікацією прийнятою в Україні) [35]:

- Озелененні території загального користування (парки культури та відпочинку, сквери і бульвари, спеціалізовані парки);
- Озелененні території спеціального призначення (санітарно-захисні зони промислових підприємств, водоохоронні, меліоративні та лісозахисні смуги, оранжерейні господарства та розсадники, коридори інженерних мереж, озеленені відрізки вулиць, доріг і кладовищ);
- Озеленені території обмеженого користування (на міжбудинкових житлових територіях, ділянках землекористування дитячих закладів, шкіл, вузлів, наукових і лікувальних закладів, підприємств і організацій).

Складовими елементами комплексної зеленої зони міста є:

- Парки (міські, дитячі, спортивні, меморіальні, тощо)
- Зоологічні та ботанічні сади
- Сквер та бульвари

- Озеленені ділянки житлової забудови, закладів освіти та обслуговування, вздовж пішохідно-транспортних мереж, а також озеленення санітарно-захисних і охоронних зон.

Площа зелених зон, якими опікуються комунальні служби у місті Києві становить 7878,98 га, з них квітниками зайнято 23,98 га, газонами – 3030,86 га. Отже, на одного жителя міста припадає понад 26 м² зелених насаджень загального користування, до складу яких відносяться парки культури та відпочинку, сквери, бульвари, спеціалізовані парки, тощо. Загальна площа зелених насаджень п'яти центральних районів складає 3148,17 га, з яких під квітниками і газонами зайнято 995,84 га. Забезпечення відповідного утримання озелених територій загального користування, і найперше у центральних районах міста, - необхідна складова соціально-економічного розвитку міста, реалізація його стратегічного вибору як європейської столиці та світового туристичного центру. Для великих міст, особливо таких мегаполісів як Київ, де постійно розширюються зони забудови, де заміна житлового фонду повинна оновлюватися раз у 50-75 років, вкрай потрібні якісні перетворення озелених територій, їх збільшення відповідно до збільшення житлової зони, впровадження сучасних методів організації робіт з догляду за рослинами, які зазнають значного антропогенного та техногенного навантаження, а тому і більш ретельної уваги до видалення і утилізації рослинних відходів.

Озеленення в місті потрібно оцінювати за трьома незалежними один від одного показниками: за кількістю і якісним станом зелених насаджень, ландшафтною організацією простору і повнотою видалення і утилізації рослинних відходів. Правильно запланована система озелених територій, видалення та утилізація рослинних відходів в основі містобудівної структури, за умови її постійної підтримки, спроможна змінити екологічну ситуацію на кращий стан та значно поліпшити зовнішній вигляд столиці нашої держави.

Одним із різновидів міських відходів є органічні відходи зеленого господарства міста. У класифікації рослинних відходів розрізняють відходи деревозачисних робіт та відходи лісопереробки. До складу відходів деревозачисних робіт входять:

- Гілля (дерев, кущів та ін., з листям та без, свіжезрізані та сухі)
- Сучки (гілля дерев без листя довжиною до одного метра)
- Некондиційна (неліквідна) деревина (гілля дерев довжиною більше одного метра, стволова сухостійна, аварійна, фаутна деревина, шматки стовбурів, що утворюються при обрізці)
- Хворостиння (відходи від зачистки кущів довжиною від 2 м та діаметром до 6 см)
- Хмиз (хворостиння довжиною до 2 м)
- Пні
- Листя та хвоя.

До складу відходів лісозаготівлі та переробки входять такі складові:

- Кускові відходи (обрізки стволової деревини).
- Тирса.

Лісові господарства утворюють гілля, сучки, хворостиння, хмиз, некондиційну деревину та відходи від лісопереробки.

Районні КП УЗН, станція захисту зелених насаджень, КП УЖГ та підприємства і організації медичних, освітніх, дошкільних та інших закладів утворюють гілля, сучки, хворостиння, хмиз, некондиційну деревину, пні, траву та листя (хвою).

В розрахунках потрібно враховувати увагу сезонності утворення і збирання рослинних відходів – опале листя – вересень-листопад, інші відходи від деревоочисних робіт - рівномірно з вересня до квітня-травня (у вегетаційний

період деревозачисні роботи не проводяться); відходи лісопереробки – постійно протягом року.

Органічні відходи рослинного походження утворюються на територіях і площах лісопаркових, житлових та промислових зон окремих районів м. Києва. За даними КО «Київзеленбуд» для розроблення «Схеми санітарного очищення м. Києва» щодо можливостей компостування опалого листя можна прийняти такі орієнтовні розрахункові дані:

1. Загальна площа зелених насаджень становить 8000 га.
2. Площа зелених насаджень загального користування становить – 6000 га.
3. Площа зелених насаджень спеціального користування – 3000 га.
4. Річний обсяг рубок (гілля та деревини) – 10620 м³.
5. Річний обсяг опалого листя та трави на території КП УЗН районів становить 25550 м³.

Впровадження технології компостування органічних відходів рослинного походження на територіях лісопаркових, житлових і промислових зон міста Києва належить КО "Київзеленбуд", що передбачено також Схемою санітарного очищення м. Києва. Підґрунтями для цього мають бути:

1. Загальна площа зелених насаджень – 8000 га.
2. Площа загального користування зелених насаджень – 6000 га.
3. Площа зелених насаджень спеціального користування – 3000 га.
4. Річний обсяг рубок (гілля та деревини) – 10620 м³.
5. Річний обсяг опалого листя та трави на території КП УЗН районів становить 25550 м³.

1.3 Європейські практики поводження з органічними відходами

Науково-обґрунтоване та ефективне поводження з відходами і можливість їх вторинного використання як енергоносіїв є об'єктом численних досліджень

вітчизняних і закордонних науковців. Манфреді С. і інші вчені досліджували підвищення стійкості і циркулярності європейського управління

Ефективне поводження з відходами й можливості їх використання як енергоносіїв є предметом досліджень багатьох вітчизняних і закордонних науковців. Так, С. Манфреді й інші вчені досліджували підвищення стійкості й циркулярності європейського управління харчовими відходами [2]. І. Гончарук аналізувала потенціал відходів тваринництва для використання в енергетичних цілях [3]. Н. Пришляк, Я. Паламаренко досліджували організаційно-економічний механізм формування та реалізації стратегії поводження з відходами аграрних підприємств, приділивши особливу увагу можливості їх енергетичного використання [4]. Оцінці потенціалу виробництва біогазу з відходів домогосподарств присвячено працю Г. Калетніка, Н. Здирко й В. Фабіянської [5]. Авторами численних праць з цієї тематики є також С. Березюк, Г. Гелетуха, Т. Ємчик, І. Семчук й ін. Подальших досліджень потребує аналіз європейського досвіду поводження з відходами з огляду на те, що європейські країни є лідерами у біоенергетичному рециклінгу й корисному використанні потенціалу відходів. Їх досвід може бути надзвичайно корисним у сучасних умовах надмірного утворення відходів і дефіциту енергетичних ресурсів у зв'язку з повномасштабним вторгненням росії в Україну.

За статистичними даними щороку в ЄС утворюється 2,2 мільярда тонн відходів [6]. Для порівняння – в Україні обсяги утворення відходів складають біля 0,5 мільярда тонн (2019 р. – 0,44 млрд т, 2020 р. – 0,46 млрд т) [17]. На перший погляд, загальний обсяг відходів у країнах ЄС може здатися надзвичайно великим, проте ця цифра стає менш загрозливою, коли розглянути рівень вторинного сировинного матеріалу, який було відновлено через переробку й утилізацію (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Напрями поводження з основними видами відходів у країнах ЄС і інших

| Вид відходів | Спосіб поводження з відходами |
|---------------------|---|
| Відходи пластику | У 2020 році в ЄС27+3 було згенеровано 29,5 т мільйонів тон пластикових відходів після споживання. Рівень переробки пластикових відходів у 13 разів вищий, якщо їх збирають окремо, порівняно зі схемами збору змішаних відходів. У 2020 році 35 % відходів пластику було перероблено, 42 % - використано для отримання енергії, 23 % - захоронено. |
| Папір | Папір має один з найвищих показників переробки. У Європі СЕРІ (Конфедерація європейської паперової промисловості) у Брюсселі оцінила рівень переробки паперу в 71,4% 2022 року (на два відсотки менше ніж у 2021 році), тоді як, наприклад, у США у 2021 році рівень переробки паперу становив 68 %. Проте ЄС має ціль у 85 % до 2030 року, а виробники та переробники паперу планують перевищити цей ліміт до рівня переробки 90 % протягом наступних 7 років. |
| Алюмінієві відходи | ЄС має найвищий потенціал ефективності переробки (RER) у світі, відновлюючи 81 % алюмінієвого брухту, потенційно наявного у регіоні. Італія є гарним прикладом переробки алюмінію з упаковки з показником 67,5 % від загального виробництва алюмінію. Планується до 2030 року, що ринок зросте на 8,16 % у середньому, тобто Європа стане виробляти менше первинного металу та менше привносити забруднювачів в довкілля. |
| Харчові відходи | Харчові відходи є джерелом для виробництва біогазу й біометану, і це ринок, який продовжує розширюватися в Європі, де є близько 20000 заводів, які постачають значну частку енергії, а Німеччина, Франція, Італія та країни Північної Європи лідирують в цьому питанні. Окрім зменшення залежності Європи від природного газу, ринок також забезпечить швидкий перехід до економіки замкнутого циклу, а також принесе користь довкіллю. |

Найбільш потужним джерелом утворення відходів зелених насаджень є населені пункти та сільськогосподарські угіддя. Щорічно, восени локально накопичується біомаса, яка може сягати значних обсягів в місцях локального утворення. Інколи обсяги таких органічних відходів перевищують природну здатність їх біодеградації. Найчастіше в нашій державі утилізація полягає в спалюванні або вивезенні на сміттєзвалища відходів зеленого господарства. Процес спалювання сухого листя і трави призводить до надходження продуктів горіння в атмосферне повітря і таким чином може його забруднювати. При горіння таких відходів в атмосферу надходить близько 9 кг мікрочастинок диму, що складаються з пилу, окисів азоту, чадного газу, важких металів і низки

канцерогенних сполук. Окрім того, з тліючого листа виділяється бензопірен і діоксини. Спалювання, згідно до законодавства, заборонено на територіях присадибних ділянок, у скверах, парках. Однак, і це не може вирішити питання з утилізацією відходів зеленого господарства. Розкладання біомаси опалого листа природним способом залежить від вологості середовища і становить більше двох років, а утилізація їх на сміттенакопичувачах потребує значних коштів та збільшення площ під їх складування. Залежно від складу органічних відходів, їх компостування може тривати понад два роки. З екологічної точки зору, небезпеки органічних відходів населених пунктів, особливо таких як місто Київ, полягає у накопичених важких металах. Тому, в цьому випадку варто здійснювати контроль їх вмісту, а технології повторного використання не мають передбачати вирощування харчової продукції.

