

Хмельницький національний університет
Гуманітарно-педагогічний факультет
Кафедра екології та біологічної освіти

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
здобувача другого (магістерського) рівня вищої освіти
Циркулярна економіка: кейси для урбоекосистем
(на прикладі міста Хмельницького)

Галузь знань – 10 «Природничі науки»

Спеціальність – 101 «Екологія»

ДРЕКОЛ.022059.01.06.00

Виконала: здобувачка 2-го курсу група ЕКОЛмз-23-1  Оксана ВАКУЛЯК

Керівник

 Наталія МІРОНОВА

Нормоконтролер

 Сергій ШЕВЧЕНКО

До захисту допускаю:

завідувач кафедри екології

та біологічної освіти

 Ольга ЄФРЕМОВА

19 грудня 2024 р.

АНОТАЦІЯ

Тема – Циркулярна економіка: кейси для урбоекосистем (на прикладі міста Хмельницького).

Автор – здобувачка ЕКОЛмз-23-1 Оксана ВАКУЛЯК.

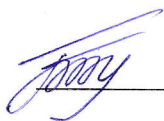
Керівник – професор кафедри екології та біологічної освіти, доктор сільськогосподарських наук, професор Наталія МІРОНОВА

Кваліфікаційна робота викладена на 74 сторінках, містить 3 таблиці, 6 рисунків та перелік джерел посилання, що включає 70 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА, РЕСАЙКЛІНГ, ОРГАНІЧНІ ВІДХОДИ, ВЕРМИКОМПОСТУВАННЯ, ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ.

У роботі охарактеризовано концепцію циркулярної економіки та її застосування в урбоекосистемах, узагальнено світовий досвід впровадження ресайклінгу органічних відходів. Розроблено кейс з інтеграції вермикомпостування в модель циркулярної економіки урбоекосистеми міста Хмельницького, визначено основні екологічні та економічні переваги впровадження вермикомпостування, розраховано потенційний ефект зменшення обсягу відходів та підвищення рентабельності для міської екосистеми.

16.12.2024 р.

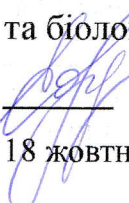


Оксана ВАКУЛЯК

Факультет – Гуманітарно-педагогічний
Кафедра – Екології та біологічної освіти
Освітній рівень – другий (магістерський)
Галузь знань – 10 «Природничі науки»
Спеціальність – 101 «Екологія»
Освітньо-професійна програма – «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології
та біологічної освіти

 Ольга ЄФРЕМОВА

18 жовтня 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Вакуляк Оксані Олександрівні

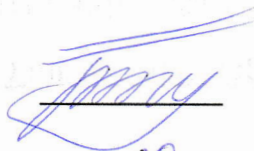
1. Тема роботи: Циркулярна економіка: кейси для урбоекосистем (на прикладі міста Хмельницького)
керівник роботи Міронова Наталія Геннадіївна, професор кафедри екології та біологічної освіти, доктор сільськогосподарських наук, професор
Затверджено наказом ректора університету від 26 серпня 2024 р. № 60
2. Строк подання здобувачем роботи на кафедру 16 грудня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи: статистичні дані, нормативно-правові акти, наукові публікації.
4. Зміст роботи: 1. Теоретичні засади циркулярної економіки. 1. Теоретико-методологічні основи ресайклінгу органічних відходів шляхом вермикомпостування. 3. Розробка кейсу з ресайклінгу органічних відходів шляхом вермикомпостування на прикладі Хмельницької урбоекосистеми.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапу (розділу) кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапу роботи	Примітка
1	Визначення об'єкта і предмета дослідження, постановка мети і завдань відповідно до теми кваліфікаційної роботи, формулювання актуальності та гіпотези дослідження. Оформлення вступу	до 01.11	виконано
2	Розділ I	до 15.11	виконано
3	Розділ II	до 20.11	виконано
4	Розділ III	до 08.12	виконано
5	Загальні висновки	до 10.12	виконано
6	Оформлення кваліфікаційної роботи	до 15.12	виконано
7	Попередній захист кваліфікаційної роботи	17.12	виконано
8	Захист кваліфікаційної роботи (відповідно графіку)	24.12	виконано

Дата видачі завдання: 21 жовтня 2024 р.

Здобувач



Оксана ВАКУЛЯК

Керівник



Наталія МІРОНОВА

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	5
1 Теоретичні засади циркулярної економіки.....	7
1.1 Сутність та основні принципи циркулярної економіки.....	7
1.2 Економічна та екологічна рентабельність циркулярної економіки для міського середовища.....	12
1.3 Світовий досвід впровадження циркулярної економіки в урбоекосистемах.....	15
2 Теоретико-методологічні основи ресайклінгу органічних відходів шляхом вермикомпостування.....	23
2.1 Характеристика вермикомпостування.....	23
2.2 Інтеграція вермикомпостування в міські екосистеми.....	31
2.3 Методологія дослідження впровадження вермикомпостування у місті Хмельницькому.....	36
3 Розробка кейсу з ресайклінгу органічних відходів шляхом вермикомпостування на прикладі Хмельницької урбоекосистеми.....	40
3.1 Аналіз поточного стану управління органічними відходами в місті Хмельницькому.....	40
3.2 Можливості та виклики впровадження вермикомпостування у місті Хмельницькому.....	44
3.3 Практичні рекомендації щодо впровадження вермикомпостування в місті Хмельницькому.....	56
Висновки.....	60
Перелік джерел посилання.....	63
Додаток А Результати апробації роботи.....	75

ВСТУП

Сучасний світ стикається з низкою викликів, пов'язаних із надмірним споживанням природних ресурсів, збільшенням обсягів відходів та зростанням екологічного навантаження на міські екосистеми. У цьому контексті концепція циркулярної економіки, що передбачає перехід до економічної моделі замкненого циклу, набуває особливої актуальності. Одним із ключових завдань циркулярної економіки є ресайклінг органічних відходів, який забезпечує їх зменшення, повернення корисних матеріалів у виробничі цикли та збереження екосистем.

Метою даної роботи є кейс з інтеграції вермикомпостування в модель циркулярної економіки міста Хмельницького.

Об'єктом дослідження є модель циркулярної економіки урбоекосистем.

Предметом дослідження є вермикомпостування як елемент моделі циркулярної економіки урбоекосистеми міста Хмельницького.

Завдання дослідження:

- проаналізувати теоретичні засади циркулярної економіки, її економічну та екологічну рентабельність, особливості в умовах урбоекосистем;
- дослідити потенціал і принципи впровадження вермикомпостування як складової циркулярної економіки;
- розробити кейс з ресайклінгу органічних відходів шляхом вермикомпостування для Хмельницької урбоекосистеми.

Гіпотеза дослідження – інтеграція вермикомпостування в циркулярну економіку міста Хмельницького дозволить зменшити обсяги органічних відходів, підвищити екологічну ефективність управління міськими ресурсами та сприятиме економічному зростанню через виробництво цінних вторинних продуктів.

Методи дослідження: аналіз, синтез, порівняння, узагальнення для визначення теоретичних засад циркулярної економіки, економічної та екологічної рентабельності, аналізу досвіду впровадження в урбоекосистемах, метод SWOT-аналізу для визначення потенціалу і перешкод впровадження вермикомпостування та експертний метод для розробки рекомендацій.

Інноваційність одержаних результатів полягає у розробленому кейсі з циркулярної економіки для урбоекосистеми міста Хмельницького, що включає вермикомпостування органічних відходів.

Практичне значення: результати можуть бути використані органами місцевого самоврядування міста Хмельницького для формування елементів циркулярної економіки, вдосконалення системи управління органічними відходами, а також є основою для створення спеціалізованого комунального чи приватного підприємства з вермикомпостування.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи і публікації з теми дослідження. Робота була апробована на III міжнародній науково-практичній конференції “Vin Smart Eco”, 18-20 травня 2023, м. Вінниця.

Результати роботи опубліковані в матеріалах конференції: Вакуляк О. О. Циркулярна економіка: перспективи та інструменти для запровадження в Україні / Н.Г. Міронова, О.О. Вакуляк // “Vin Smart Eco”: зб. матер. III Міжнар. науково-практ. конференції (18-20 травня 2023, м. Вінниця) ; [за наук. ред.] О.В. Мудрака. – Вінниця : КЗВО ВАБО, 2023. – С. 27-29. (додаток А).

1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЦИРКУЛЯРНОЇ ЕКОНОМІКИ

1.1 Сутність та основні принципи циркулярної економіки

Циркулярна економіка, відома також як економіка замкненого циклу, є альтернативною моделлю економічного розвитку, що протиставляється традиційній лінійній економіці. Вона спрямована на відновлення, повторне використання та раціональне споживання ресурсів, створюючи додаткову цінність через нові послуги та інтелектуальні рішення [1].

Основною метою циркулярної економіки є створення стійкої системи, яка поєднує економічне зростання з екологічною відповідальністю. Це досягається шляхом збереження та збільшення природного капіталу, оптимізації використання ресурсів та мінімізації негативного впливу на довкілля [2].

Традиційна лінійна економіка базується на принципі «виробляти, використовувати, утилізувати» (рисунок 1.1), що призводить до надмірного споживання ресурсів та накопичення відходів.



Рисунок 1.1 – Схематичне відображення лінійної моделі економіки

Натомість циркулярна економіка пропонує підхід 3R: «reduce, reuse and recycle» (рисунок 1.2) (зменшувати, повторно використовувати, переробляти) [3]. Ця модель економіки прагне досягти сталого розвитку, забезпечуючи баланс між економічним зростанням, екологічною стійкістю та соціальним благополуччям. Вона сприяє зниженню тиску на природні системи та створює економічні вигоди, пов'язані зі зменшенням витрат на сировину та управління відходами.



Рисунок 1.2 – Модель 3R [4]

Впровадження принципів циркулярної економіки сприяє вирішенню екологічних проблем, одночасно стимулюючи економічне зростання, інновації та підвищення добробуту суспільства. Цей підхід дозволяє зменшити залежність від обмежених природних ресурсів, знизити обсяги відходів та зменшити викиди парникових газів, що є ключовими факторами у боротьбі зі зміною клімату. Тут можна виокремити п'ять основних принципів [1]:

- збереження цінності ресурсів, що передбачає максимальне продовження життєвого циклу продуктів і матеріалів через повторне використання, ремонт та переробку;
- відновлення природних систем, або принцип наслідування природних циклів, де відходи одного процесу стають ресурсом для іншого;
- відходи, як ресурси – цей підхід передбачає створення замкнутих циклів, де матеріали постійно переробляються та повторно використовуються, зменшуючи потребу у видобутку нових ресурсів;
- еко-дизайн, що сприяє створенню продукції, яка є більш стійкою, ефективною та менш шкідливою для навколишнього середовища, що відповідає цілям циркулярної економіки;

– системне мислення, що дозволяє виявляти та враховувати взаємозв'язки між різними компонентами, що сприяє прийняттю більш обґрунтованих та ефективних рішень у контексті циркулярної економіки.

Циркулярна економіка також передбачає мінімізацію відходів через ефективне використання ресурсів на всіх етапах виробництва та споживання. Це досягається шляхом впровадження безвідходних технологій, повторного використання матеріалів та переробки відходів у нові продукти (рисунок 1.3) [5].

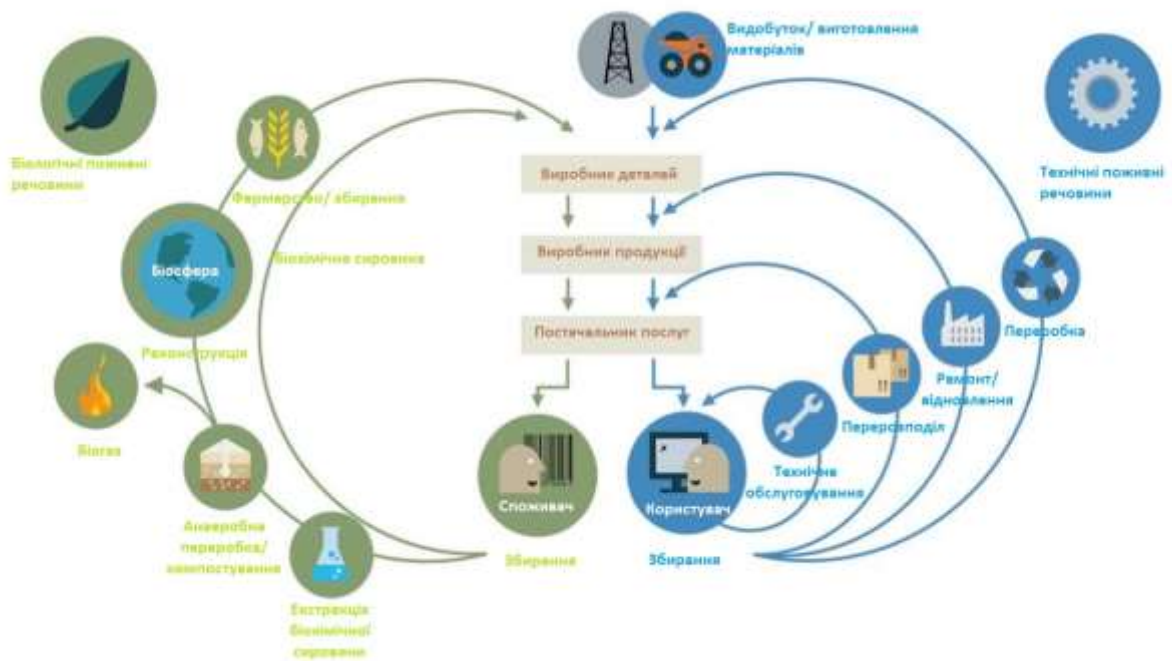


Рисунок 1.3 – Схема системи циркулярної економіки [6]

Важливим принципом є інтеграція екологічних, економічних та соціальних аспектів у процесі прийняття рішень. Тобто, при розробці політик та стратегій розвитку враховуються не лише економічні вигоди, але й екологічні та соціальні наслідки, що сприяє сталому розвитку суспільства.

Таким чином, циркулярна економіка пропонує комплексний підхід до сталого розвитку, інтегруючи економічні, екологічні та соціальні аспекти для забезпечення довгострокового процвітання суспільства. Її впровадження

вимагає співпраці між урядами, бізнесом та громадськістю, а також адаптації існуючих бізнес-моделей та споживчих практик до нових реалій [1].

Отже, основні принципи циркулярної економіки спрямовані на створення стійкої економічної системи, яка мінімізує негативний вплив на довкілля та забезпечує раціональне використання ресурсів. Впровадження цих принципів дозволяє зменшити викиди парникових газів, знизити обсяги відходів та підвищити економічну конкурентоспроможність через зменшення залежності від первинних ресурсів.

Циркулярна економіка спрямована на створення стійкої системи виробництва та споживання, яка мінімізує відходи та максимально ефективно використовує ресурси. Ключовими аспектами цього підходу є впровадження технологій ресайклінгу, оптимізація використання природних ресурсів та розробка політик, що підтримують розвиток циркулярних моделей у бізнесі та суспільстві.

Ресайклінг відіграє центральну роль у циркулярній економіці, оскільки дозволяє повернути використані матеріали в економічний обіг, зменшуючи потребу у видобутку нових ресурсів. Сучасні технології переробки сприяють ефективному сортуванню, очищенню та обробці відходів, перетворюючи їх на вторинну сировину для виробництва нових продуктів. Це не лише знижує навантаження на довкілля, але й створює економічні вигоди, зменшуючи витрати на сировину та утилізацію відходів.

Циркулярна економіка передбачає раціональне та ефективне використання природних ресурсів, зменшуючи їх споживання та запобігаючи виснаженню. Це досягається через впровадження інноваційних технологій, що дозволяють підвищити продуктивність ресурсів, а також через зміну моделей споживання, спрямованих на збільшення ощадливості. Оптимізація використання ресурсів сприяє збереженню екосистем та забезпечує стійкий економічний розвиток. Європейський Союз (далі – ЄС) активно впроваджує заходи з оптимізації використання ресурсів у рамках Плану дій циркулярної економіки [7].

Ефективний перехід до циркулярної економіки вимагає підтримки на державному рівні через розробку та впровадження регуляторних механізмів. Ці механізми повинні стимулювати бізнес до впровадження циркулярних моделей, надаючи податкові пільги, субсидії та інші стимули для підприємств, що застосовують принципи циркулярної економіки. Крім того, важливо підвищувати обізнаність суспільства про переваги циркулярної економіки та заохочувати споживачів до відповідального споживання. В Україні впровадження циркулярної економіки підтримується через національні програми та співпрацю з міжнародними організаціями [8].

Тому, впровадження технологій ресайклінгу, оптимізація використання природних ресурсів та розробка сприятливих політик є взаємопов'язаними аспектами.

Перехід до циркулярної економіки вимагає значних змін у свідомості та поведінці як споживачів, так і виробників. Традиційна лінійна модель «виробництво, споживання, утилізація» глибоко вкорінена в суспільстві, що створює стійкі стереотипи та звички. Для успішного впровадження цих практик необхідно підвищувати обізнаність населення про переваги повторного використання, переробки та зменшення споживання. Це потребує освітніх кампаній, залучення громадськості та зміни культурних норм, що є тривалим і складним процесом. Відомо, що відсутність належної інформації та розуміння концепції циркулярної економіки серед населення є суттєвим бар'єром на шляху до її впровадження.