1.4 Обґрунтування технологій переробки змішаних органічних відходів за біохімічними показниками

Основним удосконаленим способом переробки змішаних органічних відходів є процес компостування. Компостування це біохімічний процес, призначений для переробки та перетворення органічних відходів в стабільний, подібний до гумусу продукт, який відбувається в контрольованих умовах. Саме контрольовані умови є особливістю процесу компостування, на відміну від процесів гниття чи розкладу органічних відходів [77].

Інтенсивність протікання процесу компостування напряму залежить від активності мікроорганізмів, які мають потребу у джерелі вуглецю для енергії та біосинтезу клітинного матриксу, а також у джерелі азоту для синтезу клітинних білків. У меншій мірі мікроорганізми мають меншу потребу у фосфорі, калії та інших елементах. Вуглець, який становить 50 % загальної маси мікробних клітин, є джерелом енергії та будівельним матеріалом для клітин. Азот виступає необхідним елементом при синтезу клітиною білків, нуклеїнових кислот,

амінокислот і ферментів, які необхідні для побудови клітинних структур, їх розвитку і функціонування. Водночас, потреба у вуглеці у мікроорганізмів в 25 разів вища, ніж в азоті. У більшості процесів компостування ці потреби задовольняються за рахунок вихідного складу органічних відходів, лише співвідношення C:N і рідше фосфору, можуть потребувати коригування.

Мікробіологічна основа процесу компостування полягає у екзотермічному процесі окислення, в якому органічний субстрат піддається аеробній біодеградації змішаною популяцією мікроорганізмів в умовах підвищеної температури і вологості. Ця популяція визначає якість і швидкість процесу дозрівання компостів.

Для утворення компосту значне значення має вуглецево-азотний баланс (C:N). Співвідношення C:N представляє собою відношення ваги вуглецю (але не числа атомів) до ваги азоту. Частка необхідного вуглецю значно перевищує частку азоту. Контрольне значення цього співвідношення при компостуванні становить 30:1 (30 г вуглецю на 1 г азоту). Оптимальним вважається співвідношення C:N рівне 25:1. Чим більше вуглецево-азотний баланс відхиляється від оптимального значення, тим повільніше протікає цей процес. За умови, якщо органічні відходи містять значну кількість вуглецю в зв'язаній формі, то допустиме співвідношення C:N може бути вищим за 25:1. Більш високе значення призводить до окислення надлишкового вуглецю. А за умови перевищення цього показника, знижується доступність азоту і процеси метаболізму вповільнюються. При співвідношенні C:N менше оптимальних значень (наприклад в мулі чи гної), азот буде виділятися у вигляді аміаку, часто у значних кількостях. Втрата азоту за рахунок виділення аміаку може частково заповнена завдяки активності бактерій-азотфіксаторів, які з'являються при мезофільних умовах на пізніх стадіях біодеградації.

Обмежувальними факторами процесу компостування можуть виступати різні чинники. Однак, і природних процес розкладу природного субстрату при

компостуванні може бути прискорено завдяки контролю не лише за співвідношенням C:N, а й і за показниками вологості, температури, рівнем доступного кисню, розміром частинок, розміром і формою компостної купи, рівнем кислотності [78].

Окрім вищезгаданих компонентів і чинників, необхідних для росту і розвитку мікроорганізмів – основних деструкторів органічних відходів, для збільшення швидкості процесу компостування застосовують різні хімічні, рослинні та бактеріальні добавки. За винятком можливої потреби у додатковому азоті, більшість відходів містить усі необхідні поживні речовини та широкий спектр мікроорганізмів, що робить їх доступними для компостування. Очевидно, що початок термофільної стадії можна прискорити поверненням деякої кількості готового компосту в систему. Сировина (деревна тріска, солома, тирса та ін.) зазвичай необхідні для підтримання структури, яка забезпечує аерацію при компостуванні таких відходів, як сирий активний мул і гній.

Як зазначалося вище, реакція середовища (рівень кислотності) є одним з визначних чинників процесу компостування. Як правило, рН органічних побутових відходів у другій фазі становить 5,5-6,0. Фактично ці значення кислотності є індикатором того, що процес компостування розпочався, тобто вступив в лаг-фазу. Рівень рН визначається активністю кислотоутворюючих бактерій, які приймають участь у розкладі складних субстратів, які містять вуглець (полісахариди і целюлоза) до більш простих органічних кислот. Значення рН також підтримуються зростанням грибів та актиноміцетів, здатних розкласти лігнін в аеробному середовищі. Бактерії і інші мікроорганізми (гриби, актиноміцети) в різному ступені здатні розкласти геміцелюлозу. Мікроорганізми, які продукують кислоти, здатні утилізувати їх в якості єдиного джерела живлення. Кінцевим показником і результатом є підвищення рівня кислотності до 7,5-9,0 одиниць. Спроби контролю реакції середовища сполуками сірки не ефективні і недоцільні в таких випадках. Тому, більш важливим є

управління аерацією і контролю анаеробних умов. Значення реакції середовища визначається тим, що переважна більшість мікроорганізмів, як і безхребетні, не можуть повноцінно «працювати» в дуже кислому середовищі. рН, як правило, контролюється природним шляхом (карбонатна буферна система). Потрібно мати на увазі, що коригування рН за допомогою нейтралізації кислоти або луку призводить до утворення солей, що такою може впливати пригнічено. Найбільш оптимальними умова є рН нейтральна – 6,8-7,0 одиниць. Анаеробні умови викликають різке зниження кислотності до 4,5 одиниць, при цьому значно знижується мікробіологічна активність. В таких умовах аерація повертає рівень кислотності до допустимих значень. Для бактерій оптимальними умовами є 6-7,5 рН одиниць, а для грибів – 5,5-8,0.

При протіканні нормальних умов компостування присутній аеробний процес. Це означає, що для метаболізму та диханні мікроорганізмів необхідна присутність кисню. Мікроорганізми використовують кисень частіше за інших окисляючих агентів, оскільки за його участі реакції перетворення відбуваються в 19 разів інтенсивніше. Найбільш оптимальною вважається концентрація кисню на рівні 16-18,8%. На початку процесу компостування концентрація кисню в порах становить 15-20 %, що рівноцінно його вмісту в атмосферному повітрі. Концентрація вуглекислого газу коливається в діапазоні 0,5-5,0 %. В процесі компостування концентрація кисню знижується, а вуглекислого газу зростає. Якщо концентрація кисню знижується менше 5 % виникають анаеробні умови. При цьому, контроль кисню в повітрі має позитивний вплив для ефективного компостування. Деякі компостні системи здатні пасивно підтримувати адекватну концентрацію кисню за допомогою природної дифузії і конвекції.

Інші системи потребують активної аерації, яка здатна забезпечити продуванням повітрям, перевертанням або змішуванням компостованих субстратів. При компостування таких відходів, як сирий мул чи гній, для підтримки структури, яка забезпечує аерацію, зазвичай використовують носії

(деревна тріска, солома, тирса, тощо). Аерація може здійснюватися природною дифузією кисню в компостовану товщу за допомогою перемішування компосту вручну, за допомогою механізмів або примусової аерації. Аерація також має і інші функції в процесі компостування. Потік повітря видаляє діоксид вуглецю і воду, які утворюються в процесі життєдіяльності мікроорганізмів, а також виводить теплову енергію завдяки випарного теплопереносу. Потреба в кисні змінюється протягом процесу: вона низька при мезофільній стадії, зростає в термофільній і падає до нуля під час стадії охолодження і дозрівання. При природній аерації центральні ділянки компостуючої маси можуть опинитися в умовах анаеробіозу, оскільки швидкість дифузії кисню занадто низька для протікання метаболітичних процесів. Якщо матеріал, який утворює субстрат має анаеробні умови, то можуть утворитися масляна, оцтова і пропіонова кислоти. Згодом, утворені кислоти використовуються мікроорганізмами в якості субстрату, і з утворенням аміаку починає підвищуватися рН. У таких випадках перемішування вручну або механічним способом дозволяє повітрю проникати в анаеробні ділянки.

Важливо, при процесі компостування підтримувати умови, при яких, з одного боку буде гинути патогенна мікрофлора, а з іншого – розвиватися мікроорганізми, які виконують процеси деградації. Оптимальною температурою при цьому є 55⁰С. Основним чинником руйнування патогенної мікрофлори в процесі утворення компосту є тепло і антибіотики, які продукують мікроорганізми-деструктори. Висока температура може тривати довгий час, що достатньо для руйнації патогенів. Нині відсутні чіткі вимоги щодо стабільності і зрілося компосту. Компостуючий потенціал можна визначити шляхом оцінки процесів конверсії органічних сполук в ґрунтового складі і гумусі, що підвищує рівень родючості ґрунтів.

Утворення гумусу (гуміфікація) – сукупність усіх процесів, залучених до перетворення свіжої органічної речовини в гумус. Визначення темпів цієї

конверсії є складним завданням і в свою чергу – важливими інструментом для наукового дослідження процесу компостування.

Параметри, які можуть бути використано при оцінюванні зрілості компосту є показники темпів гуміфікації, зрілості і стабільності компостів. Першим показником першої категорії є рН, загальна кількість органічного вуглецю, показник гуміфікації і відношення вуглецю до азоту – за час періоду компостування знижуються. Інші хімічні показники та параметри гуміфікації це вміст загального азоту, загальний вміст вуглецю і гумінових кислот, співвідношення гумінових до фульвокислот, швидкість гуміфікації, ступінь гуміфікації, показник гуміфікації, показник зрілості, відношення вуглецю до азоту.

Оскільки компостування здійснюється за рахунок життєдіяльності мікробного ценозу, індикаторами зрілості компосту можуть бути критерії мікробіологічні показники., а саме активність дегідрогенази.

На завершальному етапі, після того, як встановлено ступінь зрілості компосту його сортують за фракціями з подальшим практичним використанням.

1.5 Основні положення Програми утилізації органічних відходів в місті Києві

Програма утилізації органічних відходів в своїх основі містить основні положення реалізації концепції сталого розвитку, яка направлена на поступову переорієнтацію природоохоронного механізму.

Для урбоекосистем таких як місто Київ, потужний соціо-економічний простір, вирішення проблеми комплексного гармонічного розвитку території набуває значної відповідальності і виводить проблему підвищення екологічної безпеки міських територій на рівень першочергових.

Одним із факторів забруднення земельних ресурсів столиці, який негативно впливає на загальний стан довкілля є утворення і накопичення різних видів

відходів біологічного походження. Відходи при цьому, які накопичено в місті є джерелом суттєвої екологічної небезпеки та соціальної напруги, створюють негативний імідж місту Київ. Разом з тим, накопичення значної кількості відходів свідчить про недоліки у використанні такого виду місцевої сировини, якою є вторинні матеріальні ресурси. Необхідне прискорене впровадження чітко встановленої організації збирання, транспортування, складування, сортування і переробки відходів за прогресивними технологіями з метою забезпечення їхнього подальшого використання в якості нових ресурсів.

Нині, внаслідок погіршення загально екологічного середовища, старіння і поступового згасання біологічних процесів у міських зелених насадженнях фітонцидної, знезаражувальної, киснеутворюючої здатності значно знижена. В місті збільшилася кількість перестійних, потенційно аварійних дерев, які потребують поступової зміни на молоді деревні насадження цінних порід з поліпшеними декоративними і естетичними властивостями.

Санітарний стан зелених насаджень загального користування (парки, сквери, бульвари) здебільшого не відповідають сучасним вимогам ведення паркового господарства. Це призводить до збільшення кількості сухостійних дерев, захаращення зелених насаджень та інших негативних явищ.

Завдання постійного моніторингу рівня екологічної безпеки території, забезпечення розвитку та передбачуваного регулювання системи переробки та утилізації органічних відходів рослинного походження може розглядатися як один із найважливіших пріоритетів, який вимагає посилення впровадження управлінських заходів.

Програма утилізації та використання рослинних відходів у місті Києві представляє собою прогнозно-аналітичний документ, який містить сукупність пов'язаних по ресурсах, виконавцях і термінах реалізації заходів, направлених на досягнення намічених цілей розвитку зеленого господарства міста.

З метою поглибленого аналізу сучасного стану (основні показники, проблеми, тенденції) переробки відходів та утилізації рослинних відходів, що утворюються на території міста Києва, поліпшення екологічного стану міських територій та підвищення функціонування підприємств та організацій у місті було проведено детальний аналіз цих питань.

Перепонами в досягненні на території столиці європейських стандартів щодо екологічної безпеки в цілому, комплексної утилізації та переробки відходів органічного походження обумовлюється насамперед недостатньою координацією роботи відомчих служб, які відповідають за стан зелених насаджень, збір, транспортування, переробку та утилізацію органічних відходів. Значна частина відходів деревини, листя та трави, які систематично утворюються під час чергового циклу росту рослин, на сьогодні спалюється чи вивозиться на полігони для захоронення. В місті повністю відсутня переробка відходів деревини. Переробка опалого листя та трави у гумус з подальшим використанням для збагачення і рекультивації земель паркових зон здійснюється лише частково. На низькому рівні і не в повній мірі налагоджено системний облік фактичних обсягів утворення та використання рослинних відходів, реальних даних щодо обсягів та структури біовідходів, на жаль немає. Невирішеними питаннями залишається недостатні обсяги бюджетних видатків на розробку та впровадження передових технологій та закупівлю сучасних технічних засобів для догляду за зеленими насадженнями, утилізації та переробки рослинних відходів.

В місті Києві розроблено Програму з системи поводження з органічними рослинними відходами.

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Організація системи поводження з відходами міста Києва

Сучасними технологіями поводження рослинними чи органічними відходами в місті Києві є такі:

- ✓ Збирання змішаних відходів та вивезення їх на полігон №5 ПАТ «Київспецтранс», філіал «Завод «Енергія»», сортувальну станцію ПАТ «ГрінКоЦентр» та інші полігони і сміттєзвалища Київської області;
- ✓ Збирання великогабаритного (ВГВ) та будівельних відходів (БВ) і вивезення їх на полігон №6 ПАТ «Київспецтранс» і інші полігони і сміттєзвалища;
- ✓ Роздільне сортування відходів, в тому числі і рослинного (органічного) походження та вивезення їх на сортувальні станції;
- ✓ ТОВ «Селтік»;
- ✓ На переробні підприємства надходить не більше 20 % відходів, решта 80 % вивозиться на полігони та сміттєзвалища;
- ✓ В місті діє розгалужена система заготівельних пунктів вторинної сировини і значна її частина відбирається з ТПВ;
- ✓ Присутні випадки спалювання органічних рослинних відходів на присадибних ділянках;
- ✓ Певна частка відходів вивозиться на зливні станції міської каналізації із не каналізованих домоволодінь індивідуальної забудови.

Деякі райони міста не в повній мірі забезпечені достатньою кількістю контейнерів для збирання ТПВ та вторинної сировини, їх якість є низькою, а утримання не відповідає сучасним санітарно-гігієнічним нормам. Місто забезпечено сміттєвими автомобілями, однак частина з них є зношеними і застрілами, а тому спец підприємства не спроможні в повній мірі виконати вчасне

вивезення сміття. Тому в місті, фіксуються випадки переповнених сміттєвих баків.

2.2 Загальна характеристика переробки органічних відходів

В результаті вивчення досліджуваного питання встановлено, що основними біотехнологічними методами переробки органічних відходів є ті, при яких враховується фізичні і фізико-хімічні показники субстрату (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Біотехнологічні способи переробки органічних відходів

| Органічні відходи | Технологія біологічної переробки |
|---|--|
| Рослинні відходи | Компостування, вермикомпостування, метанове зброджування в анаеробних умовах біореакторів, біомодифікація, отримання білка одноклітинних організмів, отримання біопалива, делігніфікація, вирощування грибів. |
| Відходи, збагачені на розчинену органіку (вуглеводами, жирами, білками) | Отримання харчових продуктів, кормового білка клітинних мікроорганізмів, біопалива та інших продуктів мікробіологічної та ферментативної переробки, метанове зброджування в анаеробних біореакторах |
| Тверді білок і жировмісті відходи, осадові дріжджі | Отримання харчових і кормових добавок, компонентів біологічного походження, біологічно активних речовин, різних продуктів мікробіологічного походження, метанове зброджування в анаеробних біореакторах, отримання органомінеральних добрив. |
| Гній, пташиний послід | Компостування, вермикомпостування, метанове зброджування в анаеробних біореакторах, отримання органомінеральних добрив, переробка в комові добавки |
| Осади і активний мул очисних споруд | Метанове зброджування в метантенках та септитенках, компостування, аеробна стабілізація, витримання на мулових майданчиках, отримання органомінеральних добрив. |
| ОФ-ТПВ | Компостування, вермикомпостування, захоронення на санітарних полігонах і полігонах біореакторах, метанове зброджування в анаеробних біореакторах. |

Варто зазначити, що при описі технологій біологічної переробки органічних відходів не враховано специфічні відходи, такі як, деревні будівельні матеріали, пластик та полімерні вироби, які легше переробити фізичними та фізико-хімічними методами і повторно використовувати для отримання різних продуктів. Матеріали з додаванням відходів, які рециркулюються дешевше, при їх виробництві знижуються енерговитрати і одночасно зменшується кількість новостворених відходів. Такі відходи можуть бути також перероблені біологічними способами, такими як біомодифікація, біодеструкція, отримання біопластика і полімерних матеріалів, що підлягають біодеструкції і біологічна девулканізація.

Спроможність мікроорганізмів і їх ферментів розкласти складні органічні відходи, трансформувати природні і антропогенні полімери покладено в основу отримання багатьох корисних продуктів мікробіологічного синтезу і переробки відходів. Методи біотехнології застосовують для переробки вуглеводнів, білок- і жиромісних рідких відходів, рослинної біомаси, ОФ-ТПВ, ОСВ та ін.

Значні великомасштабні промислові мікробіологічні технології переробки органічних відходів включають:

- отримання кормових продуктів, збагачених мікробним білком одноклітинних організмів;
 - силосування;
 - компостування;
 - анаеробну ферментацію (зброджування);
 - біоконверсію в паливо (в етанол, отримання біогазу – метанове зброджування в анаеробних біореакторах, пряма конверсія в тепло)
- [14];

Нині, для переробки ОФ-ТПВ використовують вермикомпостування за допомогою дощових черв'яків і такі мікробіологічні процеси, як компостування,

захоронення на санітарних полігонах і полігонах-біореакторах, метанове зброджування в анаеробних біореакторах. Кінцевим продуктом таких способів утилізації органічних відходів є органічні добрива [15].

2.2 Компостування – основна технологія переробки органічних відходів

Компостування це біологічне розкладання і стабілізація органічних субстратів в умовах, які дають змогу розвивати термофільні температури в результаті біологічно виробленого тепла, з кінцевим продуктом, достатньо стійким для зберігання та застосування без шкоди для людей та будь яких екологічних наслідків. Інше визначення стосується компостування до контрольованого аеробного процесу, що реалізується за використання мікробних популяцій, що поєднують обидва режими – мезофільний і термофільний, що призводить до утворення і виділення вуглекислого газу, води, мінералів та стабілізованої органічної речовини.