Інтеграція циркулярних моделей вимагає значних фінансових вкладень у розвиток нових технологій, модернізацію виробничих процесів та створення інфраструктури для переробки та повторного використання матеріалів. Малі та середні підприємства часто стикаються з труднощами у фінансуванні таких змін через обмеженість ресурсів та доступу до кредитування. Крім того, інвестори можуть бути обережними щодо фінансування проєктів циркулярної економіки через невизначеність щодо їхньої рентабельності та довгострокової окупності. Відсутність державних субсидій та стимулів для впровадження

циркулярних практик також ускладнює цей процес. Фінансові бар'єри є одними з найсуттєвіших перешкод на шляху до впровадження циркулярної економіки.

Ефективне впровадження циркулярної економіки потребує чіткої та послідовної державної політики, яка б стимулювала перехід до стійких моделей виробництва та споживання. У багатьох країнах відсутні необхідні законодавчі рамки, що регулюють питання переробки відходів, повторного використання ресурсів та екодизайну. Це створює правову невизначеність для бізнесу та гальмує інновації. Крім того, відсутність координації між різними державними органами та недостатнє фінансування екологічних ініціатив ускладнюють реалізацію цих проєктів. Досвід європейських країн свідчить про те, що успішний перехід до циркулярної економіки можливий лише за умови активної державної підтримки та наявності відповідної законодавчої бази [6].

1.2 Економічна та екологічна рентабельність циркулярної економіки для міського середовища

Впровадження принципів циркулярної економіки в міське середовище сприяє значному зменшенню витрат на управління відходами. Це досягається завдяки ефективним системам ресайклінгу та повторного використання матеріалів, що дозволяє оптимізувати процеси збору, транспортування та утилізації відходів. Як наслідок, міста можуть зменшити навантаження на полігони та спрямувати заощаджені кошти на розвиток інфраструктури.

Ефективні системи ресайклінгу передбачають роздільний збір відходів, що дозволяє підвищити якість вторинної сировини та зменшити витрати на її переробку. Наприклад, у західній частині Фінляндії для восьми муніципалітетів функціонують дев'ять станцій обробки відходів, два пункти прийому та сімдесят пунктів ресайклінгу. Мешканці мають доступ до мобільного додатку, через який можуть керувати послугами та отримувати

інформацію про роботу пунктів. Такий підхід сприяє підвищенню ефективності управління відходами та зменшенню витрат на їх утилізацію [9].

Крім того, впровадження циркулярної економіки стимулює розвиток інноваційних технологій переробки, що дозволяє отримувати додаткову вартість із відходів. Наприклад, перетворення органічних відходів на біогаз або компост не лише зменшує обсяги відходів, але й забезпечує додаткові джерела енергії та добрив. Це сприяє економії коштів на закупівлю енергоносіїв та хімічних добрив, а також знижує екологічне навантаження на міське середовище [10].

Варто зазначити, що впровадження циркулярної економіки потребує активної участі громадян. Підвищення обізнаності населення про важливість сортування та переробки відходів є ключовим фактором успіху. Освітні кампанії та залучення громадськості до екологічних ініціатив сприяють формуванню екологічної свідомості та відповідального ставлення до споживання.

Інтеграція принципів циркулярної економіки в міське управління відходами дозволяє не лише зменшити витрати на їх утилізацію, але й створює можливості для сталого розвитку міської інфраструктури, покращення екологічної ситуації та підвищення якості життя мешканців.

Застосування вторинних матеріалів дозволяє зменшити залежність від первинної сировини, що, у свою чергу, знижує витрати на її закупівлю. Використання перероблених будматеріалів таких як бетон, метал чи скло, сприяє зниженню собівартості будівельних проєктів. Крім того, це зменшує навантаження на природні ресурси та сприяє сталому розвитку [11].

Виробництво продукції з вторинних матеріалів зазвичай потребує менше енергії, ніж виготовлення з первинної сировини. Наприклад, переробка алюмінію економить до 95 % енергії порівняно з його виробництвом з бокситної руди. Це не лише знижує виробничі витрати, але й сприяє зменшенню викидів парникових газів, що позитивно впливає на екологічну ситуацію [12].

Циркулярна економіка стимулює розвиток нових секторів, пов'язаних із переробкою, ремонтом та повторним використанням продукції. Це призводить до створення нових робочих місць у сферах збору, сортування, переробки відходів, а також у сфері еко-дизайну та управління ресурсами. Згідно з дослідженнями, повторне використання створює у двісті разів більше можливостей для працевлаштування, ніж захоронення та спалювання відходів [13].

Впровадження ефективних систем ресайклінгу та повторного використання матеріалів дозволяє зменшити обсяги відходів, що потребують утилізації. Це, у свою чергу, знижує витрати на їх вивезення та захоронення, а також зменшує потребу в будівництві нових полігонів для відходів [14].

Компанії, що інтегрують принципи циркулярної економіки у свою діяльність, отримують конкурентні переваги на ринку. Використання вторинних матеріалів та енергоефективних технологій дозволяє знизити виробничі витрати, що сприяє підвищенню прибутковості. Крім того, споживачі все більше віддають перевагу продукції, виготовленій з дотриманням екологічних стандартів, що підвищує репутацію та привабливість таких компаній [15].

Використання вторинних матеріалів сприяє зниженню видобутку природних ресурсів, що допомагає зберегти екосистеми та біорізноманіття. Крім того, зменшення обсягів відходів, які потрапляють на звалища, знижує ризик забруднення ґрунтів, води та повітря, що позитивно впливає на здоров'я населення та екологічну ситуацію в містах.

1.3 Світовий досвід впровадження циркулярної економіки в урбоекосистемах

ЄС відіграє провідну роль у впровадженні циркулярної економіки, спрямованої на зменшення відходів та раціональне використання ресурсів. У березні 2020 року Європейська Комісія ухвалила новий Circular Economy Action Plan (далі – CEAP) (План дій щодо циркулярної економіки), який є ключовим елементом Європейського зеленого курсу. Метою цього плану є прискорення переходу ЄС до сталої моделі економічного зростання, що передбачає підвищення стійкості продукції, послуг та бізнес-моделей, а також запобігання утворенню відходів у процесі виробництва та споживання [16].

CEAP включає низку взаємопов'язаних ініціатив, спрямованих на створення узгодженої стратегії переходу до циркулярної економіки. Серед основних завдань плану: перетворення продуктів на більш стійкі, трансформація послуг, бізнес-моделей та моделей споживання для скорочення утворення відходів. Особлива увага приділяється ключовим ланцюгам створення вартості продуктів, що розглядаються як пріоритетні для впровадження циркулярних практик [17].

Однією з важливих ініціатив ЄС у рамках CEAP є Circular Cities and Regions Initiative (далі – CCRI), запущена Європейською Комісією для підтримки міст і регіонів у впровадженні системних рішень на місцевому та регіональному рівнях. CCRI сприяє підвищенню синергії між проєктами та ініціативами, поширенню відповідних знань та наданню більшої видимості найкращим практикам у сфері циркулярної економіки [18].

CCRI надає містам і регіонам комплексну підтримку протягом усього життєвого циклу їхніх ініціатив у сфері циркулярної економіки. Це включає технічну допомогу, обмін знаннями та досвідом, а також фінансову підтримку для реалізації рішень. Завдяки цьому вони можуть ефективніше впроваджувати циркулярні моделі, адаптовані до їхніх специфічних потреб та умов [18].

У рамках CCRI було відібрано пілотні міста з високим потенціалом. Вони отримують індивідуальну підтримку від експертів для реалізації своїх системних рішень, демонструючи іншим містам і регіонам можливі шляхи переходу до циркулярної економіки [19].

Загалом, лідерство ЄС у впровадженні циркулярної економіки відображається в розробці стратегічних планів, таких як CEAP, та ініціативах на місцевому рівні, як CCRI, що сприяють сталому розвитку, зменшенню відходів та раціональному використанню ресурсів у Європі.

Європейські міста активно впроваджують смарт-технології та цифровізацію для покращення управління відходами та сприяння циркулярній економіці. Барселона та Амстердам є яскравими прикладами таких ініціатив.

Барселона є одним із лідерів у використанні смарт-технологій для управління відходами. У місті впроваджено інтелектуальну систему моніторингу процесів збору та переробки сміття, яка дозволяє в реальному часі відслідковувати наповнення контейнерів для відходів. Завдяки датчикам, встановленим у контейнерах, оператори отримують інформацію про їхній стан, що дозволяє оптимізувати маршрути сміттевозів. Такий підхід сприяє зменшенню витрат на паливо, зниженню викидів парникових газів та підвищенню ефективності системи.

Окрім збору відходів, Барселона впровадила мобільні додатки для громадян, які дозволяють мешканцям отримувати інформацію про найближчі пункти ресайклінгу, правила сортування сміття та графіки вивезення. Це сприяє підвищенню екологічної свідомості населення та залученню до ініціатив циркулярної економіки [20].

Амстердам є одним із піонерів у створенні інфраструктури для повторного використання матеріалів. Однією з інновацій є так звані «міські майданчики ресайклінгу», які дозволяють мешканцям обмінюватися ресурсами, ремонтувати та повторно використовувати матеріали. Такі майданчики забезпечують простір для ремонту меблів, побутової техніки та інших предметів, що зазвичай викидаються.

Крім того, місто розвиває цифрові платформи, які полегшують обмін ресурсами між мешканцями та організаціями. Завдяки цим платформам люди можуть знаходити використані матеріали для власних проєктів, а також передавати те, що їм більше не потрібно, іншим користувачам. Це дозволяє значно скоротити обсяги відходів та продовжити життєвий цикл ресурсів.

Інтелектуальні системи управління відходами та платформи для обміну ресурсами сприяють досягненню кількох цілей циркулярної економіки. По-перше, вони зменшують кількість відходів, які потрапляють на звалища. По-друге, ці технології сприяють заощадженню ресурсів та знижують витрати на їх утилізацію. По-третє, вони сприяють створенню нових економічних можливостей, пов'язаних із ремонтом, переробкою та повторним використанням.

Завдяки цифровізації міська влада отримує можливість краще планувати управління відходами, використовуючи дані для прогнозування потреб у розширенні інфраструктури або коригування політик. Це робить управління відходами не лише ефективним, а й екологічно відповідальним [21].

Барселона та Амстердам є яскравими прикладами того, як цифровізація може підтримувати принципи циркулярної економіки в міському середовищі. Завдяки впровадженню смарт-технологій ці міста досягають більш стійкого управління відходами та раціонального використання ресурсів. Їхній досвід може бути корисним для інших міст, які прагнуть інтегрувати циркулярну економіку в свої стратегії розвитку.

Скандинавські країни, зокрема Швеція та Данія, демонструють передовий досвід у впровадженні циркулярної економіки, спрямованої на ефективне управління відходами та раціональне використання ресурсів.

Швеція досягла вражаючих результатів у сфері переробки відходів, перетворивши понад 99 % побутових відходів на цінні ресурси. Це стало можливим завдяки комплексній системі збору та сортуванню сміття, що включає близько шестисот великих центрів та численні менші станції, які забезпечують ефективну переробку та спалювання відходів [22].

Ключовим елементом шведської стратегії є спалювання відходів для виробництва енергії. Щорічно в країні спалюють близько двох мільйонів тонн сміття, перетворюючи його на електроенергію та тепло для опалення житлових будинків. Цей підхід не лише зменшує обсяги відходів, що потрапляють на звалища, але й сприяє зниженню використання викопного палива.

Завдяки високій ефективності власної системи переробки, Швеція імпортує близько 1,4 мільйона тонн відходів з інших країн, таких як Великобританія, Ірландія та Норвегія, для забезпечення роботи своїх сміттеспалювальних заводів [23].

Данія відома своїми ініціативами у створенні екоіндустріальних парків, де відходи одного підприємства стають ресурсами для іншого, що сприяє сталому розвитку та підвищенню економічної ефективності [24].

Яскравим прикладом є екоіндустріальний парк у місті Калундборг, який став першою повністю реалізованою моделлю промислового симбіозу. У цьому парку підприємства обмінюються побічними продуктами та енергією, що дозволяє зменшити споживання ресурсів і мінімізувати вплив на навколишнє середовище.

Цей підхід сприяє підвищенню екологічної ефективності та економічної вигоди для учасників парку, а також служить моделлю для створення подібних ініціатив в інших країнах [25].

Японія є піонером у впровадженні циркулярної економіки, реалізуючи політику «Суспільства 3R» (Reduce, Reuse, Recycle), що спрямована на мінімізацію відходів та максимізацію їх переробки. Ця ініціатива була офіційно запущена на Міністерській конференції в Токіо у квітні 2005 року з метою створення суспільства з ефективним використанням матеріальних ресурсів [26].

На місцевому рівні містечко Камікацу на острові Сікоку стало прикладом успішного впровадження політики 3R. З населенням понад 1,5 тисячі осіб, Камікацу першим у Японії заявило про намір повністю

відмовитися від відходів до кінця 2020 року. Мешканці сортують 100 % побутових відходів, з яких 80 % переробляється, а 20 % компостується [27].

Для досягнення таких результатів у Камікацу було впроваджено детальну систему сортування, яка включає понад 35 категорій відходів. Перед задачею на станцію сортування мешканці миють та сушать відходи, що забезпечує високу якість переробки.

Це не лише зменшує кількість відходів, що потрапляють на звалища, але й сприяє підвищенню екологічної свідомості населення та створенню нових економічних можливостей через переробку та повторне використання матеріалів [28].

Загалом, японська модель циркулярної економіки, що заснована на принципах 3R, демонструє ефективність у мінімізації відходів та раціональному використанні ресурсів, слугуючи прикладом для інших країн у прагненні до сталого розвитку.

Сполучені Штати Америки активно впроваджують принципи циркулярної економіки, зосереджуючись на зменшенні відходів, повторному використанні ресурсів та інноваційних підходах до переробки. Особливо виділяються зусилля великих міст, таких як Сан-Франциско, та значні інвестиції в стартапи, що працюють у сфері ресайклінгу та інноваційного повторного використання ресурсів.

Сан-Франциско є піонером у впровадженні політики «Zero Waste» (нуль відходів). У 2002 році Департамент охорони довкілля міста поставив амбітну мету досягти нульових відходів, що передбачає повне усунення відходів, які потрапляють на звалища або спалюються. У 2009 році було прийнято міський указ про обов'язкову утилізацію та компостування відходів, що стало важливим кроком до реалізації цієї мети.

Завдяки цим заходам, до 2010 року Сан-Франциско досяг рекордного показника переробки відходів у 80 %, що є найвищим показником у Північній Америці. Цей успіх привернув увагу на національному рівні та спонукав інші міста до впровадження подібних ініціатив [29].

Політика «нуль відходів» у Сан-Франциско включає комплекс реформ, що охоплюють виробництво та упаковку, споживання, управління утилізацією відходів та державні закупівлі. Департамент охорони довкілля міста забезпечує політику та нагляд, встановлює фінансові стимули для виробників та проводить інформаційно-роз'яснювальну роботу. Приватна компанія Recology управляє інфраструктурою збору та переробки відходів [30].

США є лідером у розвитку стартап-екосистеми, що підтверджується Global Startup Ecosystem Index 2023. Багато компаній на початковій стадії розвитку обирають США для запуску своїх проєктів завдяки сприятливому середовищу для інновацій та наявності численних акселераторів та інкубаторів [31].

У 2021 році американські стартапи залучили рекордні 329,8 мільярда доларів інвестицій, майже подвоївши результат 2020 року. Цей значний приріст свідчить про зростаючий інтерес інвесторів до інноваційних рішень, зокрема у сфері ресайклінгу та повторного використання ресурсів [32].

Однак у першому кварталі 2023 року спостерігалось зниження інвестицій у стартапи до 37 мільярдів доларів, що є найнижчим показником за останні три роки [33]. Інвестори зменшили як розмір, так і кількість інвестиційних угод. Незважаючи на це, венчурні фонди продовжують інвестувати, зосереджуючись на стартапах, які пропонують інноваційні рішення у сфері ресайклінгу та повторного використання ресурсів.

Таким чином, досвід США у впровадженні циркулярної економіки демонструє ефективність комплексних підходів, що поєднують муніципальні ініціативи, такі як програми «нуль відходів» у Сан-Франциско, та активні інвестиції в інноваційні стартапи, спрямовані на ресайклінг та повторне використання ресурсів. Цей синергетичний підхід сприяє сталому розвитку та раціональному використанню ресурсів.

У країнах, що розвиваються, екологічні ініціативи відіграють ключову роль у збереженні довкілля та покращенні соціально-економічних умов. Бразилія та Індія демонструють успішні приклади таких ініціатив,

спрямованих на управління відходами та раціональне використання водних ресурсів.

У Бразилії створення кооперативів для сортування та переробки відходів стало ефективним засобом залучення місцевих громад до екологічних практик та створення нових робочих місць. Ці кооперативи об'єднують людей, які займаються збором, сортуванням та переробкою вторинної сировини, сприяючи зменшенню обсягів сміття, що потрапляє на звалища, та підвищенню рівня переробки.

Наприклад, у місті Апукарана Бюро екологічного душпастирства при парафії Пресвятої Богородиці Фатімської проводить кампанії зі збору та правильної утилізації старих електронних пристроїв і використаної олії. Ініціатива не лише сприяє збереженню довкілля, але й забезпечує додатковий дохід для учасників кооперативу.

Крім того, у місті Куритиба діє програма, за якою мешканці обмінюють шість пакетів відходів на один пакет з їжею. Ця ініціатива залучає бідні верстви населення до збору та сортування сміття, що дозволяє щомісяця збирати приблизно 400 тонн відходів для переробки [34].

В умовах зростаючого дефіциту водних ресурсів Індія впроваджує проекти з повторного використання води у великих містах, таких як Мумбаї та Делі. Ці ініціативи спрямовані на очищення та повторне використання стічних вод для різних потреб, включаючи сільське господарство, промисловість та навіть поповнення водоносних горизонтів.

У Мумбаї реалізуються проекти зі збору та очищення дощової води, що дозволяє зменшити навантаження на міську водопостачальну систему та забезпечити додаткові джерела води для мешканців. Подібні ініціативи сприяють збереженню водних ресурсів та підвищенню стійкості міста до змін клімату.

У Делі впроваджуються системи повторного використання сірої води (стічні води від миття, прання тощо) для зрошення зелених зон та технічних

потреб. Це дозволяє зменшити споживання прісної води та покращити екологічний стан міста [35].

Екологічні ініціативи в країнах, що розвиваються, таких як Бразилія та Індія, демонструють ефективність підходів, спрямованих на залучення місцевих громад до екологічних практик та раціональне використання природних ресурсів. Створення кооперативів для переробки відходів у Бразилії та впровадження проєктів з повторного використання води в Індії є прикладами успішних стратегій, які можуть бути адаптовані та впроваджені в інших регіонах світу для досягнення сталого розвитку та покращення якості життя населення.

2 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РЕСАЙКЛІНГУ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ШЛЯХОМ ВЕРМИКОМПОСТУВАННЯ

2.1 Характеристика вермикомпостування

Вермикомпостування – це біотехнологічний процес, в якому дощові черв'яки перетворюють органічні відходи на високоякісне добриво, відоме як вермикомпост. Цей метод є ефективним засобом управління органічними відходами, що сприяє зменшенню їх обсягів та покращенню родючості ґрунтів.

Основними агентами вермикомпостування є епігеїчні види дощових черв'яків, зокрема червоний каліфорнійський черв'як (*Eisenia fetida*) та малий червоний черв'як (*Lumbricus rubellus*). Ці черв'яки мешкають у верхніх шарах ґрунту та живляться органічною речовиною, яка розкладається, що робить їх ідеальними для процесу вермикомпостування [36].

Червоний каліфорнійський черв'як, відомий як *Eisenia fetida* (рисунок 2.1), широко використовується у вермикомпостуванні завдяки своїй здатності швидко розмножуватися та ефективно переробляти органічні відходи. Цей вид характеризується високою толерантністю до різних умов середовища, що робить його універсальним для різних систем компостування [37].



Рисунок 2.1 – Червоний каліфорнійський черв'як (*Eisenia fetida*) [38]

Lumbricus rubellus, або червоний дощовий черв'як (рисунок 2.2), також застосовується у вермикомпостуванні, хоча його ефективність може бути нижчою порівняно з *Eisenia fetida*. Дослідження показують, що використання обох видів черв'яків у поєднанні може підвищити якість та швидкість отримання вермикомпосту [39].



Рисунок 2.2 – Червоний дощовий черв'як (*Lumbricus rubellus*) [40]

Процес вермикомпостування включає споживання черв'яками органічних відходів, таких як харчові залишки, гній та рослинні рештки. Під час проходження цих матеріалів через травну систему черв'яків відбувається їх механічне подрібнення та хімічна обробка ферментами. Цей процес сприяє розкладанню складних органічних сполук на простіші компоненти, які легше засвоюються рослинами [36].

У травній системі черв'яків виділяються ферменти, що каталізують розщеплення білків, вуглеводів та жирів. Крім того, у кишечнику черв'яків присутні симбіотичні мікроорганізми, які додатково сприяють розкладанню органічних речовин. Після проходження через травний тракт черв'яків утворюються копроліти – гранули, збагачені ферментами, вітамінами та корисними мікроорганізмами [41].

Копроліти, або екскременти черв'яків, є основним компонентом вермикомпосту. Вони містять стабілізовану органічну речовину, збагачену макро- та мікроелементами, такими як азот, фосфор, калій, кальцій та магній. Крім того, вермикомпост містить корисні мікроорганізми, які покращують структуру ґрунту та сприяють здоровому росту рослин [42].

Використання вермикомпостування має значні екологічні та економічні переваги. Цей метод дозволяє ефективно утилізувати органічні відходи, зменшуючи їх обсяги на звалищах та скорочуючи викиди парникових газів. Внесення вермикомпосту в ґрунт покращує його структуру, підвищує водоутримуючу здатність та сприяє розвитку здорової мікрофлори. Це, в свою чергу, підвищує родючість ґрунту та сприяє кращому росту і врожайності рослин [43].

Завдяки вермикомпостуванню значно зменшуються обсяги органічних відходів, що потребують утилізації традиційними методами, такими як спалювання або захоронення на полігонах. Таким чином, вермикомпостування є екологічно безпечним методом управління відходами, що підтримує сталий розвиток.

Вибір відповідного субстрату є ключовою умовою для успішної реалізації процесу вермикомпостування. Основні види субстратів, що підходять для цих цілей:

- харчові відходи;
- гній сільськогосподарських тварин;
- листя, трава, тирса та інші біовідходи.

До харчових відходів, придатних для вермикомпостування, належать залишки овочів і фруктів, кавова гуща, чайне листя, яєчна шкаралупа та інші подібні матеріали. Ці відходи є багатим джерелом поживних речовин для черв'яків. Перед додаванням до компосту великі шматки слід подрібнити, щоб прискорити процес розкладання.

Гній великої рогатої худоби, коней, овець, кіз та кроликів є цінним субстратом для вермикомпостування. Він містить високий рівень азоту та

інших поживних речовин, необхідних для росту і розмноження черв'яків. Перед використанням гній рекомендується попередньо компостувати або витримати, щоб знизити вміст аміаку та патогенів, які можуть бути шкідливими для черв'яків.

Опале листя, скошена трава, тирса, солома та інші рослинні залишки є добрими компонентами для субстрату. Вони забезпечують необхідну структуру компосту та сприяють аерації, що покращує життєдіяльність черв'яків. Однак важливо контролювати співвідношення вуглецю до азоту в субстраті, оскільки надлишок вуглецевих матеріалів (наприклад, тирси) може уповільнити процес розкладання [44].

Важливо забезпечити різноманітність корму, що сприяє збалансованому харчуванню черв'яків та підвищує якість отриманого гумусу. Не рекомендується додавати до вермикомпосту жири, олії, м'ясні та молочні продукти, цитрусові, оскільки вони можуть приваблювати шкідників і спричиняти неприємний запах, а також негативно впливати на життєдіяльність черв'яків і процеси компостування. Крім того, синтетичні матеріали, такі як пластик, метал, скло та хімічно оброблені дерев'яні вироби, не підлягають розкладанню і можуть забруднювати компост. Також слід уникати додавання хворих рослин або бур'янів із насінням, щоб запобігти поширенню хвороб і небажаних рослин [45]. Уникати слід внесення в субстрат м'ясних продуктів, жирів, молочних виробів та цитрусових, оскільки вони можуть.

Перед використанням субстратів для вермикомпостування рекомендується провести їх попередню обробку, наприклад, біотермічну обробку або ферментацію. Це сприяє зниженню вмісту патогенів і покращує доступність поживних речовин для черв'яків [44].

Таким чином, правильний вибір і підготовка субстратів є ключовими факторами успішного вермикомпостування. Дотримання рекомендацій щодо складу та обробки матеріалів забезпечить ефективний процес переробки органічних відходів у високоякісне добриво.

Ефективність процесу вермикомпостування залежить від кількох ключових факторів: температури, вологості, аерації та рівня рН субстрату.

Оптимальна температура для активної життєдіяльності дощових черв'яків становить від 15 °С до 25 °С. У цьому діапазоні черв'яки найбільш ефективно переробляють органічні відходи. Температура нижче 10 °С уповільнює їхню активність, а при показниках вище 30 °С можливий стрес або навіть їх загибель. Тому важливо контролювати температуру субстрату, особливо в умовах змінного клімату.

Підтримка вологості субстрату на рівні від 60 % до 80 % забезпечує комфортні умови для пересування та дихання черв'яків, оскільки вони дихають через шкіру. Недостатня вологість може призвести до зневоднення та загибелі черв'яків, тоді як надмірна вологість сприяє розвитку анаеробних умов, що негативно впливає на їхній стан [46].

Забезпечення достатньої аерації субстрату є ключовим фактором для підтримання аеробних умов, необхідних для життєдіяльності черв'яків та мікроорганізмів, що беруть участь у розкладанні органічних речовин. Регулярне перемішування субстрату або використання систем примусової вентиляції сприяє насиченню киснем, що запобігає утворенню шкідливих газів, таких як аміак чи сірководень. Недостатня аерація може призвести до розвитку анаеробних процесів, які уповільнюють розкладання органіки та створюють несприятливі умови для черв'яків.

Оптимальний рівень рН для вермикультури становить від 6,5 од. до 7,5 од. У цьому діапазоні черв'яки та корисні мікроорганізми почуваються найкраще, що сприяє ефективному розкладанню органічних матеріалів. Кислотність нижче 6,5 од. може пригнічувати їх активність, тоді як рН вище 7,5 од. може сприяти розвитку небажаних мікроорганізмів. Регулярний моніторинг та, за потреби, корекція рН субстрату допомагають підтримувати сприятливі умови для вермикультури [47].

Дощові черв'яки є світлочутливими організмами, тому для їхнього комфортного існування необхідно забезпечити темне середовище. Постійний

вплив світла може спричинити стрес у черв'яків та змусити їх заглиблюватися в субстрат, що знижує ефективність переробки органічних матеріалів. Розміщення вермикомпостерів у затінених місцях або використання непрозорих матеріалів дозволяє підтримувати оптимальні умови освітлення [46].

Оптимальна щільність заселення черв'яків становить від 2,5 тисяч до 3 тисяч особин на 1 м² субстрату. Дотримання цього показника забезпечує ефективну переробку органічних відходів та запобігає перенаселенню, що може призвести до конкуренції за ресурси. Регулярний контроль чисельності популяції та, за потреби, переселення частини черв'яків до нових субстратів сприяє підтриманню здорового середовища.

Процес вермикомпостування складається з кількох ключових етапів, кожен з яких має свої особливості та вимагає дотримання певних умов для досягнення результатів:

- збір та підготовка органічних відходів;
- заселення черв'яків у субстрат;
- періодична аерація та зволоження субстрату;
- збір готового вермикомпосту та відокремлення черв'яків для подальшого використання.

На початковому етапі необхідно зібрати органічні відходи, що придатні для вермикомпостування. Ці відходи рекомендується подрібнити до розміру від 2 см до 5 см, що сприятиме швидшому розкладанню та полегшить споживання їх черв'яками. Після подрібнення матеріал слід витримати в купках для початку ферментації, яка супроводжується підвищенням температури, що допомагає знищити патогенні мікроорганізми та насіння бур'янів. Тривалість ферментації залежить від типу відходів і може становити від кількох днів до кількох тижнів [47].

Після завершення ферментації та охолодження субстрату до температури від 15 °С до 25 °С, можна заселяти дощових черв'яків. Найчастіше використовують черв'яків виду *Eisenia fetida* (червоні каліфорнійські

черв'яки). Оптимальна щільність заселення становить від 30 тисяч до 100 тисяч черв'яків на 1 тону органічних відходів [47].

Протягом процесу вермикомпостування важливо підтримувати оптимальні умови для активності черв'яків. Це можна досягти шляхом періодичного перемішування субстрату або забезпеченням природної вентиляції. Крім того, слід контролювати вологість субстрату. У разі пересихання матеріалу необхідно додавати воду, а при надмірній вологості – вживати заходів для її зниження, наприклад, додавання сухих матеріалів або покращення дренажу [47].

Орієнтовно через три місяці, залежно від умов та типу відходів, вермикомпост дозріває і стає готовим до використання. Готовий вермикомпост має темний колір, однорідну структуру та земляний запах. Для збору вермикомпосту необхідно відокремити його від черв'яків. Для цього існує кілька методів розділення, зокрема:

- метод світла, коли вермикомпост розкладається на плоскій поверхні під яскравим світлом, черв'яки інстинктивно заглиблюються, уникаючи світла, що дозволяє знімати верхні шари компосту без черв'яків;
- метод сита, коли вермикомпост просіюється через сито з відповідним розміром отворів, що дозволяє відокремити черв'яків та великі частки від готового продукту.

Після відокремлення черв'яків їх можна використовувати повторно для переробки нових партій органічних відходів або для розширення вермикомпостних систем. Готовий вермикомпост застосовують як високоякісне органічне добриво для покращення родючості ґрунтів та підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

У сільському господарстві вермикомпост використовується як ефективне органічне добриво, що покращує структуру ґрунту, підвищує його родючість та сприяє зростанню врожайності культур. Внесення вермикомпосту збагачує ґрунт необхідними поживними речовинами, такими як азот, фосфор і калій, а також мікроелементами, що сприяє здоровому розвитку рослин. Крім того,

вермикомпост стимулює мікробіологічну активність ґрунту, що покращує його аерацію та водоутримуючу здатність. Дослідження показують, що застосування вермикомпосту може підвищити врожайність сільськогосподарських культур від 30 % до 50 % [47].

У сфері ландшафтного дизайну вермикомпост використовується для покращення родючості ґрунтів у парках, садах та інших зелених зонах. Додавання вермикомпосту до ґрунту сприяє кращому росту декоративних рослин, підвищує їхню стійкість до хвороб та несприятливих умов довкілля. Крім того, вермикомпост покращує структуру ґрунту, роблячи його більш пухким та водопроникним, що є особливо важливо в умовах міського середовища, де ґрунти часто збіднені та ущільнені. Використання вермикомпосту в ландшафтному дизайні також сприяє екологічній стійкості, оскільки зменшує потребу в хімічних добривах та пестицидах [44].

В органічному садівництві вермикомпост є незамінним компонентом, оскільки дозволяє замінити синтетичні добрива екологічно безпечним продуктом. Використання вермикомпосту забезпечує рослини необхідними поживними речовинами в природній формі, що сприяє їхньому здоровому росту та розвитку. Крім того, вермикомпост містить корисні мікроорганізми, які покращують ґрунтову мікрофлору та підвищують імунітет рослин до хвороб. Застосування вермикомпосту в органічному садівництві сприяє отриманню високоякісної та безпечної продукції без використання хімічних засобів [42].

Таким чином, вермикомпост є універсальним органічним добривом, яке знаходить широке застосування в сільському господарстві, ландшафтному дизайні та органічному садівництві, сприяючи підвищенню родючості ґрунтів, покращенню росту рослин та збереженню екологічної рівноваги.

2.2 Інтеграція вермикомпостування в міські екосистеми

У міських умовах органічні відходи становлять значну частину ТПВ. В Україні обсяг утворення органічних відходів становить близько 40 % від загального обсягу побутових відходів. Традиційно ці відходи вивозяться на полігони, де піддаються анаеробному розкладанню, що призводить до утворення метану. Вермикомпостування пропонує стійке рішення для переробки органічних відходів у міських умовах. Залучення дощових черв'яків до процесу розкладання органіки дозволяє отримати високоякісне органічне добриво. Цей метод є екологічно безпечним та сприяє замкненню циклу органічних речовин у природі [48].

У 2020 році у Львові було відкрито станцію компостування органічних відходів, що дозволило скоротити обсяги відходів, що вивозяться на полігони, на тисячі тонн на рік. Станція приймає харчові відходи, зелені відходи з парків міста та ялинки після новорічних свят. У 2021 році станція компостування прийняла 7 464 тонни органічних відходів, що свідчить про ефективність такого підходу в міських умовах [49].

Інтеграція вермикомпостування в міські екосистеми передбачає впровадження локальних рішень для переробки органічних відходів, що сприяє децентралізації управління відходами та ефективнішому використанню ресурсів. Одним із таких підходів є створення вермикомпостних станцій у житлових районах, що дозволяє переробляти органічні відходи безпосередньо на місці їх утворення. Це зменшує потребу в транспортуванні відходів до віддалених полігонів та знижує навантаження на центральні системи утилізації. Крім того, локальні вермикомпостні станції забезпечують мешканців якісним органічним добривом для озеленення прибудинкових територій та міських садів.

Важливим елементом інтеграції є встановлення спеціалізованих контейнерів для збору органічних відходів. Такі контейнери розміщуються на сміттєвих майданчиках, у парках та біля громадських закладів, що дозволяє

мешканцям зручно утилізувати харчові залишки та іншу органіку. Наприклад, у Львові впроваджено систему роздільного збору органічних відходів, де на 99 % сміттєвих майданчиків встановлено спеціальні контейнери для органіки. Це сприяє підвищенню екологічної свідомості населення та ефективнішому переробленню відходів [50].

Інтеграція вермикомпостування в міські екосистеми також передбачає проведення інформаційних кампаній та навчальних програм для населення щодо правильного сортування органічних відходів та використання вермикомпосту. Залучення громадськості до процесу переробки відходів сприяє формуванню екологічно відповідальної поведінки та підвищенню якості життя в містах.

Застосування вермикомпосту в озелененні міст, зокрема в парках, скверах та на прибудинкових територіях, сприяє створенню здорового та естетично привабливого міського середовища.