Як правило, компостування використовується для твердих і напівтвердих органічних відходів, таких як тваринний гній, сільськогосподарські залишки та муніципальні відходи, в яких суцільний вміст твердої речовини зазвичай перевищує 5 %. Аеробне компостування – це розкладання органічних відходів у присутності кисню (повітря). Кінцевими продуктами біологічного обміну є вуглекислий газ, метан, вода та тепло. Аеробне компостування представляє собою розкладання органічних відходів за відсутності кисню, а кінцевими продуктами є метан, вуглекислий газ. Аміачний азот далі окислюється до нітрату нітрифікуючими бактеріями під час дозрівання. Аеробне компостування є найбільш найефективнішою технологією для стабілізації великої кількості органічних відходів. Варто зазначити, що на відміну від очистки стічних вод, в компостуванні терміни аеробні і анаеробні мають відносні значення. Вони просто вказують, які умови переважають в процесі. Оскільки матеріали є неоднорідними

та громіздкими за характером, в компостній купі завжди існує як аеробний, так і анаеробний процеси.

Процеси, які відбуваються в компостних ямах, процеси, що спочатку були аеробними, стають анаеробними на пізніх етапах компостування. Процес компостування також можна поділити на етапи за режимами експлуатації, тобто до періодичної і безперервної або напівперервної роботи. Іншими словами, компостування – це технологія, призначена для перетворення органічних відходів в стабільний, подібний гумусу продукт, який в основному використовується для поліпшення складу ґрунту.

Біохімічний процес компостування лімітується мікробними популяціями і чинниками зовнішнього середовища. Теоретично аеробні процеси, які відбуваються в тілі відходів за присутності повітря, можна представити в такому вигляді. На першому етапі шляхом біохімічного розщеплення (гідролізу) високомолекулярні сполуки розкладаються на низькомолекулярні. Другий етап характеризується окисненням глюкози. Глюкоза при цьому може бути повністю окислена до отримання вуглекислого газу і води при аеробних умовах з виділенням тепла в кількості 688 кКал/моль глюкози – складової целюлози.

При цьому весь процес можна умовно описати наступним чином. Перша стадія характеризується прискореним розвитком мезофільних мікроорганізмів, які в результаті їх життєдіяльності виділяють тепло і розігрівають тіло органічних відходів до температури 25-35 °С. При настанні цієї температури створюються оптимальні умови для розвитку термофільних мікроорганізмів. При цьому процесам життєдіяльності мікроорганізмів сприяють:

- ✓ Наявність вологи. Оптимум 45-60 % досягається за рахунок додаткового зрошення;
- ✓ Наявність кисню у всіх точках середовища маси відходів. Здійснюється за рахунок пористості маси органічних відходів та переміщення в штучних умовах біобарабанів;

- ✓ При додатковій подачі повітря в кількості 0,25 (взимку) і 0,8 (влітку) м³ на годину;
- ✓ Зменшення втрат тепла. Здійснюється за рахунок термоізоляції;
- ✓ Збільшення питомої поверхні. Здійснюється за рахунок вилучення з маси відходів великогабаритних фракцій і подрібнення.

За оптимальних умов перша стадія може тривати 1-3 дні. Друга стадія характеризується прискореним розвитком термофільних мікроорганізмів і виділенням тепла в результаті розкладання більш широкого спектру органічних речовин. При цьому за рахунок виділення значної кількості тепла температура в середовищі маси відходів підвищується до 60-70 °С. Така температура є згубною для патогенних мікроорганізмів. Ця особливість аеробного мікробіологічного процесу розігрівати літо компостованих відходів в короткі терміни використовується для його знезараження. Поряд з температурою важливим знезаражувальним фактором є антибіотики, які продукують мезофільні і термофільні мікроорганізми. Антибіотики пригнічують розвиток патогенних мікроорганізмів і викликають їх загибель. Третя стадія характеризується повільним зниженням температури в масі тіла відходів, що свідчить про використання органічних сполук, які підлягають процесу розкладу.

На цій стадії термофільні мікроорганізми частково відмирають або зберігаються у вигляді спор. При зниженні температури в середовищі відходів до 20-30⁰С мезофільні мікроорганізми знову починають активно розмножуватися. При цьому вони набувають вищий рівень ферментації, за допомогою якої розкладаються більш стійкі органічні сполуки (наприклад, лігнін та ін.). При компостуванні органічних відходів відбувається не лише розкладання органіки, а її синтез з утворенням гумінових сполук, що поліпшують якість органічних добрив.

Ефект аеробного знезараження в процесі компостуванні доведено наочно. Знезараження при компостуванні органічних відходів можна здійснити як на

відкритих польових майданчиках, так і в умовах сміттєпереробного заводу і біобарабанах. Проведені до цього часу дослідження дають змогу констатувати, що компостування це динамічний мікробіологічний процес, який відбувається завдяки активності мікроорганізмів різних груп, а саме бактерій, актиноміцетів, грибів, дріжджів, тощо. Дослідження популяцій бактерій, грибів і актиноміцетів було проведено науковцями, які встановили, що домінуючою формою мікроорганізмів є мезофіли. До 90 % їх кількості належить до бацил, різно пігментних бактерій і оліготрофів [18,19].

На початку компостування переважають аеробні бактерії, у наступних стадіях чисельність бактерій знижується [20]. Склад компосту коливається у широких межах і відображає компоненти готового компосту використаної органічної речовини 25,0-80,0 % с.р., вуглець 8,0-50 % с.р.; азот 0,4-3,5 % с.р.; фосфор 0,1-1,6 %; калій 0,4-1,6 % с.р.; кальцій 0,7-1,5 % с.р. [21]. Отриманий компост можна використовувати як добриво у лісовому і сільському господарстві, зеленому будівництві, для рекультивації земель, як паливо з попереднім брикетуванням і висушуванням до вологості 3-8 % [21]. Застосовуються компости в якості добрив з метою поліпшення мінерального удобрення рослин, для прискорення росту і розвитку сільськогосподарських рослин і декоративних насаджень. Недоліками компостування органічних відходів є значний проміжок часу, який потрібний для отримання компосту з відходів, трудоемність і багатоопераційність процесу, наявність виробничих площ для розміщення компостних штабелів та забруднення середовища [7].

2.3 Аналіз сучасних технологій компостування органічних відходів

Нині існує 3 основних технологій промислової переробки харчових і садових відходів, які використовуються в місті Києві, а саме це рядкове компостування, компостування в закритих реакторах, анаеробна переробка. Для

перших етапів необхідною умовою є присутність кисню, для третього – його відсутність. За умови ускладнення технологій переробки, зростають витрати, а одночасно, може зростати і цінність вихідного матеріалу.

2.3.1 Компостування органічних відходів в польових умовах (windrow composting)

Компостування в польових умовах є найпростішим способом переробки і знешкодження органічних відходів. Сам процес розкладу, компостування органічних відходів проходить 6-18 місяців, залежно від кліматичних умов і інших умов навколишнього середовища.

Компостування це не простий процес, біологічного характеру, в результаті якого інтенсивно виділяється тепло. Органічні відходи і органічна речовина розкладаються до гумінових кислот, які є мобільними і вони легко засвоюються рослинами при живленні і споживанні. Синтез гумусу є основним заключним етапом процесу компостування, важливим при оцінюванні стану ґрунту. Базою процесу компостування є процес амоніфікації за дією бактерій аеробів, з виділенням аміаку. Ця особливість є обґрунтуванням втрати до 20 % по вазі органічної речовини при компостуванні. Важливо при таких процесах присутність виведення кисню з товщі органічних відходів, які підлягають компостуванню. При накопиченні кисню, процеси розкладу вповільнюються. Важливим також є оптимальне співвідношення вуглецю до азоту 25:30.

Компостування також можливо закладати поблизу полігонів складування відходів іншого походження без взаємовпливу. Найкращим варіантом є компостування штабелями із забезпеченням розташування паралельних рядів 3 м з метою проїзду техніки.

З метою унеможливлення розвитку і розмноження патогенної фауни, усунення запахів і зниження теплообміну між штабелями і середовищем повітря їх покривають шаром землі чи торфу товщиною 15-20 см. В весняно-літній період

в штабелях аеробного компотування відбувається підняття температури до 60-70 °С, згодом температура знижується до 40-45 °С і далі до 30-35 °С. За 10 місяців температура «горіння» спадає до 14-18 °С і тримається до наступного сезону (рис. 2.1).

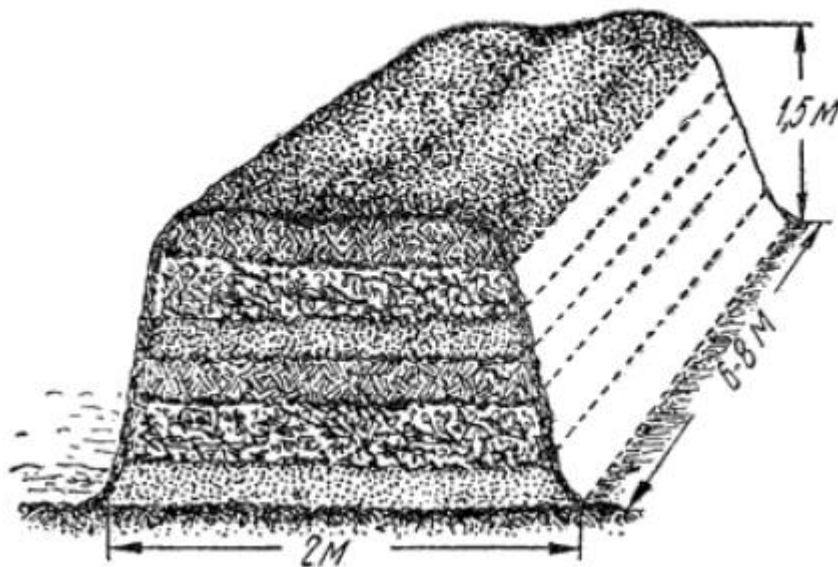


Рисунок 2.1 Зовнішній вигляд штабелю компостування

Період компостування у штабелях рекомендовано складувати в терміни 12-18 місяців. При регулярному зволоженні і перемішуванні компостованої маси термін отримання готового продукту може істотно зменшитися. При цьому істотно може знизитися вологість. Разом з тим, готовий компост очищують від сторонніх фракцій – скла, каміння, металу з використанням установки для механізованого сортування. Пере польовим компостуванням з маси необхідно відсортувати домішки механічним способом або вручну. Типовою установкою для механічного сортування є установка з магнітним сепаратором, віброгрохотом і транспортером.

Другим способом польового компостування є попереднє дороблення відходів перед закладанням їх в штабеля, що виконується за допомогою дробарок. При такому способі вихід компосту збільшується, а частка відходів зменшується.