Підвищення екологічної обізнаності мешканців є ключовим елементом успішного впровадження програм зі сталого управління відходами в міських екосистемах. Освітні ініціативи, спрямовані на навчання жителів правильному сортуванню та компостуванню відходів, сприяють формуванню екологічно свідомої поведінки та активному залученню громади до процесів збереження довкілля.

Реалізація освітніх програм, які інформують мешканців про важливість та методи сортування і компостування відходів, є фундаментом для створення ефективної системи управління відходами. Такі програми можуть включати:

- інформаційні кампанії, такі як поширення матеріалів через медіа, соціальні мережі та громадські заходи, що роз'яснюють переваги сортування та компостування;
- навчальні семінари та тренінги, такі як проведення практичних занять для різних вікових груп, де учасники дізнаються про техніки компостування та правильне сортування;

– освітні програми в школах, тобто інтеграція тематики управління відходами в навчальні плани для підвищення екологічної свідомості серед молоді.

Наприклад, Програма розвитку ООН в Україні запустила безкоштовний навчальний курс «Сафарі для громад: компостування в містах», спрямований на активних мешканців багатоквартирних будинків, які прагнуть вирішити проблему з сортуванням відходів та отримати нові знання для протидії нераціональному використанню ресурсів [51].

Громадські ініціативи відіграють важливу роль у впровадженні практик вермикомпостування на місцевому рівні. Активна участь громадян у створенні та підтримці вермикомпостних пунктів сприяє децентралізації управління відходами та підвищенню екологічної відповідальності. Діяльність таких ініціатив може включати:

- організацію спільних компостних станцій, де мешканці можуть приносити свої органічні відходи для спільного компостування;
- проведення майстер-класів та воркшопів, таких як навчання громадян методам вермикомпостування та догляду за компостними системами;
- співпраця з місцевою владою, наприклад, розробка та впровадження місцевих програм підтримки вермикомпостування, включаючи фінансування та матеріально-технічне забезпечення.

Громадська спілка «Громадські ініціативи України» активно сприяє розвитку таких проектів, об'єднуючи організації з різних регіонів для реалізації екологічних ініціатив на місцевому рівні [52].

Інтеграція вермикомпосту в міське сільське господарство відкриває нові можливості для сталого розвитку урбанізованих територій. Використання вермикомпосту як добрива сприяє підвищенню родючості ґрунтів у міських городах, вертикальних фермах та на зелених дахах, що, своєю чергою, підтримує розвиток практик «зелених міст».

Вертикальні ферми є інноваційним рішенням для вирощування рослин у міських умовах, особливо за браку горизонтального простору. Вони

дозволяють вирощувати культури шарами, що значно підвищує врожайність на одиницю площі. Використання вермикомпосту в таких системах забезпечує рослини органічними поживними речовинами, покращує їхній ріст та якість продукції. Наприклад, компанія Jungle Vertical Farm використовує передові технології вертикального землеробства для виробництва свіжих кулінарних трав і мікрозелені без пестицидів, застосовуючи стійкі практики [53].

Зелені дахи сприяють покращенню міського мікроклімату, зменшенню ефекту теплового острова та підвищенню енергоефективності будівель. Використання вермикомпосту як субстрату на зелених дахах покращує ріст рослин, підвищує їхню стійкість до стресових умов та зменшує потребу в додатковому добриві. Це сприяє створенню стійких зелених просторів у міському середовищі. Згідно з дослідженнями, зелені дахи можуть забезпечити цілу низку переваг для міських екосистем, включаючи покращення якості повітря та створення нових зелених насаджень у містах [54-55].

Інтеграція технологічних рішень у процес міського вермикомпостування сприяє підвищенню ефективності переробки органічних відходів та покращенню екологічної ситуації в урбанізованих зонах, зокрема важливим є вчасне спрямування відходів на переробку, що убезпечить від надмірного розвитку процесів гниття і бродіння в них, і тим самим забезпечить санітарне благополуччя території збирання відходів. Сучасні підходи включають використання смарт-контейнерів для збору та моніторингу органічних відходів, а також автоматизовані системи, що підтримують оптимальні умови для вермикомпостування, зокрема контроль температури, вологості та аерації.

Смарт-контейнери оснащені сенсорами, які відстежують рівень заповнення, температуру, вологість та інші параметри, що дозволяє оптимізувати процес збору та переробки органічних відходів. Такі контейнери можуть передавати дані в реальному часі до централізованої системи управління, що сприяє ефективнішому плануванню маршрутів збору сміття та зменшенню витрат на логістику. Крім того, смарт-контейнери можуть бути інтегровані з мобільними додатками, що дозволяє мешканцям отримувати

інформацію про найближчі пункти збору органіки та їхній стан. Впровадження таких технологій сприяє підвищенню екологічної свідомості населення та стимулює активну участь у програмах роздільного збору відходів.

Практична реалізація такого підходу в Україні наявна у місті Львів, де на базі комунального підприємства «Зелене місто» розпочато проєкт роздільного збору органіки та її переробки методом компостування. Планується переробляти до 30 тисяч тонн органічних відходів щорічно, що сприятиме покращенню екологічної ситуації в місті [56-57].

Урбанізовані території часто характеризуються високою щільністю забудови та обмеженими вільними площами, що ускладнює розміщення традиційних компостних станцій. Проте, існують альтернативні підходи, які дозволяють ефективно впроваджувати вермикомпостування навіть за умов дефіциту простору:

- контейнерне компостування;
- використання підземних та надземних просторів;
- домашнє вермикомпостування.

Ефективне впровадження вермикомпостування в міських умовах вимагає чіткої організаційної структури та відповідної законодавчої бази. Створення комплексних програм управління відходами, які включають вермикомпостування як один із ключових елементів, сприятиме систематичному підходу до переробки органіки. В Україні діє Національна стратегія управління відходами до 2030 року, яка визначає основні напрями розвитку цієї сфери [57-58].

Прийняття законів та підзаконних актів, що стимулюють роздільний збір органічних відходів та їх переробку методом вермикомпостування, є необхідним кроком для створення сприятливих умов для розвитку цієї практики. Це включає встановлення стандартів якості компосту, вимог до компостних станцій та механізмів контролю.

Запровадження грантів, субсидій та податкових пільг для підприємств та громадських організацій, які займаються вермикомпостуванням, сприятиме розвитку інфраструктури та залученню інвестицій у цю сферу.

Тому подолання просторових та організаційно-законодавчих викликів створює значні можливості для впровадження вермикомпостування в міське середовище. Це сприяє сталому розвитку, ефективному управлінню органічними відходами та покращенню умов життя мешканців міст.

2.3 Методологія дослідження впровадження вермикомпостування у місті Хмельницькому

Метою дослідження є всебічний аналіз доцільності впровадження вермикомпостування в міському середовищі Хмельницького, зокрема оцінка екологічного, економічного та соціального потенціалу цієї технології.

Урбанізація та зростання населення міста Хмельницького призводять до збільшення обсягів органічних відходів, що створює екологічні та санітарні проблеми. Традиційні методи утилізації, такі як захоронення на полігонах, спричиняють викиди парникових газів і забруднення ґрунтів та водних ресурсів. У цьому контексті вермикомпостування постає як екологічно безпечна альтернатива, що дозволяє ефективно переробляти органічні відходи та отримувати цінне органічне добриво.

Впровадження вермикомпостування сприяє зменшенню обсягів органічних відходів, що потрапляють на сміттєзвалища, тим самим знижуючи викиди метану. Крім того, отриманий вермикомпост покращує структуру та родючість ґрунтів, підвищуючи їхню здатність утримувати вологу та зменшуючи ерозію. Це особливо важливо для міських зелених зон, де якість ґрунту часто є низькою.

Вермикомпостування сприяє підвищенню екологічної свідомості мешканців, залучаючи їх до активної участі в управлінні відходами. Освітні програми та громадські ініціативи, пов'язані з вермикомпостуванням, можуть

зміцнити соціальну згуртованість та сприяти формуванню екологічно відповідальної культури в місті.

Дослідження доцільності впровадження вермикомпостування в Хмельницькому дозволить оцінити його потенціал як ефективного інструменту для вирішення екологічних проблем міста, сприятиме економічному розвитку та підвищенню якості життя мешканців. Результати цього дослідження можуть стати основою для розробки стратегій сталого розвитку міста та впровадження природоорієнтованих рішень.

Для оцінки доцільності впровадження вермикомпостування в міському середовищі Хмельницького було застосовано комплексний підхід до збору та аналізу даних, що включає використання вторинних джерел інформації та проведення літературного огляду.

Першочергово здійснено збір та аналіз офіційної статистичної інформації щодо утворення органічних відходів у місті Хмельницькому. Дані про обсяги твердих побутових відходів, включно з органічною фракцією, отримано з офіційних звітів Головного управління статистики у Хмельницькій області. Зокрема, у 2019 році підприємства міста надали послуги з перевезення твердих побутових відходів в обсязі 848,6 тисяч метрів кубічних, що свідчить про значний потенціал для впровадження технологій переробки органічних відходів.

Крім того, було вивчено місцеві плани управління відходами та екологічні стратегії, зокрема програму «Розумне довкілля. Хмельницький 2021-2023», що передбачає заходи для покращення системи управління відходами та впровадження екологічно безпечних технологій [59].

З метою вивчення успішних практик впровадження вермикомпостування в інших містах України та світу було проведено детальний аналіз наукових статей, звітів та рекомендацій з органічного землеробства. Наприклад, дослідження Білоцерківського національного аграрного університету демонструють ефективність механізованого вермикомпостування для

утилізації рослинних відходів у садово-парковому господарстві, що може бути адаптовано для міських умов Хмельницького [44].

Зокрема, у статті «Вермикомпостування як перспективний напрям переробки органічних відходів» наголошується на важливості використання цієї технології для зменшення обсягів відходів, що потрапляють на звалища, та покращення екологічної ситуації в містах [48].

Територіальний аналіз є першим етапом у плануванні впровадження вермикомпостування в міському середовищі Хмельницького. Він передбачає визначення районів з найбільшим утворенням органічних відходів та оцінку можливостей для розміщення вермикомпостних станцій на основі доступності територій.

При виборі місць для розміщення вермикомпостних станцій необхідно врахувати такі фактори:

- доступність територій – вільні земельні ділянки або приміщення, що придатні для організації компостних станцій, повинні бути розташовані поблизу основних джерел органічних відходів для мінімізації витрат на транспортування;
- інфраструктура – наявність під'їзних шляхів, доступ до електроенергії та водопостачання;
- віддаленість від житлових зон – для запобігання поширення можливих неприємних запахів та іншим незручностям станції слід розмішувати дотримуючись санітарних норм;
- відповідність екологічним нормам – місця розміщення станцій повинні відповідати екологічним вимогам, тобто не зачіплювати природоохоронні зони.

З огляду на ці фактори, доцільно розглянути можливість розміщення вермикомпостних станцій на таких територіях:

- продовольчі ринки;
- торгові центри та заклади харчування;

– промислові зони, де є достатньо простору та відповідна інфраструктура.

Отримані з літературних джерел дані дозволили сформувати базу щодо технологічних аспектів вермикомпостування, необхідного обладнання, оптимальних умов для життєдіяльності компостних черв'яків та можливих моделей організації вермикомпостних станцій у міському середовищі.

3 РОЗРОБКА КЕЙСУ З РЕСАЙКЛІНГУ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ШЛЯХОМ ВЕРМИКОПОСТУВАННЯ НА ПРИКЛАДІ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ УРБООКСИСТЕМИ

3.1 Аналіз поточного стану управління органічними відходами в місті Хмельницькому

У місті Хмельницькому органічні відходи становлять значну частку твердих побутових відходів (далі – ТПВ), зокрема харчові та зелені відходи. Згідно з дослідженнями, полігон міста на 45 % складається з органічних відходів (рисунок 3.1) [60]. Основним методом обробки цих відходів є транспортування на полігони для видалення, що створює низку екологічних та економічних проблем.

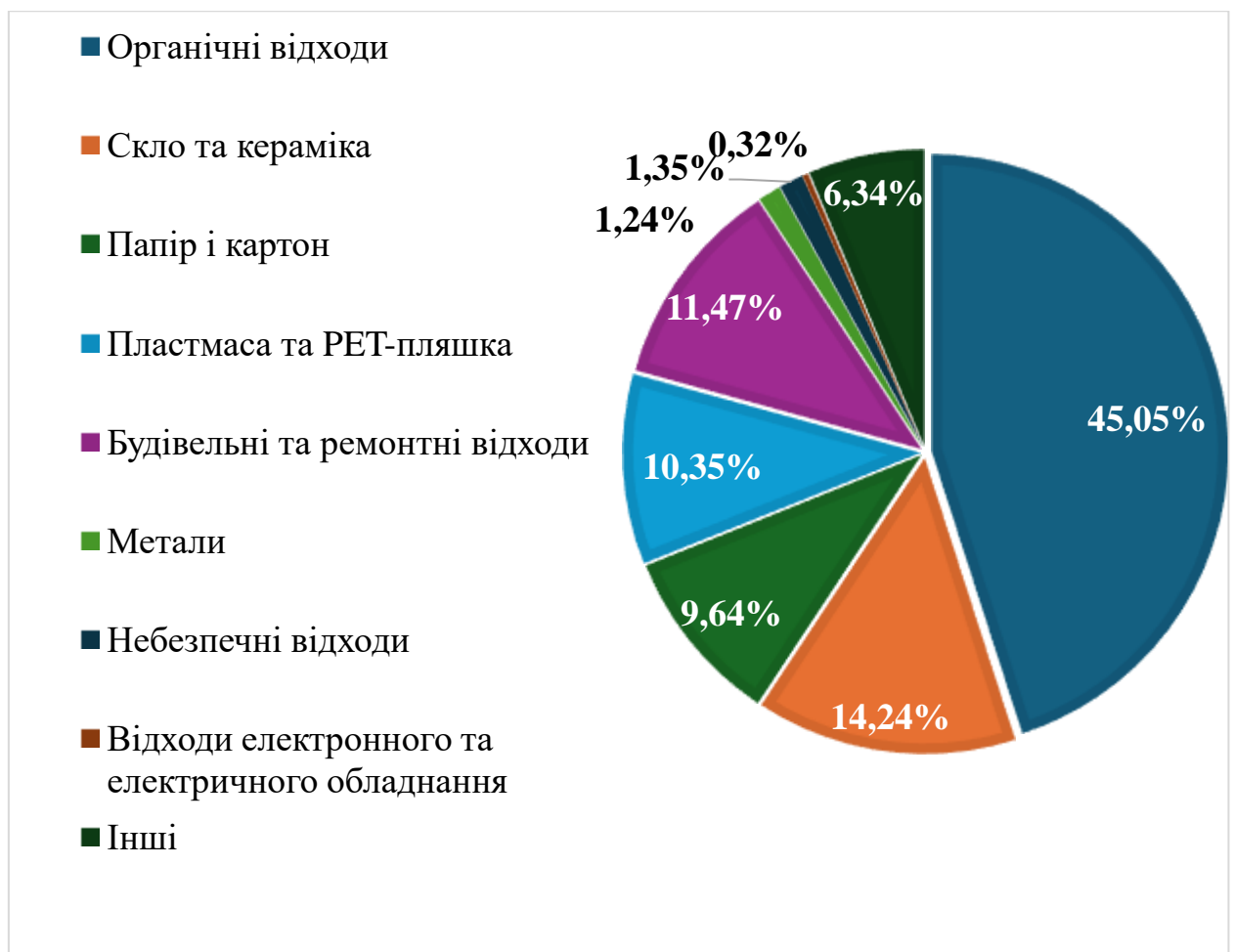


Рисунок 3.1 – Морфологічний склад ТПВ у місті Хмельницькому [59]

Захоронення органічних відходів на полігонах призводить до утворення метану – парникового газу, який має значний вплив на зміну клімату. Метан утворюється внаслідок анаеробного розкладу органічних матеріалів на полігонах. Викиди метану з полігонів становлять значну частку загальних викидів парникових газів у секторі відходів. Згідно з даними Міжнародного енергетичного агентства, концентрація метану в атмосфері на 150 % вища за доіндустріальний рівень [61].

Крім того, органічні відходи на полігонах сприяють утворенню фільтрату – рідини, що містить шкідливі речовини і може забруднювати ґрунтові води та навколишнє середовище. Це становить загрозу для екосистем та здоров'я населення. У Хмельницькому проблема фільтрату є актуальною, і місцева влада працює над її вирішенням, зокрема через встановлення систем очищення фільтрату на полігоні ТПВ [62].

Захоронення органічних відходів на полігонах потребує значних площ земельних ресурсів. В Україні понад 90 % побутових відходів вивозиться на сміттєзвалища, які займають понад 9 тис. гектарів. У Хмельницькому полігон ТПВ також зазнає перевантаження, що вимагає постійного розширення площ для захоронення [59].

Також, управління полігонами потребує значних фінансових ресурсів на будівництво, експлуатацію та моніторинг. Захоронення органічних відходів не дозволяє використовувати їх потенціал для виробництва компосту або біогазу, що могло б приносити додаткові економічні вигоди.

У країнах ЄС пріоритет надається запобіганню утворення відходів, їх переробці та повторному використанню. Наприклад, Польща захоронює на полігонах орієнтовно 40 % побутових відходів, а Швеція – не більше 1 %. Це досягається завдяки ефективним системам сортування, обробки та використання відходів для виробництва енергії [59].

У місті Хмельницькому щорічно генерується значний обсяг ТПВ, що становить понад 800 тис. м³. Згідно з даними Програми «Розумне довкілля. Хмельницький» на 2021-2023 роки, весь обсяг утворених побутових відходів

захоронюється на полігоні ТПВ, розташованому за адресою м. Хмельницький, проспект Миру, 7, який функціонує з 1956 року.

Полігон ТПВ у Хмельницькому експлуатується понад 60 років і значно перевищив свій термін служби. Його площа становить 9 га, а висота накопичених відходів сягає 36 м, що еквівалентно приблизно 5 млн тонн сміття [59-63].

Вміст органіки у відходах, що продукуються населенням міста Хмельницького, узгоджується з загальноукраїнськими показниками, де харчові відходи складають від 20 % до 40 % загального обсягу ТПВ [64].

У Хмельницькому функціонує базова система збору ТПВ, яка не передбачає роздільного збору органічних відходів. Комунальне підприємство «Спецкомунтранс» щоденно вивозить на полігон близько 3 500 контейнерів зі сміттям, зібраним у місті та селах громади. Найбільші обсяги відходів надходять з густонаселених мікрорайонів, таких як Озерна та Виставка [65].

Відсутність системи роздільного збору органічних відходів ускладнює їх подальшу переробку та збільшує обсяги захоронення на сміттєзвалищах. Змішування органічних відходів з іншими типами сміття призводить до забруднення потенційно придатних для переробки матеріалів, що знижує ефективність будь-яких спроб переробки.

У липні 2024 року було підписано угоду про рекультивацію існуючого сміттєзвалища та будівництво двох нових карт для видалення ТПВ. Цей проєкт реалізується в рамках програми «Модернізація інфраструктури твердих побутових відходів у Хмельницькому», що фінансується Європейським банком реконструкції та розвитку [66].

Таким чином, існуюча ситуація з органічними відходами у місті Хмельницькому відповідає моделі лінійної економіки. У зв'язку з цим, для перетворення цієї системи на елемент циркулярної економіки необхідно впроваджувати системи роздільного збору органіки, розвивати інфраструктуру для її переробки та підвищувати екологічну свідомість населення.

На даний час у місті Хмельницькому спостерігається активізація громадських ініціатив, спрямованих на покращення системи збору та переробки органічних відходів. Зокрема, у жовтні 2022 року було відкрито навчальний центр поводження з відходами «Гуфі-центр», який проводить освітні заходи у партнерстві з громадськими організаціями, такими як ГО «Хмельницький енергетичний кластер» та ВІ «Активна громада». Ці заходи сприяють підвищенню екологічної свідомості населення та популяризації практик роздільного збору відходів [67].

Однак масштаби таких ініціатив поки що обмежені, і вони не охоплюють усі верстви населення. Загальний рівень екологічної свідомості мешканців залишається недостатнім для широкого впровадження системи роздільного збору органічних відходів. Це підтверджується результатами всеукраїнського дослідження РАЕВ-2024 «Громади і відходи», яке виявило низький рівень культури управління відходами серед пересічних громадян України [68].

Недостатня екологічна обізнаність населення ускладнює впровадження ефективних систем роздільного збору відходів. Для подолання цього виклику необхідно посилити інформаційно-просвітницьку роботу, спрямовану на формування екологічної культури та відповідальності серед громадян. Зокрема, важливо проводити тренінги та освітні заходи, подібні до тих, що організуються в «Гуфі-центрах», де мешканці можуть дізнатися про правильне сортування відходів у місті [69].

Крім того, необхідно розвивати партнерство між місцевою владою, громадськими організаціями та бізнесом для створення інфраструктури роздільного збору та переробки органічних відходів. Такі спільні зусилля можуть сприяти підвищенню екологічної свідомості населення та ефективному впровадженню системи роздільного збору відходів у Хмельницькому.

Отже, хоча в місті Хмельницькому існують громадські ініціативи, спрямовані на покращення управління органічними відходами, їх масштаби поки що обмежені. Для досягнення значущих результатів необхідно

підвищувати екологічну свідомість населення та розвивати співпрацю між різними секторами суспільства.

3.2 Можливості та виклики впровадження вермикомпостування у місті Хмельницькому

Впровадження вермикомпостування в місті Хмельницькому є перспективним напрямом для вирішення проблеми утилізації органічних відходів, що становлять значну частину побутового сміття. Ця ініціатива відповідає сучасним тенденціям у сфері екології, які спрямовані на створення циклічної економіки, зменшення навантаження на полігони та покращення якості ґрунтів за рахунок використання органічних добрив.

Важливість впровадження вермикомпостування підкріплюється низкою переваг, серед яких економія ресурсів, зменшення викидів парникових газів від органічних відходів та можливість створення додаткових робочих місць у сфері органічного поводження. Крім того, отриманий у процесі вермикомпостування продукт – вермикомпост – має високу ринкову цінність і може використовуватися як ефективне органічне добриво для сільського господарства, садівництва та озеленення міських територій.

Для оцінки потенціалу впровадження вермикомпостування в місті Хмельницькому проведено SWOT-аналіз на основі опрацьованої інформації. Аналіз враховує сильні та слабкі сторони, можливості та потенційні загрози, що можуть виникнути в процесі реалізації. Результати SWOT-аналізу наведені в таблицях 3.1-3.3.

Особливу увагу приділено фактору участі місцевих жителів, оскільки їх активна співпраця у сортуванні органічних відходів є критично важливою для успіху проєкту.

Таблиця 3.1 – Зведена таблиця SWOT-аналізу потенціалу впровадження вермикомпостування в місті Хмельницькому

Сильні сторони	Слабкі сторони
1	2
<p>1) екологічна доцільність: зменшення обсягів органічних відходів, що захоронюються на полігонах, скорочення викидів парникових газів; отримання високоякісного органічного добрива – вермикомпосту, придатного для використання в міському озелененні та органічному землеробстві;</p> <p>2) наявність ресурсів: значні обсяги органічних відходів (близько 40 % від загальної маси ТПВ), які можуть бути перероблені; можливість використання вже існуючих логістичних і комунальних систем для збору відходів;</p> <p>3) підтримка екологічних ініціатив: зацікавленість місцевої громади та влади у вирішенні проблеми відходів; потенційна участь громадських організацій та волонтерів у проєкті;</p> <p>4) інноваційність проєкту: використання вермикомпостування як екологічно чистої та ефективної технології для управління органічними відходами.</p>	<p>1) відсутність розвиненої інфраструктури: брак системи роздільного збору органіки; відсутність спеціалізованих об'єктів для вермикомпостування;</p> <p>2) економічні обмеження: висока вартість початкових інвестицій для створення вермикомпостних станцій; обмежене фінансування з боку міського бюджету;</p> <p>3) соціальні бар'єри: низький рівень екологічної свідомості населення;</p> <p>4) регуляторні перешкоди: відсутність чіткої нормативної бази для регулювання переробки органічних відходів;</p>

Кінець таблиці 3.1

1	2
Можливості	Загрози
<p>1) фінансова підтримка: залучення міжнародних грантів і програм екологічної допомоги (ПРООН, ЄБРР, ЄС); потенційне інвестування місцевого бізнесу та приватних підприємців;</p> <p>2) освітні програми: проведення тренінгів та інформаційних кампаній для підвищення екологічної обізнаності населення; включення теми вермикомпостування в шкільні програми екологічного виховання;</p> <p>3) технічний розвиток: використання мобільних вермикомпостних систем для густонаселених районів; автоматизація процесів вермикомпостування для підвищення ефективності;</p> <p>4) інтеграція в міські екосистеми: використання вермикомпосту для озеленення парків, скверів, прибудинкових територій; підтримка локальних ініціатив зі створення громадських садів;</p> <p>5) підтримка держави: реалізація Національної стратегії управління відходами до 2030 року, яка акцентує увагу на зменшенні захоронення органічних відходів.</p>	<p>1) економічні ризики: коливання витрат на обладнання та ресурси; невизначеність у довгостроковій економічній рентабельності;</p> <p>2) соціальний спротив: небажання частини населення брати участь у роздільному зборі органічних відходів; побоювання щодо санітарних ризиків або неприємних запахів;</p> <p>3) конкуренція з іншими методами обробки: використання альтернативних технологій, таких як анаеробне зброджування або спалювання, може зменшити пріоритетність вермикомпостування;</p> <p>4) кліматичні умови: сезонність процесу вермикомпостування (взимку потрібне додаткове утеплення або використання закритих систем);</p> <p>5) регуляторна нестабільність: можливі зміни в законодавстві або недостатня підтримка на місцевому рівні.</p>

Таблиця 3.2 – Класифікація й оцінка факторів зовнішнього й внутрішнього середовища: «можливості – сильні сторони»; «можливості – слабкі сторони»

Можливості		Сильні сторони
1) фінансова підтримка; 2) освітні програми; 3) технічний розвиток; 4) інтеграція в міські екосистеми; 5) підтримка держави		1) екологічна доцільність; 2) наявність ресурсів; 3) підтримка екологічних ініціатив; 4) інноваційність проєкту
Можливості		Слабкі сторони
1) фінансова підтримка; 2) освітні програми; 3) технічний розвиток; 4) інтеграція в міські екосистеми; 5) підтримка держави		1) відсутність розвиненої інфраструктури; 2) економічні обмеження; 3) соціальні бар'єри; 4) регуляторні перешкоди

SWOT-аналіз демонструє значний потенціал для впровадження вермикомпостування в місті Хмельницькому завдяки екологічним та економічним перевагам. Однак, існують бар'єри, які потребують подолання через розвиток інфраструктури, фінансову підтримку, підвищення екологічної свідомості населення та вдосконалення нормативної бази.

Загальні рекомендації щодо позиції «можливості – сильні сторони» (таблиця 3.2):

- а) фінансова підтримка – екологічна доцільність:
- розробка грантових заявок, створення детального проєкту із акцентом на екологічні переваги вермикомпостування, описавши вплив на скорочення викидів метану, зменшення обсягів відходів та підвищення якості ґрунтів;
 - акцентувати уваги, під час створення заявки для фінансової підтримки, на відповідність цілям сталого розвитку, таких як відповідальне споживання та виробництво, боротьба зі зміною клімату;

- регулярне звітування перед населенням та партнерами про екологічні досягнення та вплив проєкту, сприятиме подальшій підтримці;

б) освітні програми – підтримка екологічних ініціатив:

- створювати навчальні матеріали, наприклад, створення доступних курсів, брошур, відеороликів та інших ресурсів для популяризації вермикомпостування серед населення;

- організація громадських форумів, ярмарок та презентацій для поширення інформації про успіхи та перспективи проєкту;

- проводити безкоштовні тренінги для мешканців, освітян, працівників ЖКГ та місцевих підприємств щодо методів сортування органіки та використання компосту;

- інтеграція теми екологічного управління відходами, включаючи вермикомпостування до шкільних курсів з екології та біології;

- організація кампанії через соціальні мережі, радіо та телебачення для поширення інформації про вермикомпостування;

в) технічний розвиток – інноваційність проєкту:

- впроваджувати інноваційні технології, такі як автоматизація контролю температури, вологості та аерації в процесі вермикомпостування, що підкреслює сучасність і ефективність цього підходу та відповідає запитам екологічно свідомого суспільства;

- залучати іноземний досвід і технології для оптимізації процесів вермикомпостування та його інтеграції в міські екосистеми;

г) інтеграція в міські екосистеми – інноваційність проєкту:

- впровадити пілотний вермикомпостний пункт на території парків або зелених зон міста, щоб наочно продемонструвати його ефективність;

- налагодити регулярне використання отриманого біогумусу для добрива міських клумб, газонів, парків та скверів;

- представляти проєкт на конкурсах екологічних ініціатив;

- стимулювати підприємства брати участь у проєкті через можливість використання біогумусу для комерційних садів чи озеленення своїх територій;

д) підтримка держави – наявність ресурсів:

- налагодити діалог із місцевими органами влади для інтеграції проєкту у місцеві програми управління відходами;

- використовувати існуючі ресурси для створення пілотних станцій вермикомпостування;

- подати проєкт на включення до державної підтримки в рамках Національної стратегії управління відходами до 2030 року;

- ініціювати розробку локальних регуляторних актів, що спрощують процедуру створення вермикомпостних станцій і стимулюють роздільний збір органіки.

Використання сильних сторін у поєднанні з можливостями сприяє успішній реалізації проєкту, максимізуючи його екологічний, економічний та соціальний вплив.

Рекомендації щодо позиції «можливості – слабкі сторони»:

а) фінансова підтримка – відсутність розвиненої інфраструктури:

- розробити мобільні або модульні установки для вермикомпостування, які можна розмістити навіть за відсутності стаціонарних пунктів;

- співпрацювати з місцевим бізнесом для фінансування початкових етапів створення інфраструктури в обмін на доступ до отриманого біогумусу;

б) освітні програми – соціальні бар'єри:

- провести масштабну просвітницьку кампанію через соціальні мережі, медіа та громадські заходи, пояснюючи користь вермикомпостування та роздільного збору органіки;

- включити тематику управління органічними відходами до шкільної та університетської програми екологічного виховання;

- розробити програми заохочення для мешканців, наприклад, бонуси чи знижки за участь у сортуванні органіки (через мобільні додатки або QR-коди на контейнерах);

- створити локальні тренінгові центри для населення, зокрема у форматі майстер-класів або екскурсій на пілотні станції компостування;

в) технічний розвиток – економічні обмеження:

- використовувати технології для підвищення продуктивності вермикомпостування, що може скоротити витрати на обслуговування, зокрема завдяки автоматизації процесів, економії ресурсів (води, електроенергії) та зменшенню потреби у великій кількості персоналу;

г) інтеграція в міські екосистеми – економічні обмеження:

- укласти угоди з міськими підприємствами, що відповідають за озеленення, для використання вермикомпосту замість хімічних добрив, з метою оптимізації витрат;

- продемонструвати ефективність біогумусу на прикладі невеликих локальних зон озеленення (сквери, клумби);

- пропонувати вермикомпост за доступною ціною, стимулюючи подальше виробництво;

д) підтримка держави – регуляторні перешкоди:

- підготувати та подати пропозиції до міської ради щодо розробки регуляторних актів, які підтримують створення систем роздільного збору органіки;

- залучити юристів та громадські організації до створення законодавчих ініціатив, які спрощують впровадження компостних технологій;

- організувати круглі столи, публічні слухання та консультації з місцевою владою для узгодження планів впровадження вермикомпостування відповідно до національної стратегії управління відходами.

Рекомендації для «можливості – слабкі сторони» спрямовані на зменшення впливу слабких сторін через ефективне використання зовнішніх можливостей. Реалізація цих рекомендацій дозволить розв'язати проблеми

інфраструктури, фінансування, екологічної свідомості населення та нормативної бази, сприяючи успішному впровадженню вермикомпостування в міському середовищі.

Таблиця 3.3 – Класифікація й оцінка факторів зовнішнього й внутрішнього середовища: «загрози – сильні сторони», «загрози – слабкі сторони»

Загрози		Сильні сторони
1) економічні ризики; 2) соціальний спротив; 3) конкуренція з іншими методами утилізації; 4) кліматичні умови; 5) регуляторна нестабільність		1) екологічна доцільність; 2) наявність ресурсів; 3) підтримка екологічних ініціатив; 4) інноваційність проєкту
Загрози		Слабкі сторони
1) економічні ризики; 2) соціальний спротив; 3) конкуренція з іншими методами утилізації; 4) кліматичні умови; 5) регуляторна нестабільність		1) відсутність розвиненої інфраструктури; 2) економічні обмеження; 3) соціальні бар'єри; 4) регуляторні перешкоди

Загальні рекомендації щодо позиції «загрози – сильні сторони» (таблиця 3.3):

- а) економічні ризики – екологічна доцільність:
 - використовувати екологічну доцільність проєкту як основний аргумент для залучення інвестицій, грантів та державної підтримки;
 - розробити бізнес-моделі, що включає продаж біогумусу як органічного добрива для фермерів, садівників та міських служб озеленення;
 - реалізувати невеликі пілотні проєкти, щоб продемонструвати економічну рентабельність технології;
- б) соціальний спротив – наявність ресурсів:

- розмістити перші вермикомпостні станції у промислових або малозаселених районах, щоб уникнути спротиву громади;
 - проводити інформаційні кампанії, тренінги та консультації для мешканців, пояснюючи переваги та безпечність вермикомпостування;
 - демонструвати результати використання біогумусу у міських проєктах озеленення, щоб переконати громаду в цінності ініціативи;
 - залучати місцеве населення до сортування органіки та підтримки станцій як частини екологічної ініціативи;
- в) конкуренція з іншими методами утилізації – екологічна доцільність:
- підкреслювати переваги вермикомпостування у створенні додаткової цінності (біогумус), яку інші методи утилізації (наприклад, спалювання чи захоронення) не забезпечують;
 - показати можливість комбінування вермикомпостування з іншими методами (наприклад, анаеробним зброджуванням) для максимального використання відходів;
 - налагодити діалог із підприємствами, які використовують альтернативні методи утилізації, щоб створити синергію у переробці різних типів відходів;
- г) кліматичні умови – інноваційність проєкту:
- впровадити закриті або автоматизовані установки, які дозволяють зберігати оптимальні умови для вермикомпостування незалежно від клімату;
 - використовувати мобільні або модульні системи, які можуть бути адаптовані до сезонних змін;
 - використовувати інноваційні підходи, які дозволяють зменшити залежність від кліматичних умов, наприклад, системи з підігрівом чи ізоляцією;
 - організація пілотних проєктів для вивчення кліматичного впливу та адаптації систем до регіональних умов;

- д) регуляторна нестабільність – підтримка екологічних ініціатив:
- підготувати пропозиції до міської ради та інших державних органів для вдосконалення нормативно-правової бази, яка підтримуватиме переробку органічних відходів;
 - використовувати підтримку громадських організацій як інструмент тиску на владу для прийняття необхідних рішень;
 - інтегрувати вермикомпостування в Національну стратегію управління відходами до 2030 року та залучати державну фінансову підтримку;
 - через пілотні проєкти показати місцевій владі, що вермикомпостування може бути ефективним інструментом для вирішення проблем з органічними відходами.