Більш досконалим способом є компостування на майданчиках із водонепроникнених бетонних блоків, які обладнано грейферним краном, який здійснює формування і переміщення штабелів. На майданчиках є дробильно-сортувальне відділення, яке містить приймальний бункер з пластинчастим живильником, магнітним сепаратором для відбору металу, системою стрічкового транспортеру, циліндровими гуркотом, дробаркою для компосту.

З метою кращої аерації прокладають перфоровані труби сполучені з вентилятором. Такі майданчики також мають містити системи поливу і пожежогасіння. Для вилучення баластичних фракцій з товщі органічних відходів майданчики можуть містити сміттєспалювальний або піролізні установки незначної продуктивності, а за їх відсутності баласт вивозиться на полігон.

Для не чисельних міст (до 200 тис. мешканців) такі майданчики є альтернативним способом утилізації органічних відходів. Технологія компостування рослинних відходів є максимально наближеним до природних процесів розкладу органічної речовини, яка не порушує колообіг речовин і енергії.

При цьому важливо контролювати біологічне знезараження, яке здійснюється наступним способом. За умови позитивного забезпечення вологості і надходження кисню активно розвиваються аеробні бактерії, які приймають участь у розкладанні органічної речовини та сполук. В результаті виділяється енергія, яка підвищує температуру до 20-30⁰С. Потім активно починає розвиватися група термофільних бактерій аеробів, які розщеплюють більш стійкі і грубі органічні компоненти, при цьому температура знову підвищується до 60⁰С і більше. Такий рівень температури згубно впливає на патогенну мікрофлору.

Наприклад, збудники туберкульозу знищуються при температурі 55-60 °C за 5-6 хвилин, тифу – при цій самій температурі за 5-30 хвилин, дизентерії – за 60 хвилин, холери – за 60-80 хвилин. При подальшому зниженні температури і скороченні кількості термофільних бактерій, які переходять в спороподібний стан, розвиваються мезофільні бактерії, а зниження температури вказує на те, що мобільні сполуки органічної речовини в основному засвоєно. Особливою ознакою цього етапу є активність амоніфікуючих мікроорганізмів. А завершальний етап характеризується розвитком мікроорганізмів які активно розкладають целюлозу.

Для максимально ефективного проходження процесу компостування необхідно здійснювати контроль за такими показниками: величина вологості має бути 50-60 % ваги компосту, вміст харчових відходів – не нижче 25-30 %, співвідношення C:N 25:30.

Нині існують практики переробки органічних відходів шляхом компостування. Доведено позитивний вплив тривалого внесення компостів на основні показники ґрунту, накопичення органічної речовини і водостійких структурних агрегатів, на покращення біологічних властивостей [7].

За польового компостування органічних відходів на польових майданчиках відходи розвантажують в приймальне відділення або вирівняну площадку. Застосовуючи бульдозер, грейферний кран або інші спеціальні машини формують штабеля, в яких відбуваються процеси аеробного компостування. Висота штабелів залежить від методів аерації матеріалу та може перевищувати 2,5 м. Між штабелями лишають 3-6 м для проїзду автомобілів.

З метою запобігання засмічення прилеглих територій легких фракцій сміття, розмноження мух поверхню штабелю вкривають шаром торфу, зрілого ґрунту компосту товщиною 0,2 м.

Період знешкодження органічних відходів через процес компостування на майданчиках триває 1-6 місяців, залежно від обладнання, яке використовується, технології і сезону закладання штабелю.

При цьому, рядкове компостування можна розбити на підкатегорії:

1. Компостні ряди, які перемішуються механічним способом для забезпечення доступу кисню. Продукт на виході: компост. Витрати на створення компосту (США, 2010р.): \$ 15- \$ 40/т. Тривалість компостування: \approx 3 місяці. Діапазон температури: 10-55 ° С, що дозволяє позбавлятися від патогенних компонентів, личинок і бур'янів. Перевагами є те, що витрати мінімальні в порівнянні з іншими технологіями; у разі позапланового збільшення сировини, що надійшла, ряди можуть бути збільшені. Недоліками являється те, що не можна переробляти велику кількість харчових відходів (багатих азотом), потрібна велика кількість матеріалу, багатого вуглецем (наприклад, листя, гілки); можуть утворюватися анаеробні ділянки в рядах через складність проходу кисню, що веде до проблем з запахом від бази компостування і виділенню метану в атмосферу; проблеми з запахом від компостної бази, якщо строго не дотримуються всіх правил компостування: співвідношення азоту і вуглецю, надлишки опадів призводять до вимивання цінних речовин з матеріалу, забруднюють компост і порушують процес розкладання речовини.

Компостовані ряди, які аеруються, тобто подача кисню здійснюється всередині через трубопроводи. Продукт на виході: компост. Витрати на створення компосту (США, 2010р.): \$ 25- \$ 60/т. Тривалість компостування: \approx 3 місяці. Діапазон температури: 10-55 ° С, що дозволяє позбавлятися від патогенних речовин, личинок і бур'янів. Перевагами є те, що ця технологія дає змогу переробляти значні обсяги органічних відходів, ніж перший вид компостування. Недолік - це дорожче, ніж перший тип рядкового компостування.

Ряди компостування з синтетичним накриттям, що аеруються (для підтримки необхідного рівня вологості і стабілізації температури). Продукт на

виході: компост. Витрати на створення компосту (США, 2010р.): \$ 55- \$ 65/т. Тривалість компостування: \approx 2-4 місяці. Діапазон температури: 10-55 ° С, що дозволяє позбавлятися від патогенних речовин, личинок і бур'янів. Перевагами є те, що немає проблем з контролем запаху з компостній бази; порівняно простий контроль за рівнем вологості. Недоліками технології є те, що вона дорожче, ніж перший і другий типи рядкового компостування та після закінчення активної стадії будь-якого з трьох наведених типів компостування, починається стадія визрівання (*curing phase*), яка триває 3-6 тижнів. Далі матеріал просівається для видалення сторонніх елементів (пластик, скло і т.д.).

РОЗДІЛ 3. ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ОРГАНІЧНИМИ ВІДХОДАМИ КП КИЇВЗЕЛЕНБУД

3.1 Переробка і утилізація опалого листя і органічних відходів

На території України застосовують різноманітні технології утилізації і переробки органічних відходів. (рис. 3.1). В Одесі та Запоріжжі заборонено згрібання листя з-під дерев та чагарників в лісопарках, скверах та інших зелених зонах, оскільки це призводить до винесення органічних добрив та зменшення ізоляційного шару для ґрунту. Листя, яке підлягає утилізації (з алей, доріжок, галявин, квітників) вивозиться на міське сміттєзвалище.

Полігонному складуванню також підлягають відходи зеленого господарства в містах Ужгород, Тернопіль, Черкаси, Луцьку, Житомирі, Хмельницькому та Івано-Франківську. В Сумах утилізація відбувається на тимчасових майданчиках. Наприклад, в Житомирі через компостування місто отримує до 10 кубічних метрів перегною, який використовується в теплицях.

У Львові на 98% всіх ділянок для збору великогабаритних і дрібних будівельних відходів встановлено контейнери, спеціально призначені для роздільного збору харчових та садових відходів. Окремий спеціалізований автотранспорт потім вивозить їх до Компостувальної станції, де виробляється органічні добрива.

За умови обмеженого фінансування і для забезпечення 100% переробки органічних відходів міста Києва найкращим способом з економічної і екологічної точки зору є спосіб польового компостування (прискореного) у буртах на відкритих або закритих майданчиках на спеціально відведених територіях. За умови обмеженого фінансування з метою 100 % досягнення переробки органічних відходів зелених насаджень міста Києва найбільш екологічно безпечним і економічно ефективним методом є польовий спосіб прискореного компостування у буртах на відкритих чи закритих майданчиках спеціально

призначених ділянок. По мірі насиченості цих майданчиків спецтехнікою цей метод дозволяє забезпечити високий рівень рентабельності та високу якість готового продукту. Компостування планується на типовій ділянці, яка розрахована на отримання до 10 тис. тон готового продукту в рік. Основною сировиною є гілки, опале листя, трава. Окрім того, при такому способі можуть використовуватися осадки стічних вод в кількості, яка необхідна для прискорення процесу компостування – 30-50 % по масі.

Для прискореного компостування можуть також використовуватися принципові схеми з двостадійною обробкою рослинних відходів з їх подрібненням, просіюванням, розміщенням компостуючої маси в закритих приміщеннях першої стадії процесу, переміщенням маси різними пристроями у відсіки для аерації та складування для дозрівання на другій стадії компостування вже на відкритих майданчиках.



Рисунок 3.1 Застосування технологій утилізації органічних відходів в Україні

Матеріальні витрати для впровадження технологій прискореного компостування вищі ніж при відкритому польовому компостуванні (26-30 грн./т), але тривалість процесу скорочується до 1-1,5 місяці, що дає змогу значно знизити площі, необхідні для компостних ділянок.

Прийнятною є також схема застосування виробництва компосту та його переробки за допомогою вермикультивування з використанням червоних кільцевих черв'яків. Питомі капіталовкладення на впровадження вермикомпостування сягають 280 грн/т при річних експлуатаційних витратах орієнтовно 180 тис. грн. Для річної програми переробки 200 тон відходів на рік окупність не перевищує 12-14 місяців. Для досягнення 100% комплексної переробки і утилізації відходів рослинного походження, доцільно дотримуватися такої етапності:

I етап – впровадження прискореного компостування на двох відкритих ділянках з обсягом 5000 м³ на рік, залишивши в роботі площі існуючих ділянок компостування з традиційною технологією, і доведенням обсягу компостування до 30000м³ на рік;

II етап – доведення загального обсягу компостування та утилізації рослинних відходів до 76000 м³, з яких прискорене компостування на відкритих ділянках становитиме 50000 м³;

III етап – довести обсяги компостування та утилізація рослинних відходів до рівня повної переробки, при цьому компостування на відкритих ділянках становить 50000м³, на закритих – 15000м³, а вермикультивування – до 5000м³.

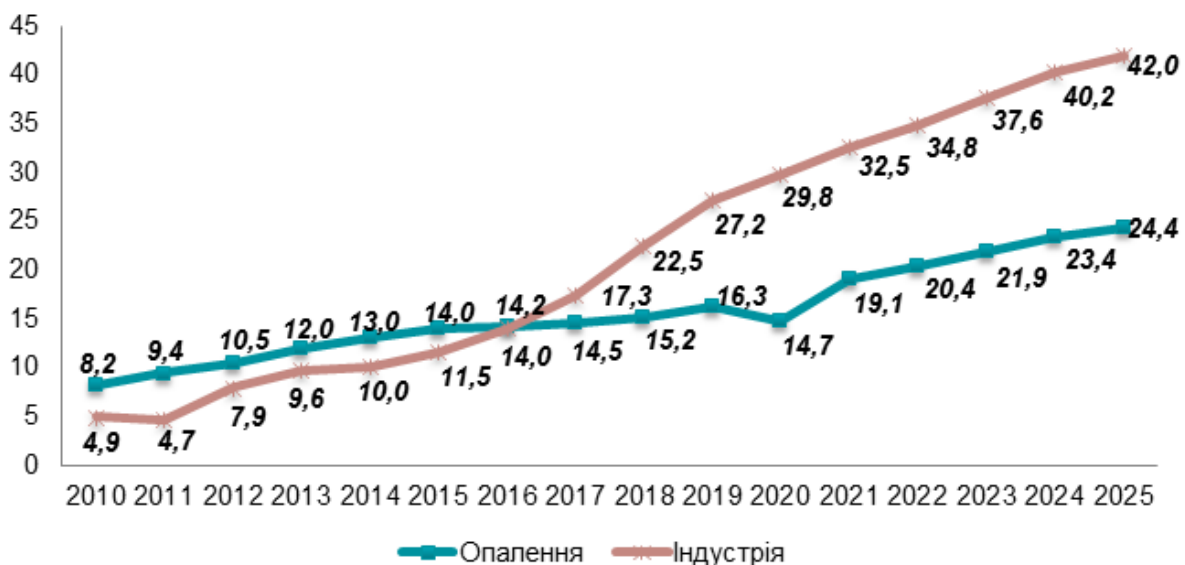
Технологія та її етапи в переробці органічних відходів полягає в тому, що на першому етапі передбачено лише інтенсифікація процесу компостування на двох ділянках, а на другому і третьому – перехід до переробки відходів за допомогою вермикультивування та прискореного компостування в закритих і відкритих майданчиках.

3.2 Утилізація та переробка деревних відходів

Утилізація і переробка деревних відходів відбувається в двох напрямках – отримання палива (дрова, паливні брикети та паливні гранули) і виробництво широкого переліку будівельних матеріалів і конструкцій на основі застосування технологій глибокої переробки деревних відходів.

Брикети, які призначення для спалювання характеризується високим вмістом вуглецю та низьким вмістом сірки, шкідливих негорючих залишків і домішок. До переваг слід віднести низьку собівартість виробництва і незначну зольність палива.

В країнах світу поширена така технологія. Нині ринок паливних гранул зростає значними темпами (рис. 3.2)



Джерело: за даними Argus Biomass Direct data, European Pellet Council, HPBA stove data; оцінка Pro-Consulting

Рис. 3.2 – Динаміка світового споживання пелет 2010-2018 рр та прогноз споживання до 2025 р., млн. т

При цьому теплопровідна здатність пелет складає 4,3-4,5 кВт/кг, що в 1,5 рази більше, ніж у деревного палива. Вона максимально наближається до

тепловіддачі кам'яного вугілля. Горіння проходить як при застосуванні традиційного виду палива (газ, вугілля), при цьому шкідливі викиди в атмосферне повітря мінімальні (табл. 3.1)

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика пелет, виготовлених з відходів сосни (GI-Pellets)

| Характеристика | Одиниці виміру | DIN+ (стандарт Німеччини) | EN+/A1 (стандарт країн ЄС) |
|-----------------------|-------------------|---------------------------|----------------------------|
| Діаметр | Мм | 4-10 | 6 |
| Довжина | Мм | $\leq 5xD$ | $3 \leq l \leq 4$ |
| Вологість | % | ≤ 10 | |
| Зольність | % | $\leq 0,5$ | $\leq 0,7$ |
| Насипна щільність | Кг/м ³ | - | ≤ 600 |
| Теплотвірна здатність | МДж/кг | ≥ 18 | $\geq 16,5$ |

Теплотвірна здатність пелет складає 4,3-4,5 кВт/кг, що в 1,5 рази перевищує за деревину. При спалюванні 1000 кг паливних гранул виділяється стільки ж теплової енергії, як і при спалюванні 1600 кг деревини, 478 м³ газу, 500 л дизельного палива, 675 л топкового мазуту. На пелетах успішно працюють комунальні котельні, промислові підприємства та електростанції достатньої потужності. При сучасному рівні цін на паливному ринку мінімальна відпускна ціна паливних гранул складає 320-360 грн. за тонну при собівартості виробництва 1 тони продукції на рівні 190-220 грн.

При зростаючих цінах на електроенергію опалювання житла і виробничі приміщення пелетами в 2,5-3 рази дешевше, ніж електроенергією. Оптова

вартість 1 тони пеле в Європі становить 75-100 Євро. А при переробці лише 50 % відходів деревини, які утворюються на території міста Київ, у паливні гранули валовий дохід від їх реалізації становитиме 10-12 млн. гривень на рік.

Можливі доходи від реалізації паливних гранул, які можна отримати від переробки відходів деревини – 16,4 тис. тон, за підрахунками становитимуть 5600,0 тис. грн.

Для гарантованого забезпечення переробних підприємств сировиною, враховуючи амплітуду річних та сезонних коливань утворення деревинних відходів, при здійсненні розрахунків техніко-економічного обґрунтування створення виробничих потужностей для комплексної переробки та утилізації органічних відходів рослинного походження на першому етапі дослідження приймалися мінімально необхідні обсяги відходів для подальшої переробки та утилізації.

Результати проведених досліджень щодо формування обсягів деревини та деревинних відходів по адміністративних районах м. Києва та окремих комунальних підприємствах (ЛПГ і КП УЗН) КО "Київзеленбуд", вирішення транспортної задачі дають підстави стверджувати, що найбільш економічно та екологічно обґрунтованим є розташування виробничих потужностей по переробці деревинних відходів рослинного походження на площах Святошинського (на території колишніх полів фільтрації, що межують з кварталами 4 та 5 Київського лісництва Святошинського лісопаркового господарства в Оболонському районі м. Києва) та Дарницького (на території колишнього радіопередавального центру в районі селища Биківня Деснянського району м. Києва) лісопаркових господарств.

Згідно з проведеними розрахунками, маркетинговими дослідженнями ринку альтернативних видів палива найбільш оптимальним має стати спорудження у Святошинському та Дарницькому ЛПГ двох цехів (міні-заводів) виробничою потужністю по 15000 тис. м³ переробки деревинних відходів на рік.

Плановий обсяг випуску товарної продукції - паливних гранул (пеллет) при цьому становитиме 12,0 тис. тонн загальною вартістю за відпускними цінами - 4200 тис. грн.

Вартість повного комплексу технологічного обладнання виробничою потужністю 1 тонна готової продукції на годину (з урахуванням витрат на транспортування, монтаж та налагодження) становить 1900,0 тис. грн. Для розміщення одного міні-заводу необхідні виробничі приміщення загальною площею 1100 - 1200 м².

На другому етапі планується:

- довести потужність цехів (міні-заводів) по переробці деревинних відходів до 60,0 тис. м³ або 24,0 тис. тонн на рік;

- впровадити технологічну лінію по глибокій переробці деревинних відходів виробничою потужністю переробки 4,0 тис. м³ сировини на рік.

На третьому етапі необхідно довести переробку деревинних відходів до 100 % з перепрофілюванням цехів глибокої переробки деревинних відходів на продукцію, що має найбільший попит та рентабельність.

Розрахована потреба у виробничих площах для розміщення ділянок для компостування та цехів з переробки деревинних відходів (по 6,6 га) не перевищує розміри ділянок.

Сумарні інвестиції в основний капітал для створення виробничих потужностей для комплексної переробки та утилізації органічних відходів рослинного походження (переробка та утилізація деревини та деревинних відходів, опалого листя та трави) згідно з попередніми розрахунками становитимуть 24430 тис. грн., в тому числі по першому етапу - 4080 тис. грн.; по другому - 7050 тис. грн.; по третьому – 13300 тис. грн.

Будівництво виробничих потужностей по глибокій переробці деревинних відходів та виробництву паливних гранул (пеллет), впровадження закритих

ділянок прискороного компостування та вермикомпостування планується здійснювати виключно за кошти інвесторів.

Очікувані строки окупності по всіх інвестиційних проектах щодо створення виробничих потужностей для комплексної переробки та утилізації органічних відходів рослинного походження коливаються від 12 до 30 місяців, що свідчить по значну інвестиційну привабливість та безумовну економічну доцільність.

3.3. Дослідження обсягів та структури органічних відходів рослинного походження міста Києва

Загальна площа Києва становить приблизно 83600 га. У межах міста ліси та інші лісовкриті площі займають 36100 га. До зелених насаджень міста належать: парки - 3243 га; сквери - 595 га; газони – 3208 га; квітники - 30 га та інші зелені насадження - 16938 га. Водне дзеркало міста займає загальну площу 6700 га. Сільськогосподарські угіддя (рілля, багаторічні насадження, сіножаті та пасовища) в межах міської смуги займають територію в 5300 га. Забудована площа в межах міста становить 34100 га.

В Києві щорічно висаджується до 40 тис. молодих дерев, в основному цінних порід, та близько 70 тис. чагарників. Водночас значні території потребують додаткових насаджень, особливо вздовж автотрас, вулиць з інтенсивним рухом автотранспорту, у дворах будинків тощо. Ці території зеленої зони з ускладненим екологічним станом мають прискорене старіння зелених насаджень. Велика кількість дерев різних порід вражена омелою як в парках, так і у вуличних насадженнях.

Наглядом за зеленими насадженнями в м. Києві займаються 10 районних комунальних підприємств по утриманню зелених насаджень (КП УЗН), 3 лісопаркових господарства (ЛПГ), міська станція захисту зелених насаджень та міський декоративний розсадник.