Ці рекомендації спрямовані на використання сильних сторін проєкту для подолання потенційних загроз, таких як економічні ризики, соціальний спротив, кліматичні умови, конкуренція та регуляторна нестабільність. Ефективна комбінація екологічної доцільності, інноваційності та підтримки громад дозволить мінімізувати ризики і забезпечити успішне впровадження вермикомпостування.

Загальні рекомендації щодо позиції «загрози – слабкі сторони»:

- а) економічні ризики – відсутність розвиненої інфраструктури:
- розпочати з невеликих пілотних проєктів у рамках доступної інфраструктури для перевірки життєздатності системи перед її масштабуванням;
 - використовувати модульні або мобільні вермикомпостні станції, які не потребують значних початкових інвестицій у стаціонарну інфраструктуру;
 - залучити міжнародні гранти та партнерства з бізнесом для фінансування розвитку інфраструктури, підкреслюючи довгострокову економічну вигоду;
- б) соціальний спротив – соціальні бар'єри:

- організувати інформаційні заходи, що демонструють безпечність і користь вермикомпостування, зокрема екскурсії на пілотні об'єкти;

- запровадити програми заохочення мешканців до участі у сортуванні органіки, наприклад, у формі знижок чи бонусів;

- розташовувати початкові об'єкти в промислових або малонаселених районах, щоб уникнути прямого спротиву від мешканців;

в) конкуренція з іншими методами утилізації – економічні обмеження:

- використовувати сучасні технології для зниження операційних витрат і підвищення конкурентоспроможності вермикомпостування;

- підкреслювати переваги вермикомпостування, зокрема можливість отримання біогумусу, якого не забезпечують інші методи утилізації;

г) кліматичні умови – відсутність розвиненої інфраструктури:

- розвивати закриті технології, що дозволяють підтримувати оптимальні умови незалежно від сезону;

- використовувати доступні приміщення, такі як промислові будівлі, для адаптації їх під вермикомпостні станції з мінімальними затратами;

- організувати пілотні проєкти, які допоможуть оцінити ефективність компостування в різних кліматичних умовах;

д) регуляторна нестабільність – регуляторні перешкоди:

- залучити експертів у сфері екологічного права для розробки та просування місцевих нормативних актів, які спрощують впровадження вермикомпостування;

- організувати обговорення між громадою, бізнесом і місцевою владою для впровадження необхідних змін у регулюванні;

– інтегрувати вермикомпостування в існуючі державні програми управління відходами, щоб отримати підтримку на національному рівні.

Рекомендації для «Загрози – Слабкі сторони» спрямовані на зменшення впливу негативних факторів шляхом розвитку інфраструктури, залучення громади, покращення технологій і адвокації регуляторних змін. Комплексний підхід дозволить мінімізувати ризики та забезпечити ефективну реалізацію вермикомпостування.

Отже, SWOT-аналіз демонструє значний потенціал для впровадження вермикомпостування в місті Хмельницькому завдяки екологічним та економічним перевагам. Однак, існують бар'єри, які потребують подолання через розвиток інфраструктури, фінансову підтримку, підвищення екологічної свідомості населення та вдосконалення нормативної бази.

3.3 Практичні рекомендації, щодо впровадження вермикомпостування в місті Хмельницькому

Клімат міста Хмельницького характеризується помірно-континентальними умовами з м'якою, нестійкою зимою та теплим літом. У 2024 році середня температура найхолоднішого місяця, січня, становила близько мінус 2,5 °С, а найтеплішого, липня, приблизно 21,7 °С. Річна кількість опадів коливається в межах 700 мм, з найбільшою кількістю опадів у літні місяці, особливо в липні.

У 2024 році спостерігалися аномальні погодні явища, зокрема, літо стало найспекотнішим за всю історію спостережень, з температурними відхиленнями до плюс 12 °С вище середніх показників у Східній Європі. Ці зміни клімату впливають на погодні умови в Хмельницькому, спричиняючи більш теплі зими та спекотніші літа [70].

Такі кліматичні умови є сприятливими для впровадження технології вермикомпостування. Оптимальна температура для життєдіяльності компостних черв'яків, зокрема видів *Eisenia fetida* та *Lumbricus rubellus*, становить від 15 °С до 27 °С. Влітку температури в Хмельницькому відповідають цьому діапазону, що забезпечує активну діяльність черв'яків [43].

Взимку, коли температурний показник опускається до мінімальних значень, необхідно вживати заходів для захисту вермикомпостних систем від переохолодження. Рекомендується розміщувати компостні контейнери в захищених приміщеннях або застосовувати утеплення, щоб підтримувати температуру субстрату на рівні, придатному для життєдіяльності черв'яків [44].

Вологість також відіграє важливу роль у вермикомпостуванні. Середньорічна кількість опадів у Хмельницькому забезпечує достатній рівень вологості, проте в посушливі періоди необхідно контролювати вологість субстрату, підтримуючи її на рівні від 70 % до 80 %. Це сприятиме

оптимальним умовам для діяльності черв'яків та ефективного розкладання органічних відходів [44].

Загалом, природно-кліматичні умови міста Хмельницького є придатними для впровадження технології вермикомпостування за умови дотримання відповідних заходів щодо контролю температури та вологості субстрату.

У рамках дослідження впровадження вермикомпостування в міському середовищі Хмельницького пропонується розробка концепції пілотного проєкту. Запровадження пілотного вермикомпостного пункту в одній із міських зон Хмельницького є важливим кроком для демонстрації ефективності та доцільності вермикомпостування в міському середовищі. Цей проєкт є частиною теоретичного обґрунтування можливостей вермикомпостування та може слугувати основою для майбутньої практичної реалізації.

Метою проєкту є демонстрація ефективності вермикомпостування для переробки органічних відходів у міських умовах, вивчення основних параметрів, необхідних для роботи вермикомпостного пункту та формування бази для масштабування проєкту в межах міста.

Технічні вимоги до пілотного вермикомпостного пункту:

а) необхідна площа – для пілотного проєкту достатньо площі від 50 м^2 до 100 м^2 , що дозволить розмістити компостні бурти або контейнери, забезпечить зони для зберігання сировини та готового компосту;

б) кількість черв'яків – для ефективного перероблення, рекомендована норма закладення становить від 700 штук до 1 500 штук на метр кубічний субстрату [44];

в) обсяг відходів для переробки визначається масштабом пілотного проєкту, де для початкового етапу доцільно орієнтуватись на переробку від 5 т до 10 т, що дозволить оцінити продуктивність системи та ввести необхідні корективи;

г) додаткові технічні аспекти [44]:

- вологість субстрату для активної життєдіяльності черв'яків становить близько 80 %, для підтримання цього рівня використовують стаціонарні або мобільні поливальні установки;
- аерація забезпечується створенням приблизно п'ятнадцяти вертикальних отворів діаметром по 5 см на кожен квадратний метр бурта;
- підгодівля черв'яків відбувається шляхом додавання свіжого субстрату кожні від семи до дев'яти діб, розстеляючи його на поверхні вермикомпосту шаром до 10 см.

Створення пілотного вермикомпостного пункту в Хмельницькому дозволить на практиці оцінити ефективність вермикомпостування в умовах міста, визначити оптимальні технічні параметри та підготувати основу для масштабування цієї технології.

Оцінка економічної доцільності впровадження вермикомпостування в місті Хмельницькому є ключовим етапом для прийняття обґрунтованих рішень щодо реалізації цього проєкту. Цей процес включає детальний аналіз витрат на створення та обслуговування вермикомпостних станцій, а також вивчення можливих джерел фінансування, таких як гранти, субсидії та підтримка місцевого бізнесу.

Витрати на створення вермикомпостних станцій залежить від таких факторів, як масштаб проєкту, технологія та особливості місцевих умов. Фінансове забезпечення створення вермикомпостних станцій включає такі позиції:

- а) капітальні витрати:
- будівництво або адаптація приміщень для розміщення вермикомпостних установок;
 - придбання контейнерів для компостування, систем вентиляції, контролю вологості та температури;
 - придбання необхідної кількості дощових черв'яків для запуску процесу компостування;

- б) операційні витрати:
- оплата праці відповідальних за управління та обслуговування станцій;
 - витрати на електроенергію для підтримки оптимальних умов компостування;
 - ремонт та заміна обладнання;
 - збір та доставка сировини.

Часовий проміжок створення вермикомпостних станцій залежить від проекту станції, її потужності, наявності території, обладнання, кваліфікованих працівників, баз сировини та дозвільних документів.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проаналізовано теоретичні положення та принципи циркулярної економіки, реалізація яких дозволяє зменшити викиди парникових газів, знизити обсяги відходів та підвищити економічну конкурентоспроможність через зменшення залежності від первинних ресурсів.

Впровадження принципів циркулярної економіки в міське середовище сприяє значному зменшенню витрат на управління відходами. Це досягається завдяки ефективним системам ресайклінгу та повторного використання матеріалів, що дозволяє оптимізувати процеси збору, транспортування та обробки відходів. Як наслідок, міста можуть зменшити навантаження на полігони та спрямувати заощаджені кошти на розвиток інфраструктури.

Однією з важливих ініціатив ЄС в цій галузі є новий Circular Economy Action Plan (План дій щодо циркулярної економіки), що є ключовим елементом Європейського зеленого курсу. Він включає низку взаємопов'язаних ініціатив, спрямованих на створення узгодженої стратегії переходу до циркулярної економіки. Серед основних завдань плану: перетворення продуктів на більш стійкі, трансформація послуг, бізнес-моделей та моделей споживання для скорочення утворення відходів. Важливим напрямком реалізації плану є програма Circular Cities (Циркулярні міста), що запущена Європейською Комісією для підтримки міст і регіонів у впровадженні системних рішень на місцевому та регіональному рівнях.

В роботі проаналізовано кращі світові практики відновлення відходів, що реалізуються у Фінляндії, Іспанії, Нідерландах, Швеції, Данії, Японії, Бразилії та США. До них відносяться:

- функціонування пунктів прийому та обробки відходів;
- застосування смарт-технологій для управління відходами: інтелектуальна система моніторингу процесів збору ТПВ, мобільні додатки з

інформацією про найближчі пункти ресайклінгу, правила сортування сміття та графіки його вивезення; цифрові платформи для обміну інформацією.

– розбудова інфраструктури для повторного використання матеріалів, зокрема міські майданчики ресайклінгу, що дозволяють мешканцям обмінюватися ресурсами, ремонтувати та повторно використовувати матеріали. Такі майданчики забезпечують простір для ремонту меблів, побутової техніки та інших предметів, що зазвичай викидаються;

– створення екоіндустріальних парків з повністю реалізованою моделлю промислового симбіозу, де відходи одного підприємства стають ресурсами для іншого, що сприяє сталому розвитку та підвищенню економічної ефективності;

– реалізація політики «Zero Waste».

В Україні обсяг утворення органічних відходів становить близько 40 % від загального обсягу ТПВ, традиційно вони вивозяться на полігони, де піддаються анаеробному розкладанню з утворення метану.

Ефективне та стійке рішення для переробки органічних відходів у міських умовах пропонує вермикомпостування. Це біотехнологічний процес, в якому дощові черв'яки перетворюють органічні відходи на високоякісне добриво – вермикомпост. Цей метод є ефективним засобом управління органічними відходами, що сприяє зменшенню їх обсягів та покращенню родючості ґрунтів.

В роботі визначені види черв'яків, що здійснюють вермикомпостування. Також деталізовано та проаналізовано основні фактори, що впливають на ефективність процесу переробки органічних відходів на високоякісне органічне добриво, а саме: температура, вологість, рівень аерації та рН субстрату.

Інтеграція вермикомпостування в міські екосистеми передбачає впровадження локальних рішень для переробки органічних відходів, що сприяє децентралізації управління відходами та ефективнішому використанню ресурсів. Одним із таких рішень є створення вермикомпостних пунктів

(станцій) у житлових районах, що дозволяє переробляти органічні відходи безпосередньо на місці їх утворення. В урбоекосистемах отриманий при переробленні органічних відходів вермикомпост може бути використаний у сфері ландшафтного дизайну в парках, садах та в інших зелених зонах; на присадибних ділянках, міських городах, вертикальних фермах та на зелених дахах, що, у свою чергу, підтримує розвиток практик «зелених міст».

Для оцінки потенціалу впровадження вермикомпостування в місті Хмельницькому проведено SWOT-аналіз, який продемонстрував значний потенціал Хмельницької урбоекосистеми для впровадження вермикомпостування завдяки екологічним та економічним перевагам. Однак, існують бар'єри, що потребують подолання шляхом розвитку відповідної інфраструктури, фінансової підтримки, підвищення екологічної свідомості населення та вдосконалення нормативної бази.

Хмельницька урбоекосистема характеризується сприятливим для розвитку вермикомпостування біотопом у літній період; взимку температурний режим не є сприятливим, тому в цей період система потребуватиме додаткових зусиль для утримання тепла (підігрів, накривання контейнерів тощо).

В роботі представлені технічні вимоги до пілотного вермикомпостного пункту, зокрема це площа, кількість черв'яків, обсяг відходів для переробки, технологічні умови. Також визначено позиції щодо фінансового забезпечення, що включають капітальні та операційні витрати.

Для забезпечення сталого функціонування станцій вермикомпостування рекомендується: організація роздільного збирання органічних відходів від населення, закладів харчування тощо; створення локальних пунктів збору органіки (наприклад відходів садівництва), а також реалізація інформаційно-просвітницьких програм для мешканців для їх свідомого залучення до сортування та переробки органічних відходів та популяризації переваг циркулярної економіки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Kirchherr Julian. Conceptualizing the Circular Economy (Revisited): An Analysis of 221 Definitions [Electronic resource] / Julian Kirchherr, Nan-Hua Nadjia Yang, Frederik Schulze-Spüntrup, Maarten J. Heerink, Kris Hartley // Resources, Conservation and Recycling. – ELSEVIER. – 23.04.2023. – vol. 194 – Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107001> (дата звернення: 25.11.2024).
2. Благун І.С. Модель циркулярної економіки як один із трендів сталого розвитку / І.С. Благун // Бізнес Інформ [Електронне видання]. – 2021. – № 12. – С. 124-132. – Режим доступу: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-12-124-132> (дата звернення: 25.11.2024).
3. Роледерс В.В. Характерні відмінності функціонування лінійної та циркулярної моделей економіки / В.В. Роледерс // Економіка і організація управління. – 2021. – № 4 (44). – С. 235-242. – Режим доступу: <https://jeou.donnu.edu.ua/article/view/11181> (дата звернення: 25.11.2024).
4. Adobe Stock [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://stock.adobe.com/ua/search?k=reduce+reuse+recycle&asset_id=422338894 (дата звернення: 25.11.2024).
5. Гурочкіна В.В. Циркулярна економіка: українські реалії та можливості для промислових підприємств [Електронний ресурс] / В.В. Гурочкіна, М.С. Будзинська // Економічний вісник. Серія: фінанси, облік, оподаткування : зб. наук. пр. – 2020. – Вип. 5. – С. 52–64. – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/328113907.pdf> (дата звернення: 25.11.2024).
6. Горбаль Н.І. Впровадження циркулярної економіки на основі європейського досвіду [Електронний ресурс] / Н.І. Горбаль, М.М. Мазурик, О.З. Микитин // Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку. – 2021. – №2 (6). – С. 280–289. – Режим доступу:

<https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2021/nov/25544/nzmened-280-289.pdf> (дата звернення: 25.11.2024).

7. Циркулярна економіка. План дій Circular economy action plan (CEAP) [Електронний ресурс] // Офіційний сайт організації United Nations Development Programme. – Режим доступу: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-08/2%20FINAL_Tree_Circular_economy_action_plan_297x210mm_4%2B4_web_180822.pdf (дата звернення: 25.11.2024).

8. Приклади впровадження циркулярної економіки в Україні [Електронний ресурс] – Київ : Центр ресурсоефективного та чистого виробництва, 2024. – 44 с. – Режим доступу: http://www.respc.org/wp-content/uploads/2024/05/National-cases-of-CE_publication_ukr.pdf (дата звернення: 25.11.2024).

9. Сортування та роздільний збір відходів: вивчаємо кращі європейські практики для налагодження власної національної системи [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. 31.10.2024. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/sortuvannya-ta-rozdilnyj-zbir-vidhodiv-vyvchayemo-krashhi-yevropejski-praktyku-dlya-nalagodzheniya-vlasnoyi-natsionalnoyi-systemy/> (дата звернення: 26.11.2024).

10. Білозерова Л. Енергія з відходів – крок до циркулярної економіки [Електронний ресурс] / Л. Білозерова // Українська енергетика. Інтернет-ЗМІ. 17.02.2023. – Режим доступу: <https://ua-energy.org/uk/posts/enerhiia-z-vidkhodiv-krok-do-tsytkuliarnoi-ekonomiky> (дата звернення: 26.11.2024).

11. Олексин М.В. Використання вторинної сировини в архітектурі та будівництві [Електронний ресурс] / М.В. Олексин, З.В. Обиначна // Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. Архітектура та будівництво. – 2023. – вип. 29–30. С. 105–111. – Режим доступу: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.29-30.12> (дата звернення: 26.11.2024).

12. Material Resources, Productivity and the Environment [Electronic resource] // OECD Green Growth Studies, Paris: OECD Publishing, 2015. – 176 p.

Access mode: https://www.oecd-ilibrary.org/environment/material-resources-productivity-and-the-environment_9789264190504-en (дата звернення: 26.11.2024).

13. Повторне використання (реюз: формати та можливості) [Електронний ресурс] // Платформа «Український Альянс Нуль Відходів» (Zero Waste Alliance Ukraine). – Режим доступу: https://city.zerowaste.org.ua/wiki/tsentr_povtornoho_vykorystannya (дата звернення: 26.11.2024).

14. Що таке рециклінг і які технології переробки відходів в Україні [Електронний ресурс] // Офіційний сайт ТОВ «Еко логічні системи». – Режим доступу: <https://els.systems/blog/shho-take-reczykling-i-yaki-tehnologiyi-pererobku-vidhodiv-v-ukrayini/> (дата звернення: 26.11.2024).

15. Нова політика ЄС з «циркулярної» економіки: можливості для України. Аналітична записка [Електронний ресурс]. – DiXi Group в рамках проєкту «Моніторинг та просування виконання Україною Угоди про асоціацію в частинах енергетики та довкілля. Продовження». – 2020. – 14 с. – Режим доступу: https://dixigroup.org/wp-content/uploads/2020/09/dixi_pb_circular-economy_ukr_full_3.pdf (дата звернення: 26.11.2024).

16. План дій з циркулярної економіки [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Громадської організації Ресурсно-аналітичний центр «Суспільство і довкілля». – Режим доступу: https://www.rac.org.ua/wp-content/uploads/EGDcards/final_00_14_circular%20economy_card_2021_ua.pdf (дата звернення: 27.11.2024).

17. Яценко О.М. Циркулярна економіка як інноваційна платформа євроінтеграції України / О.М. Яценко, Ю.С. Завадська // The basis for the further movement of scientific knowledge : Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference, Dresden, Germany February 20–21, 2023 / [ed. board: N. Orlova et al.] – Dresden : InterSci, 2023. – P. 27–33. – Режим доступу: <https://ir.kneu.edu.ua/items/2c7cd48e-1b62-41a7-8bd5-54d563e8df2a> (дата звернення: 27.11.2024).

18. Circular cities and regions initiative [Electronic resource] : [presentation] // European Commission. – 5 p. – 16.03.2021. – Access mode: https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/presentation_ccri_esc_esp_20210316.pdf (date of appeal: 27.11.2024).

19. Pilots [Electronic resource] // European Commission. – Access mode: <https://circular-cities-and-regions.ec.europa.eu/pilots> (date of appeal: 27.11.2024).

20. Відкриті дані в «розумному місті» – досвід Барселони для Харкова [Електронний ресурс] // Блог Аналітичного центру «Обсерваторія демократії». 27.08.2024. – Режим доступу: https://lb.ua/blog/observatory_democracy/631652_vidkriti_dani_rozumnomu_misti.html (дата звернення: 27.11.2024).

21. Circular City Project [Electronic resource] // Amsterdam Smart City. – Access mode: <https://amsterdamsmartcity.com/channel/circular-city/project> (date of appeal: 27.11.2024).

22. Перетворили в цінний ресурс: як в Швеції вирішили проблему сміття [Електронний ресурс] // Сайт новинного порталу Obozrevatel.ua. 13.10.2019. – Режим доступу: <https://www.obozrevatel.com/ukr/green/energy-efficiency/peretvorili-v-tsinnij-resurs-yak-v-shvetsii-virishili-problemu-smittyu.htm> (дата звернення: 27.11.2024).

23. Траттнер М. Золото, яке викидають. Про що думають шведи, коли бачать світлини з горами сміття в Україні [Електронний ресурс] / М. Траттнер // Незалежний медіахолдинг NV. 13.06.2021. – Режим доступу: <https://nv.ua/ukr/world/countries/yak-sortuyut-i-pereroblyayut-smittyu-v-yevropi-dosvid-shveciji-50164025.html> (дата звернення: 28.11.2024).

24. Кирилко В. Економічна доцільність створення еко-індустріальних парків в Україні [Електронний ресурс] / В. Кирилко // Офіційний сайт Проекту GEIPP Україна . 16.06.2021. – Режим доступу: https://geipp-ukraine.org/wp-content/uploads/2024/07/Valeriy_Kyrylko_WS_16June2021_GEIPP_Ukraine_UK_R.pdf (дата звернення: 28.11.2024).

25. Половян О. В. Екопромислові парки як інструмент системи управління відходами [Електронний ресурс] / О. В. Половян, М. Г. Казакова // Механізм регулювання економіки. – 2023. – № 3. С. 121–130. – Режим доступу: https://mer.fem.sumdu.edu.ua/content/acticles/issue_18/OLEKSIY_V_POLOVYAN_MARINA_G_KAZAKOVAEco_Industrial_Parks_as_a_Tool_of_Waste_Management_System.pdf (дата звернення: 28.11.2024).

26. 3R Initiative [Electronic resource] // United Nations Centre for Regional Development. – Access mode: <https://uncrd.un.org/content/3r-initiative> (date of appeal: 27.11.2024).

27. Хмельницька В. Паперові відходи ділять на п'ять категорій: у японському селищі переробляють 80 % сміття [Електронний ресурс] / В. Хмельницька // ТСН. 23.11.2020. – Режим доступу: <https://tsn.ua/tsikavinki/paperovi-vidhodi-dilyat-na-p-yat-kategoriy-u-yaponskomu-selischi-pereroblyayut-80-vidhodiv-1672894.html> (дата звернення: 28.11.2024).

28. Сортування в Японії [Електронний ресурс] // Офіційний сайт ГО «Україна без сміття». 22.09.2022. – Режим доступу: <https://nowaste.com.ua/sortuvannia-v-japonii/> (дата звернення: 28.11.2024).

29. Мелень-Забрамна О. Концепція «нуль відходів» – від теорії до практики [Електронний ресурс] / О. Мелень-Забрамна, Г. Хомечко, О. Кравченко [ред.]; МБО «Екологія-Право-Людина». – Львів : Норма, 2020. – 36 с. – Режим доступу: <https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2020/09/Zero7modif.pdf> (дата звернення: 28.11.2024).

30. Recology: a world without waste [Electronic resource] // Website. – Access mode: <https://www.recology.com/> (date of appeal: 28.11.2024).

31. Ортинська М. Американська мрія. Як стартапу обрати акселератор для виходу на ринок США [Електронний ресурс] / М. Ортинська // AIN.UA. 12.11.2023. – Режим доступу: <https://ain.ua/2023/11/12/yak-startapu-obraty-akselerator-dlya-vyrodu-na-rynok-ssha/> (дата звернення: 29.11.2024).

32. Українські стартапи у 2021 році залучили рекордні 330 мільярдів доларів інвестицій [Електронний ресурс] // Економічна правда. 07.01.2022. – Режим доступу: <https://pravda.com.ua/news/2022/01/7/681232/> (дата звернення: 29.11.2024).

33. Чернецька А. Інвестиції в стартапи США впали до 3-річного мінімуму: яка причина [Електронний ресурс] / А. Чернецька. – Дата оновлення: 06.04.2023 // DELO.ua. – Режим доступу: <https://delo.ua/economy/investiciyi-v-startapi-ssa-vpali-do-3-ricnogo-minimumu-yaka-pricina-414478/> (дата звернення: 29.11.2024).

34. Бразилія: подих для створіння. Спільнота, що дбає про переробку відходів [Електронний ресурс] // Vatican News. 06.07.2021. – Режим доступу: <https://www.vaticannews.va/uk/world/news/2021-07/istoria-laudato-si-brazyliya-pravylna-utyilizaciya-vidhodiv.html> (дата звернення: 29.11.2024).

35. Дж. Де Бурка. Водоефективні будівельні системи: від збору дощової води до повторного використання сірої води [Електронний ресурс] / Дж. Де Бурка // Constructive Voices. 08.08.2023. – Режим доступу: <https://constructive-voices.com/uk/водоефективні-будівельні-системи-від-збору-дощової-води-до-повторного-використання-сірої-води/> (дата звернення: 29.11.2024).

36. Walia S.S. Role of Earthworms in Vermicomposting [Electronic resource] / S.S. Walia, T. Kaur // Earthworms and Vermicomposting. – Singapore : Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2024. – С. 55–60. – Access mode: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-99-8953-9_5 (date of appeal: 30.11.2024).

37. Василик Ю.В. Біологія розвитку каліфорнійського дощового черв'яка (*Eisenia fetida*) на біологічних субстратах [Електронний ресурс] / Ю.В. Василик, І.В. Березовський // Вісник студентського наукового товариства ДонНУ імені Василя Стуса. Природничі та технічні науки. – 2023. – Т. 2, № 15 (2023). – С. 176-179. – Режим доступу: <https://jvestnik-sss.donnu.edu.ua/article/view/14708> (дата звернення: 30.11.2024).

38. Яка користь від каліфорнійських черв'яків [Електронний ресурс] : [стаття] // Сім'я і дім. – Дата оновлення: 13.07.2022. Режим доступу: <https://simya.com.ua/yaka-koryst-vid-kaliforniyskyh-cher-v-yakiv/> (дата звернення: 30.11.2024).

39. Khalid H. Municipal Waste Degradation by Vermicomposting Using a Combination of Eisenia fetida and Lumbricus rubellus Species [Electronic resource] / H. Khalid, A. Ikhlaq, U. Pervaiz [and others] // Agronomy. – 2023. – № 13(5). – Access mode: <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/5/1370> (date of appeal: 30.11.2024).

40. Lumbricus rubellus Hoffmeister [Electronic resource] : [data] / willowwmae // Naturalist contributors. 08.01.2024. – Access mode: <https://www.gbif.org/uk/occurrence/4512118010> (date of appeal: 30.11.2024).

41. Штаферун В.О. Утилізація органічних відходів як напрям екологічної конверсії рослинництва [Електронний ресурс] / В.О. Штаферун, С.П. Сонько // Репозитарій Уманського національного університету садівництва. – Режим доступу: https://www.udau.edu.ua/assets/files/zbirniki/conference/ekologiya/Shtaferun_V_O.pdf (дата звернення: 30.11.2024).

42. Чурсіна М. Виробництво і використання біогумусу або вермикомпосту [Електронний ресурс] / М. Чурсіна // Агро Сіті. 10.01.2022. – Режим доступу: <https://agrocitiy.ua/uk/viroshuvannya/proyzvodstvo-y-yspolzovanye-byogumusa-uly-vermykomposta/> (дата звернення: 01.12.2024).

43. Котлярова Т. Методи вермікомпостування: використання сили черв'яків для органічного циклінгу поживних речовин [Електронний ресурс] : / Т. Котлярова // Біо-Поле. – Режим доступу: https://biofield.com.ua/uk/statti/metody-vermikompostuvannya-vykorystannya-sily-cher-vyakiv-dlya-orhanichnoho-tsyklinhu-pozhyvnykh-rechovyn_17 (дата звернення: 01.12.2024).

44. Сенчук М.М. Впровадження механізованого вермикомпостування для утилізації рослинних відходів садово-паркових господарств [Електронний

ресурс] / М.М. Сенчук // Агробіологія : зб. наук. праць Білоцерківського нац. аграрного ун-ту. – 2021. – № 2. – С. 137–145. – Режим доступу: https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/senchuk_2_2021-137-145.pdf (дата звернення: 01.12.2024).

45. Кащавцева К. Такі відходи сміливо можна кидати в компост: про деякі дачники й не здогадуються [Електронний ресурс] / К. Кащавцева // УНІАН. 14.10.2024. – Режим доступу: <https://www.unian.ua/lite/ogorod/chto-mozhno-klast-v-kompostnuyu-yamu-spisok-razreshennyh-othodov-12786126.html> (дата звернення: 02.12.2024).

46. Портільйо Г. Вермікультура: що це таке, значення та переваги в органічному землеробстві [Електронний ресурс] / Г. Портільйо // Website Renovables Verdes. – Дата оновлення: 13.10.2024. Режим доступу: <https://uk.renovablesverdes.com/вермикультура/> (дата звернення: 02.12.2024).

47. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник / Г. М. Господаренко. – Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2015. – 476 с.

48. Козбур Н. Вермикомпостування як перспективний напрям переробки органічних відходів [Електронний ресурс] / Н. Козбур // ECOBUSINESS. 13.06.2023. – Режим доступу: <https://ecolog-ua.com/articles/vermykompostuvannya-yak-perspektyvnyy-napryam-pererobky-organichnyh-vidhodiv> (дата звернення: 03.12.2024).

49. Шлапак М. Компостування у містах як шлях до скорочення викидів парникових газів. Аналітичний звіт / М. Шлапак // Zero Waste Lviv. – 8 с. – Режим доступу: https://zerowastelviv.org.ua/wp-content/uploads/2023/08/kompostuvannya-u-mistah-yak-shlyah-do-skorochennya-vykydiv-parnykovyuh-gaziv_small.pdf (дата звернення: 03.12.2024).

50. Карнаух Н. У Львові 99 % сміттєвих майданчиків обладнали контейнерами для органіки [Електронний ресурс] / Н. Карнаух, О. Данило // Суспільне Львів. 20.02.2022. – Режим доступу: <https://suspilne.media/lviv/208118-u-lvovi-99-smittevih-majdancikiv-obladnali-kontejnerami-dla-organiki/> (дата звернення: 03.12.2024).

51. Величко Н. Програма розвитку ООН запускає безкоштовне навчання із компостування органіки [Електронний ресурс] / Н. Величко // Mind.ua – незалежний журналістський бізнес-портал. 05.10.2021. – Режим доступу: <https://mind.ua/news/20231914-programa-rozvitku-oon-zapuskae-bezkoshtovne-navchannya-iz-kompostuvannya-organiki> (дата звернення: 03.12.2024).

52. Офіційний сайт Спілки «Громадські ініціативи України». – Режим доступу: <https://ngonetnetwork.org.ua/about/> (дата звернення: 03.12.2024).

53. Вертикальна ферма в джунглях: Міський інноватор у сфері екофермерства [Електронний ресурс] // Блог Agtecher. – Режим доступу: <https://agtecher.com/uk/product-uk/jungle-vertical-farm/> (дата звернення: 03.12.2024).

54. Наумова К. Органічні практики міського сільського господарства: збільшення біорізноманіття у містах [Електронний ресурс] / К. Наумова // Біо- Поле. 15.09.2024. – Режим доступу: https://www.biofield.com.ua/uk/statti/orhanichni-praktyky-miskoho-silskoho-hospodarstva-zbilshennya-bioriznomanittya-mistakh_960 (дата звернення: 04.12.2024).

55. На першій в Україні вертикальній фермі вирощують понад 25 найменувань зелені [Електронний ресурс] // Агро-Центр. 20.11.2020. – Режим доступу: <https://news.agro-center.com.ua/eco-farming/na-pershij-v-ukraini-vertikalnij-fermi-viroshhujut-ponad-25-najmenuvan-zeleni.html> (дата звернення: 04.12.2024).

56. Чучко Т. Як місто може компостувати органіку і виграти на цьому [Електронний ресурс] / Т. Чучко // Еколтава. 06.07.2020. – Режим доступу: <https://www.ekoltava.org/2020/07/06/yak-misto-mozhe-kompostuvaty-organiku-i-vygraty-na-tsom> (дата звернення: 04.12.2024).

57. Ефективне управління відходами [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/reformy/efektyvne-upravlinnya-vidhodamy/> (дата звернення: 04.12.2024).

58. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року [Електронний ресурс] : стратегія : [схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 року № 820- р] // Офіційний сайт Верховної Ради України – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text> (дата звернення: 04.12.2024).

59. Програма поводження з побутовими відходами «Розумне Довкілля. Хмельницький» на 2021-2023 роки [Електронний ресурс] : рішення № 22 затверджено головою Хмельницької міської ради від 25 листопада 2022 року // Офіційний сайт Хмельницької міської ради. – Режим доступу: <https://www.khm.gov.ua/uk/content/pro-prodovzhennya-terminu-diyi-ta-zatverdzhennya-u-noviy-redakciyi-programy-povodzhennya-z-1> (дата звернення 05.12.2024).

60. Гарматюк Н. Як працюватиме майбутній сміттєпереробний завод у Хмельницькому [Електронний ресурс] / Н. Гарматюк // Новини Хмельницького «Є». Дата оновлення: 22.01.2021. – Режим доступу: https://ye.ua/syspilstvo/52916_Yak_pracyivatime_maybutniy_smittyepererobniy_z_avod_u_Hmelnickomu.html (дата звернення 06.12.2024).

61. Когород А. Стратегія ЄС зі скорочення викидів метану: можливості для України [Електронний ресурс] / А. Когород, Ю. Огаренко, Р. Ніцович. – ГО «Діксі Груп», 2021. – 23 с. – Режим доступу: https://dixigroup.org/wp-content/uploads/2021/09/dixi_group_methane_policy_brief.pdf (дата звернення 06.12.2024).