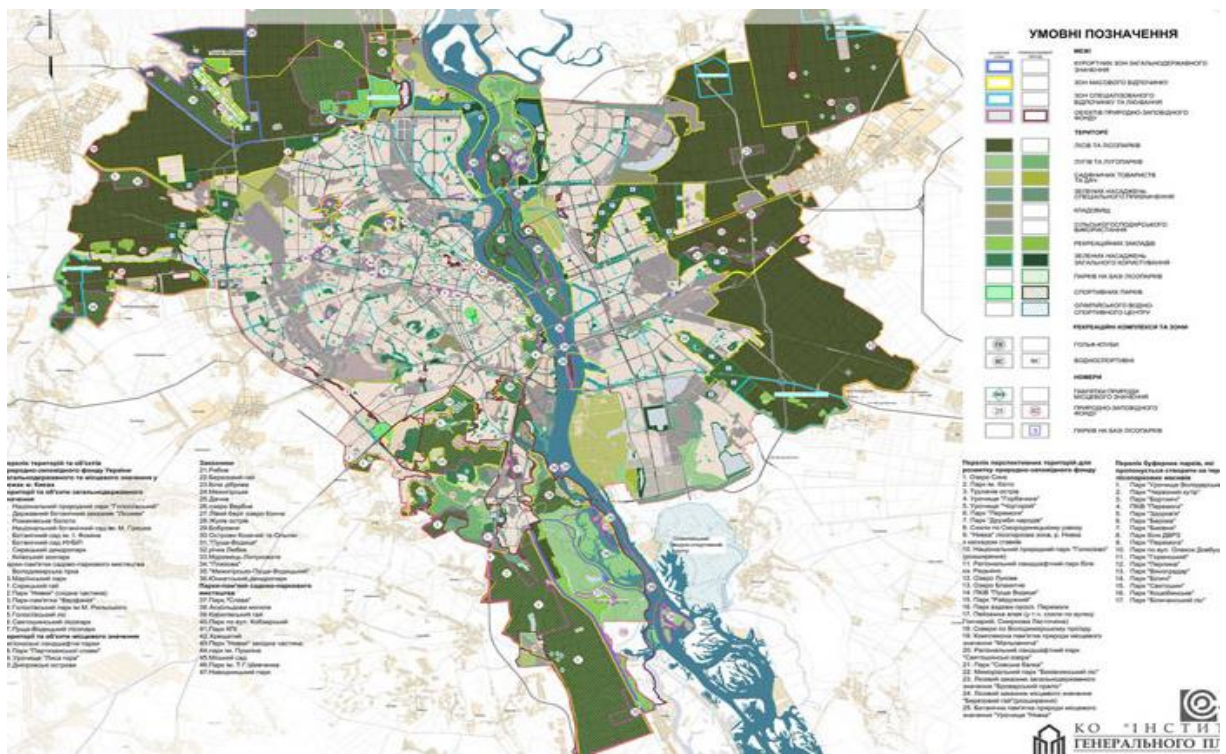


Рисунок 3.3 – Озеленені та рекреаційні території міста Києва (джерело: <https://hmarochos.kiev.ua/>).

Відходи деревини систематично утворюються під час здійснення робіт по догляду за зеленими насадженнями комунальними підприємствами м. Києва, в т. ч. при проведенні рубок догляду (освітлення, прочищення, проріджування, прохідних), санітарних рубок (вибіркових, суцільно санітарних, лісовідновних), рубок, пов'язаних з реконструкцією малоцінних молодняків і похідних деревостанів, обрізуванні сучків і частини живих нижніх гілок, видаленні гілок і сучків, протипожежних обрізувань, догляді за підростом і підліском, ліквідації захаращеності, обрізуванні крони міських дерев та чагарників.

Найбільші обсяги рубок й деревинних відходів належать лісопарковим господарствам, а відходів листя і трави - районним комунальним підприємствам по утриманню зелених насаджень м. Києва.

Загальні обсяги облікових деревинних відходів у 2015 році становили 164,47 тис. м³ або близько 65,8 тис. тонн. Питома вага ЛПГ у загальному обсязі

рубок дорівнює 91,77 % або 150,94 тис. м³. На долю КП УЗН припадає відповідно 8,23 % або 13,54 тис. м³.

При перерахунках обсягів деревини із метрів кубічних у тони при середній щільності різнопорідних дерев приймався коефіцієнт 0,4 т/м³.

На сьогодні ліквідна деревина, що утворюється в результаті господарської діяльності комунальних підприємств, переважно реалізується населенню у якості палива (дрова) або підлягає вивезенню на полігони для захоронення. Обсяг деревини, що була реалізована споживачам як дрова, за звітний період становив 119469 м³ або 72,6 % від загального обсягу рубок. Валові доходи від реалізації досягли 6701,0 тис. грн., тобто деревина реалізовувалася в середньому по 56 грн. за 1 м³.

Значні обсяги деревини, а саме 41006 м³ або 27,4 %, взагалі не були залучені до господарського обігу.

Опале листя та трава.

У середньому по м. Києву щорічно збирається опалого листя та скошеної трави приблизно 120,0 тис.м³. Найбільша питома вага по збору цього виду рослинних відходів припадає на КП УЗН - 48 %, КП УЖГ збирають до 35 %, заклади освіти, охорони здоров'я та інші - 17 %.

Переробка зібраного опалого листя та трави методом компостування у гумус з подальшим використанням для збагачення та рекультивації земель паркової зони здійснюється лише частково. З більш ніж 120,0 тис м³ компостується тільки 24500 м³ або трохи більше 20 % від загального обсягу. В першу чергу, це пояснюється недостатньою виробничою потужністю існуючих компостних ділянок та відсутністю сучасних технологій. Загальна площа компостних ділянок, які розташовані на площах районних КП УЗН, становить 19400 м².

Середня виробнича потужність існуючих компостних ділянок КО "Київзеленбуд" становить 1,263 м³ компосту на 1 м² площі ділянки на рік. Максимальна потужність пропускної спроможності компостної ділянки

(наприклад, у Печерському, Шевченківському, Оболонському КП УЗН) при діючих технологіях може досягати 3,5 - 4,0 м³ компосту на 1 м² площі ділянки на рік.

При такій потужності на існуючих площах компостних ділянок можлива переробка до 70000 м³ або майже 60,0 % загальної кількості відходів опалого листя та трави по місту Києву.

Таким чином, при існуючих виробничих потужностях та застарілих технологіях переробити усі відходи листя і трави, що утворюються у м. Києві, неможливо. Навіть при максимальній інтенсивності переробки рослинних відходів (3,5 м³ компосту на 1 м² площі ділянки) необхідно практично вдвічі збільшити площі для компостування або терміново впроваджувати сучасні технології переробки опалого листя та трави, такі, як біоконверсії відходів рослинного походження, вермикомпостування та інші.

За рахунок біоконверсії відходів рослинного походження можуть бути отримані - компост, добрива, метан, метанол, етанол, ацетон, бутанол, органічні кислоти, вітаміни, антибіотики, мікробний білок, продукти вермикультури - гумус, білковий корм для птиці - хробаки, ефективні стимулятори росту рослин типу "гумісол" тощо.

ВИСНОВКИ

За результатами виконаної кваліфікаційної магістерської роботи, нами було сформовано наступні висновки:

- ✓ скупчені в багатьох місцях відходи часто виступають в ролі техногенних забруднювачів. Наявність в них різних видів небажаних інгредієнтів вимагає комплексного підходу, що враховує чисельні чинники поводження з відходами, в тому числі визначення найбільш оптимальних методів і способів переробки, можливості використання в корисних цілях в різних технологічних процесах. Тому утилізація органічних відходів дозволяє вирішувати і екологічну проблему - з категорії забруднювачів навколишнього середовища вони переходять в розряд органічних добрив.
- ✓ проаналізовано та описано обсяги утворення органічних відходів міста Києва та встановлено, що органічна частка в утворених парковими зонами міста складає 60% від їх загальної маси;
- ✓ проведено аналіз основних найпоширеніших технологій переробки органічних відходів зелених насаджень міста Києва, визначено їх переваги та недоліки; обрано в якості технології компостування у біобарабанах через більшу ефективність та меншу витрату часу і людських ресурсів;
- ✓ розглянуто біохімічні та мікробіологічні процеси, що відбуваються при компостуванні органічних відходів у біобарабані, які дозволяють зрозуміти, що основою утворення компосту є перетворення органічної речовини мікроорганізмами до простих сполук;
- ✓ встановлено, що загальні обсяги облікових деревинних відходів становлять 164,47 тис. м³ або близько 65,8 тис. тонн, по м. Києву щорічно збирається опалого листя та скошеної трави приблизно 120,0 тис.м³;

- ✓ при існуючих виробничих потужностях та застарілих технологіях переробити усі відходи листя і трави, що утворюються у м. Києві, неможливо. Навіть при максимальній інтенсивності переробки рослинних відходів (3,5 м³ компосту на 1 м² площі ділянки) необхідно практично вдвічі збільшити площі для компостування або терміново впроваджувати сучасні технології переробки опалого листя та трави, такі, як біоконверсії відходів рослинного походження, вермикомпостування та інші.

Список використаних джерел

1. Петрук В. Г., Васильківський І. В., Іщенко В. А., Петрук Р. В. Управління та поводження з відходами. Частина 4. Технології переробки твердих побутових відходів: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013. 234 с.
2. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-ХІІ. Дата оновлення: 12.10.2018. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 01.05.2023).
3. Кращі європейські практики управління відходами: посібник / за заг. ред. О. Кравченко. Львів: «Манускрипт», 2019. 64 с.
4. КП «Зеленебуд» Інформаційний портал Київської міської ради. URL: <https://snr.gov.ua/uk/miska-vlada/vikonavchi-organi/2015-12-10-09-05>
5. Офіційне видання ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій URL: dreamdim.ua/wp-content/2019.
6. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2019 рік. Міністерство розвитку громад на території України. Офіційний сайт 2021 рік. URL: <https://www.minregion.gov.ua>.
7. Управління відходами в Україні – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ekospha.org/wpcontent/uploads/2018/02/Ukraine_Newsletter_01_ukr.pdf.
8. Наказ Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 21.03.2006 № 54 “Про затвердження Правил надання послуг із збирання та вивезення твердих побутових відходів“, затверджених наказом № 54 від 21.03.2000 р. Держкомітету архітектури та житлової політики. - 2000.
9. Наказ Держстандарту України від 29 лютого 1996 р. №89 "ДЕРЖАВНИЙ КЛАСИФІКАТОР УКРАЇНИ Класифікатор відходів ДК 005-96 " (Зміна N 2 до Класифікатора відходів (КВ) ДК 005-96 від 22.01.2008).- 2008.

10. Organic Waste Recycling: How To Recycle Organic Waste? Earth Reminder. URL.: <https://www.earthreminder.com/organic-waste-recycling-process-and-steps/> (дата звернення 21.09.2023)
11. Горобець О. В. Перспективні напрями утилізації органічних відходів. Житомир: ЖНАЕУ, 2016. 102 с.
12. Tymchuk I., Shkvirko O., Sakalova H., Malovanyu M., Dabizhuk T., Shevchuk O., Vasylynych T. Wastewater a Source of Nutrients for Crops Growth and Development. Journal of Ecological Engineering. 2020. Vol.21. №5. P.88–96.
13. R. Korol, H. Sakalova. Methanogenesis of waste in technical systems as an energy conservation factor. Personality and Environmental Issues, 2022. Vol.1. Issue.2. P. 22–26.
14. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. № 820-р «Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року». Доступно: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80/page>
15. Ілляш О.Е., Голік Ю.С. Організація моніторингу системи управління побутовими відходами. Technologies and strategies for the implementation of scientific achievements: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the I International Scientific and Theoretical Conference. 2022. Vol. 2, May 27, Stockholm, Kingdom of Sweden: European Scientific Platform.: URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/scientia/issue/view/27.05.2022> (дата звернення 21.09.2021).
16. Козбур Н. Вермикомпостування, як перспективний напрям переробки органічних відходів. Ecobusiness. Екологія підприємства, №2. URL: <https://ecologua.com/articles/vermykompostuvannya-yak-perspektyvnyu-napryam-pererobky-organichnyhvidhodiv>. 204

17. Про затвердження Правил утримання жилих будинків та прибудинкових територій, наказ КМУ 17.05.2005 № 76. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0927-05#Text>.

18. Правила утримання зелених насаджень у населених пунктах України (наказ Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 10.04.2006 № 105). URL: <https://ips.ligazakon.net/document/JH71400A>.

19. Правила пожежної безпеки в лісах України (наказ Державного комітету лісового господарства України від 27.12.2004 № 278). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0328-05#Text>.

20. Про затвердження СОУ ЖКГ 10.09-014:2010 «Побутові відходи. Технологія перероблення органічної речовини, що є у складі побутових відходів» (наказ № 78 від 30.03.2010 р.). URL: <https://ips.ligazakon.net/document/FIN54913>.

21. Київзеленбуд КО. Офіційний сайт. URL: <https://kyivzelenbud.com/>.

22. Схема санітарного очищення м. Києва. Пояснювальна записка Загальна характеристика м. Києва та його системи санітарного очищення і прибирання. ДП НДКТИ МГ, 2011 р. – 190с. URL: <https://golos.kyivcity.gov.ua/files/2014/6/19/TOM-1.pdf>.

23. Харчишин В.М., Мельниченко О.М., Веред П.І., Злочевський М.В. Інновації у вирішенні проблем утилізації органічних відходів методом вермікультивування. Збірник наукових праць. Випуск 10 (105). Біла Церква, 2013. С. 64–68. URL: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/2797>

24. Герасименко В.Г., Харчишин В.М. Рекомендації щодо застосування цеоліту Сокирницького родовища, цеолітовмісного базальтового туфу родовища «Полицьке-П» і черв'ячної біомаси у раціонах перепелів. Біла Церква: БДАУ, 2005. 12 с. URL: <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7113>

25. Герасименко В.Г., Харчишин В.М. Шляхи оптимізації складу живильного середовища для удосконалення технології вермікультивування.

Сучасна аграрна наука: напрями досліджень, стан і перспективи: збірник матеріалів третьої міжвузівської науково-практичної конференції аспірантів (Вінницький державний аграрний університет, 17-19 березня 2003 р.). Вінниця, 2003. С. 108–110. URL:<http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7787>

26. Харчишин В.М., Герасименко В.Г. Склад живильного середовища для гібриду червоних каліфорнійських черв'яків. Патент на корисну модель № 9905, 2005. URL:<http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7327>

27. Герасименко В.Г., Харчишин В.М. Інтенсифікація процесів утилізації відходів сільськогосподарського виробництва шляхом впровадження біотехнології вермікультування. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2004. Вип. 73. Ч. 1. С. 33–38. URL:<http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7798>

28. Біотехнологія: підручник/ В.Г. Герасименко та ін. К.: Фірма «ІНКОС», 2006. 647 с.

29. Ресурсоенергозбереження: потенціал, екологічна і економічна ефективність застосування у сільському господарстві. Modern stages of scientific research developmen: proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference (December 27–30, 2022)/В.М. Харчишин та ін. Prague, Czech Republic, 2022. P. 26–32. DOI:10.46299/ISG.2022.2.14.

30. Альтернативні шляхи поводження із органічними відходами сільськогосподарського виробництва: еколого-економічна оцінка. Current issues of science and integrated technologies: proceedings of the I International Scientific and Practical Conference (January 10–13, 2023)/ В.М. Харчишин та ін. Milan, Italy, 2023. P. 22–30. DOI:10.46299/ISG.2023.1.1

31. Екологічні та економічні основи маловідходних і біоконверсних технологій поводження з органічними відходами сільськогосподарського виробництва. Application of knowledge for the development of science: proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference (February 21–24,

2023)/В.М. Харчишин та ін. Stockholm, Sweden, 2023. P. 16–24.
[URL:http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/8437](http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/8437)

32. Харчишин В. М., Бітюцький В. С., Мельниченко О. М. Моделювання і прогнозування стану довкілля: методичні вказівки до виконання самостійних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 101 «Екологія». Біла Церква: БНАУ, 2021. 15 с.
[URL:http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7128](http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7128)

33. Харчишин В. М., Бітюцький В. С., Мельниченко О. М., Веред П. І. Моделювання і прогнозування стану довкілля: методичні вказівки для виконання практичних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 101 «Екологія». Біла Церква: БНАУ, 2021. 27 с. URL:<http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7090>

34. Харчишин В.М., Злочевський М.В., Веред П.І., Онищенко Л.С. Ефективність впровадження системи екологічного менеджменту при поводженні з органічними відходами та мінімізації забруднення навколишнього природного середовища. «Scientific forum: theory and practice of research». Abstracts of the I International Scientific and Theoretical Conference. Valencia, Kingdom of Spain, 2021. Vol. 1. P. 121–123. URL:<http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/6974> 29

35. Харчишин В. М. Перспективи впровадження екологічного менеджменту на сільськогосподарських підприємствах. Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво: міжнародна науковопрактична конференція (Білоцерківський НАУ, 21 жовтня 2021 р.). Біла Церква, 2021. С. 17–18. URL:<http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/6923>

36. Волинець І.О., Салтанюк В.Р., Харчишин В.М. Використання біотехнологічних методів у ресурсоенергозберігаючих технологіях. Наукові пошуки молоді у XXI столітті. Екологізація виробництва та охорона природи як основа збалансованого розвитку: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Студентів

(Білоцерківський НАУ, 14 квітня 2021 р.). Біла Церква, 2021. С. 7–8.
URL:<http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/7010>.

37. Закон України «Про управління відходами», від 20.06.2022 року №2320-IX; 2. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року»: схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17.09.2020 № 820-2017-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p#Text>.

38. Національний перелік відходів, затверджений постановою КМУ від 20.10.2023р.№1102; 4. Бащенко М.І., Гончар О,Ф, Шевченко Є.А. Кролівництво. Видання третє, перероблене. Монографія. - Чорнобаївське КПП, 2018. -306 с.

39. Гадзало Я. М. та ін. Тваринництво України: стан, проблеми, шляхи розвитку (1991-2017-2030 рр.) Київ:Аграрна наука, 2017. 160 с.

40. Цілі спільної сільськогосподарської політики. URL:https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/commonagri_cultura 7. Дубневич Ю., Войнич Л. Світовий досвід ефективного управління відходами агропромислового виробництва,<https://doi.org/10.31734/economics2023.30.118>;

41. Дубневич Ю. В., Попівняк Р. Б., Дубневич Н. Ю. Впровадження концепції кругової економіки в Україні. Аграрна економіка. 2020. Т. 13, № 3-4. С. 27- 32

42. Husted, S.; Jensen, L.S. & Jørgensen, SS (1991). Reducing ammonia losses from cattle manure by using acidifying additives: The role of the buffer system. J. Sci. Food Agric. 1991, 57, 335-349. [Google Scholar] [CrossRef]

43. Kai, P.; Pedersen, P.; Jensen, JE; Hansen, Minnesota; Sommer, S. G. (2008). Evaluating the effectiveness of manure acidification to reduce whole-farm ammonia emissions. Euro. J. Agron. 2008, 28, 148–154. [Google Scholar] [CrossRef]

44. Petersen, S.O.; Andersen, AJ & Eriksen, J. (2012)Effects of cattle manure acidification on ammonia and methane evolution during storage. J. Environ. Quality 2012, 41, 88–94. [Google Scholar] [CrossRef]

45. Pekşas, G.; McKenzie, S.G.; Wallace, M. & Kyriazakis, I. (2020). Environmental impact of housing conditions and manure management in European pig farming systems through a life cycle perspective: A case study in Denmark. *Zh. Chisty Vadanik* 2020, 253, 120005. [Google Scholar] [CrossRef]

46. Camilla Gels, Steen Gildenkarnе, Tavs Njord and others (2023). Manure acidification and air cleaners to reduce ammonia emissions: a holistic assessment of costs and consequences for terrestrial, freshwater and marine ecosystems. *Agronomy* 2023, 13 (2), 283; <https://doi.org/10.3390/agronomy13020283>

47. Chun Ma, Frederick R. Dalby, Anders Feilberg, Brian H. Jacobsen, & Søren O. Petersen. Low-dose acidification as a methane mitigation strategy for manure management. *ACS Agricultural Science & Technology*.