62. Бойчук Ж. Проблему з хмельницьким сміттям треба вирішувати комплексно [Електронний ресурс] / Ж. Бойчук // Проскурів. 12.02.2024. – Режим доступу: <https://proskurivplus.km.ua/novyny/problemu-z-hmelnyczkum-smittyam-treba-vyrishuvaty-kompleksno/> (дата звернення 06.12.2024).

63. Шевчук К. У Хмельницькому рекультивуватимуть сміттєзвалище за 12,5 мільйонів євро [Електронний ресурс] / К. Шевчук, Н. Сідорова // Суспільне Хмельницький. 30.07.2024. – Режим доступу:

<https://suspilne.media/khmelnyskiy/802257-u-hmelnickomu-rekultivuvatimut-smittezvalise-za-125-miljoniv-evro/> (дата звернення 06.12.2024).

64. Програма поводження з твердими побутовими відходами [Електронний ресурс] : програма (№ 265-2004-п) : [затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 04.03.2004 р. № 265] // Офіційний сайт Верховної Ради України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/265-2004-п#Text> (дата звернення 06.12.2024).

65. Фищук Ю. Щодня на хмельницький полігон твердих побутових відходів комунальниці вивозять триста тонн сміття [Електронний ресурс] / Ю. Фищук // Суспільне Хмельницький. 20.08.2023. – Режим доступу: <https://suspilne.media/khmelnyskiy/552031-sodna-na-hmelnickij-poligon-tverdih-pobutovih-vidhodiv-komunalniki-vivozat-trista-ton-smitta/> (дата звернення 06.12.2024).

66. У Хмельницькому підписали угоду щодо рекультивації полігону твердих побутових відходів та будівництва нових карт для зберігання відходів [Електронний ресурс] // Сайт Європейської Бізнес Асоціації. 09.08.2024. – Режим доступу: <https://eba.com.ua/u-hmelnyskomu-pidpysaly-ugodu-shhodo-rekultyvatsiyi-poligonu-tverdyh-pobutovyh-vidhodiv-ta-budivnytstva-novyh-kart-dlya-zberigannya-vidhodiv/> (дата звернення 06.12.2024).

67. Береза А. Гуфі-центр у Хмельницькому відзначив свою першу річницю [Електронний ресурс] / А. Береза // Медіаграмотність у регіонах України. 24.10.2022. – Режим доступу: <https://milukraine.net/2022/10/gufi-szentr-v-hmelnyszkomu/> (дата звернення 06.12.2024).

68. Всеукраїнське дослідження РАЕВ-2024 «Громади і відходи»: презентовано результати [Електронний ресурс] // Сайт Офісу Сталих Рішень. – Режим доступу: <https://ukraine-oss.com/doslidzhennya-vseukrayinske-doslidzhennya-raew-2024-gromady-i-vidhody-prezentovano-rezultaty/> (дата звернення 06.12.2024).

69. Тренінг «Просто про відходи. Контекст Хмельницького» провели в «Гуфі-центрі» [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Хмельницької міської ради. – Дата оновлення: 15.10.2024. Режим доступу: <https://www.khm.gov.ua/uk/content/trening-prosto-pro-vidhody-kontekst-hmelnyuskogo-provely-v-gufi-centri> (дата звернення 06.12.2024).

70. Статистика погоди. Кліматичні дані за роками та місяцями [Електронний ресурс] // Метеопост. – Режим доступу: <https://meteopost.com/weather/climate/> (дата звернення: 7 груд. 2024).

ДОДАТОК А

(довідковий)

РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ РОБОТИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕПАРТАМЕНТ ГУМАНІТАРНОЇ ПОЛІТИКИ
ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСНОЇ ВІЙСЬКОВОЇ АДМІНІСТРАЦІЇ
КОМУНАЛЬНИЙ ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ
“ВІННИЦЬКА АКАДЕМІЯ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ОСВІТИ”



Випуск №3(36)

**НАУКОВИЙ
ВІСНИК**

“Vin Smart Eco”

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ ІІІ МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
18-20 ТРАВНЯ 2023 РОКУ

Вінниця

2023

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ I – СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ І ЦІЛІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ, РОЗРОБКА І ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ІННОВАЦІЙ У СИСТЕМІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ, РЕГІОНАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА ПОЛІТИКА. СТРАТЕГІЧНА ЕКОЛОГІЧНА ПОЛІТИКА, ЕКОЛОГІЧНИЙ ТУРИЗМ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

1.	Drebot Oksana, Vysochanska Mariya, Sakharatska Liudmyla. ECONOMIC CONDITION AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF BEEKEEPING IN UKRAINE	16
2.	Боголюбов В.М., Пустона С.О. ОСВІТА ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В КОНТЕКСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ УКРАЇНИ	18
3.	Вопкодав Г.М., Бельченко К.С. ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНО СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ	20
4.	Клименко А.В. ЕКОЛОГІЧНИЙ ПАРК ЯК ЧАСТИНА МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПРИКЛАДІ КИСВА	22
5.	Ліко Д.В., Портухай О.І., Кручко Г.Д. РАЦІОНАЛЬНЕ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ЯК УМОВА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД	25
6.	Мірошніна Н.Г., Висуляк О.О. ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА: ПЕРСПЕКТИВИ ТА ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ЗАПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ	27
7.	Палапа Н.В., Нагорнюк О.М., Устименко О.І., Говчар С.М. РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОГО ТУРИЗМУ В УКРАЇНІ: ПОЗИТИВНІ І НЕГАТИВНІ СТОРОНИ	29
8.	Прішвина А.М., Грицюк І.І. РОЛЬ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ У ЗБАЛАНСОВАНОМУ РОЗВИТКУ АГРОСФЕРИ В УМОВАХ УРБАНІЗАЦІЇ	32
9.	Райчук Л.А. НАУКОВІ ОСНОВИ РЕАБІЛІТАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ РАДІОАКТИВНО ЗАБРУДНЕНИМИ АГРОЛАНДШАФТАМИ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ ЗА СУЧАСНИХ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ В КОНТЕКСТІ "ЗЕЛеної" ЕКОНОМІКИ	34
10.	Сахненюк Н.М., Журавська Н.С., Белова А.І. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОЛОГІЧНО-ЕКОНОМІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ ІНФРАСТРУКТУРНИХ ПІДПРИЄМСТВ	37
11.	Серебряков В.В., Бабан В.В. НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ ПАРК "ЦЕНТРАЛЬНЕ ПОДІЛЛЯ": НЕОБХІДНІСТЬ ОБҐРУНТУВАННЯ І СТВОРЕННЯ	39
12.	Ситнікова І.О., Філіпчук Т.В., Москалик Г.Г., Лєгєта У.В. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ MISCANTHUS X GIGANTEUS В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	43
13.	Явнюк А.А., Гай А.С. ПРОБЛЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ	45
14.	Явнюк А.А., Палау А.О. ПРОБЛЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ВАРТОСТІ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ В УКРАЇНІ	47

що дозволить успішно вирощувати озимі пшеницю та жито, льон, картоплю, люпин, горох, гречку, конюшину і навіть цукрові буряки. На піщаних легких за гранулометричним складом ґрунтах доцільніше вирощувати озиме жито, вико-вівсяні та люпино-вівсяні сумішки, люпин, картоплю. Для збільшення забезпечення поліських ґрунтів органічною речовиною, з метою підвищення родючості, доречно у сівозміну вводити сидеральні люпинові пари, вирощувати проміжні культури, а також вносити більшу кількість гною [6].

Таблиця 2

**Еколого-агрохімічна оцінка ґрунтів сільськогосподарських угідь
Зарічненської селищної ОТГ**

Показники	Населені пункти Зарічненської селищної ОТГ					
	Борове	Вичівка	Дібрівськ	Кухігська Воля	Перекалля	Серники
Еколого-агрохімічна оцінка, бали	37	34	33	40	31	30
Вихід зернових одиниць, ц/га	15,2	13,9	13,5	16,4	12,7	12,3

Таким чином, для забезпечення переходу до сталого розвитку сільських та селищних об'єднаних територіальних громад необхідно здійснювати раціональне землекористування сільськогосподарськими угіддями зі застосуванням науково-обґрунтованої системи землеробства. Її важливою складовою є врахування ґрунтово-кліматичних умов, зокрема, еколого-агрохімічного стану ґрунтового покриву. Такий підхід дозволить розвивати рослинницьку галузь сільського господарства та не виснажувати земельні ресурси.

Список використаних джерел

1. Гігієнічні регламенти допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 1595 від 14.07.2020 Режим доступу: <https://bit.ly/3VKVVBt>.
2. Закон України «Про охорону навколишнього при-родного середовища» від 25 червня 1991 року. Відомості Верховної Ради України. 1991. № 41. С. 546. Режим доступу: <https://bit.ly/42SRzdV>.
3. Земельний кодекс України. Відомості Верховної Ради України (ВВР). 2002. № 3-4. С. 27. Режим доступу: <https://bit.ly/3nJd01Z>.
4. Національний атлас України. НАН України, Інститут географії, Державна служба геодезії, картографії та кадастру; Л. Г. Руденко (голов. ред.); голова . кол. Б. Є. Патон. К.: Державне науково-виробниче підприємство "Картографія", 2007. 435 с.
5. Радченко Г. Раціональне використання земель: поняття та зміст. Персонал. № 8/2005. С. 89-92. Режим доступу: <https://bit.ly/3VHgLa0>.
6. Смаглий О.Ф., Матвійчук Б.В. Особливості біологізації землеробства в Поліссі. Збірник наукових праць Національного наукового центру "Інститут землеробства УААН". 2008. Вип. 1. С. 20-33. Режим доступу: <https://bit.ly/3pmdETD>.

УДК 339.97:504.06

Міронова Н.Г., д. с.-г. н., професорка,
завідувачка кафедри екології та біологічної освіти,
Вакуляк О.О., магістрантка спеціальності "Екологія",
Хмельницький національний університет

**ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА: ПЕРСПЕКТИВИ ТА ІНСТРУМЕНТИ
ДЛЯ ЗАПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ**

Анотація. Розглянуто систему категоризації циркулярної економіки, що складається з чотирьох груп та 14 циркулярних категорій. Визначено інструменти підтримки переходу України до циркулярних економічних процесів та виробництва, а саме: стандарти, що підтримують циркулярну економіку, діджиталізація та відкриті дані.

Ключові слова: циркулярна економіка, цифровізація, відкриті дані.

Циркулярна економіка є одним з найбільш актуальних напрямів сучасного розвитку суспільства в контексті збалансованого розвитку та європейського зеленого курсу, оскільки базується на збереженні ресурсів та мінімізації відходів шляхом повторного використання продукції та матеріалів, їх відновленні та переробці. Такий підхід дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля та підвищити ефективність використання ресурсів.

На сьогодні питанням розвитку та реалізації циркулярної економіки приділяється значна увага, зокрема це дослідження Світового банку [1], Європейської економічної комісії ООН [2], закордонних та вітчизняних вчених. На базі широких досліджень була запропонована система категоризації циркулярної економіки, що складається з 4 груп і містять 14 циркулярних категорій [3].

Група 1 – Циркулярні моделі проектування та виробництва (циркулярний дизайн).

1.1. Розробка й виробництво продуктів і активів, які забезпечують циркулярну економіку та стратегії:

- підвищення ефективності використання ресурсів, довговічності, функціональності, модульності, можливості оновлення, легкості розбирання та ремонту;

- використання матеріалів, які підлягають переробці або компостуванню.

1.2. Розробка та впровадження технологічних процесів, які забезпечують циркулярність економічної стратегії.

1.3. Розробка та стале виробництво нових матеріалів (включаючи біологічні матеріали), які придатні для повторного використання, переробки або компостування.

1.4. Заміна або значне зменшення кількості небезпечних речовин у матеріалах і продуктах для реалізації стратегій циркулярної економіки.

1.5. Заміна первинних матеріалів вторинною сировиною.

Група 2 – Моделі циклічного використання.

2.1. Повторне використання, ремонт, модернізація, репрофілювання.

2.2. Реконструкція та збільшення терміну експлуатації.

2.3. Моделі продукту як послуги повторного використання та/або спільного використання, зокрема на основі лізингу, платного користування, передплати або депозиту, які в цілому забезпечують циркулярну економіку.

2.4. Реабілітація деградованих земель для повернення до корисного стану та відновлення закладених територій.

Група 3 – Циркулярні моделі відновлення вартості.

3.1. Окремий збір і зворотна логістика відходів, а також побічних продуктів, деталей та матеріалів, що забезпечують циркулярні стратегії збереження та відновлення вартості.

3.2. Відновлення матеріалів із відходів у рамках підготовки до циклічного збереження вартості та стратегії відновлення (за винятком вихідної сировини, описаної в п. 3.3).

3.3. Відновлення та використання відходів і залишків біомаси продуктів харчування, кормів, поживних речовин, добрив, біоматеріалів або хімічної сировини.

3.4. Повторне використання/переробка стічних вод.

Група 4 – Циркулярна підтримка.

4.1 Розробка/впровадження інструментів, застосунків і послуг, що забезпечують циркулярність економічної стратегії.

Циркулярні категорії перших трьох груп мають забезпечуватися реалізацією нового політичного зеленого курсу, розробкою нових технічних та технологічних рішень, а також впровадженням у практику інструментів, що підтримують циркулярні рішення.

Україна декларує про підтримку курсу відмови від лінійної економіки та запуск механізмів циркулярної моделі економіки, проте порівняно з європейськими країнами, цей процес не відбувається швидко, особливо в умовах боротьби з агресією російської федерації. Для його прискорення, що особливо буде необхідно в період повоєнної відбудови країни, потрібно вже сьогодні розробляти та впроваджувати інструменти підтримки переходу України до циркулярних економічних процесів та виробництва.

До таких ми відносимо: 1) розробку та впровадження стандартів щодо циркулярності продукції у різних галузях виробництва; 2) цифровізацію циркулярних процесів; 3) відкриті дані, як інструмент для аналізу та прийняття визначених управлінських рішень.

Розробка та реалізація політики у галузі циркулярної економіки й формування бізнес-моделей має ґрунтуватися на імплементації та використанні технічних стандартів, які на цей час відсутні в українському нормативно-правовому полі. На сьогодні такі стандарти розроблено міжнародною організацією ISO, європейськими органами стандартизації, у тому числі галузевими. Поряд із загальними стандартами, є такі, що розроблені для конкретних груп активів, зокрема це відноситься до інформаційно-комунікаційних технологій. Саме ця галузь формує великий інтерес, оскільки характеризується більш коротким циклом життя продукції через швидкий розвиток технологій. У зв'язку з цим, з метою імплементації основ циркулярної економіки рекомендується прийняття стандартів:

- серії ISO 59000, вони покликані гармонізувати розуміння циклічної економіки, забезпечити підтримку її впровадження та вимірювання, а також підтримку організацій у здійсненні переходу до економіки замкнутого циклу, зокрема це стандарти;

- стандарти ETSI TS 105 174-8 Series (ETSI TR 103 476 V1.1.2 (2018-02)) – Інженерія навколишнього середовища (EE); Циркулярна економіка (ЦЕ) в інформаційно-комунікаційних технологіях (ІКТ); Визначення підходів, понять і метрик – Технічний звіт для товарів інфраструктури ІКТ.

Для підтримки сталих циркулярних рішень необхідно забезпечувати простежуваність матеріалів та активів, починаючи з виробництва, і завершуючи переробкою (відновленням, утилізацією) використаного продукту. Бізнес-структури, так само як і споживачі, мають право знати, як вироблялась сировина для продукції, яким чином і як продукт, в якого завершився життєвий цикл, можна буде відновити/повторно використати/утилізувати. Такі процеси мають бути орієнтовані на створення платформ баз даних, де буде зафіксована вся вище вказана інформація.

Відкриті дані є важливою складовою аналітичної бази для прийняття виважених рішень щодо реалізації процесів у циркулярній економіці. Представлення їх у форматі відкритих даних надасть можливість багатьом стейкхолдерам, а саме виробникам, споживачам, органам виконавчої влади різних рівнів отримувати, аналізувати та моделювати процеси циркулярності. Формування бази даних на сьогодні здійснюється практично єдиним шляхом – поданням статистичних звітів. Тому для отримання релевантних даних, за допомогою яких можна буде адекватно оцінювати щорічні зміни циркулярності процесів, необхідно розширити охоплення статистикою позицій, що стосуються, у першу чергу, 3 «R» – Reduce, Reuse, Recycle.

Список використаних джерел

1. The World Bank. 2022. Squaring the Circle: Policies from Europe's Circular Economy Transition. [World Bank Document](#).
2. European commission. 2020. A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe.
3. European commission. 2020. Categorisation system for the circular economy.

УДК: 338.48

Палапа Н.В., д. с.-г. н., с.н.с., завідувач сектора розвитку сільських територій

Нагорнюк О.М., к. с.-г. н., доцент, ст. н. сп. сектора розвитку сільських територій,

Устименко О.І., к. с.-г. н., директор, Дослідна станція лікарських рослин

Гончар С.М., аспірантка, Інститут агроекології і природокористування НААН

РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОГО ТУРИЗМУ В УКРАЇНІ: ПОЗИТИВНІ ТА НЕГАТИВНІ СТОРОНИ

Анотація. Висвітлено розвиток екологічного туризму в Україні. Опрацювання літературних джерел дозволило виявити позитивні і негативні сторони екологічного туризму, передусім його вплив на природоохоронні території, на рослинний і тваринний світ дикої природи.

Ключові слова: природоохоронні території, екологічний туризм, вплив на дикої природу.