МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Зав. кафедрою екології
доц._____Вікторія КАЦЕВИЧ
«_____» грудня 2025р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «магістр»

на тему: **«Порівняльний екологічний аналіз сучасних технологій переробки органічних відходів в Україні»**

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу,
групи МгЕ-1-24 спеціальності
101 «Екологія»
_____ Дмитро ЛЕЩЕНКО

Керівник _____ ст. викл. Олена КАРАСЬ

Рецензент _____

Дніпро – 2025 рік

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Водогосподарської інженерії та екології
Кафедра: Екології
Освітньо-професійна програма: «Екологія»
Спеціальність: 101 «Екологія»
Ступінь вищої освіти: Магістр

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедрою екології
_____Вікторія КАЦЕВИЧ
«_____»_____2025 р.

З А В Д А Н Н Я

на підготовку кваліфікаційної роботи

Лещенку Дмитру Геннадійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Порівняльний екологічний аналіз сучасних технологій переробки органічних відходів в Україні»

Науковий керівник Карась О.Г., к.б.н., ст. викладачка

затверджена наказом по ДДАЕУ від «15» жовтня 2025 р. № 3074

2. Термін подання здобувачем роботи: 16.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Нормативно-правові документи з питань управління відходами та поводження з органічними відходами в Україні, статистичні дані, наукові та довідкові матеріали

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): 1. Теоретичні основи переробки органічних відходів. 2. Сучасний стан та особливості впровадження технологій переробки органічних відходів в Україні. 3. Порівняльний екологічний аналіз сучасних технологій переробки органічних відходів. 4. Оцінка ефективності та перспективи розвитку технологій переробки органічних відходів в Україні. 5. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Презентація в Power Point (актуальність, мета, об'єкт, предмет та задачі досліджень, отримані результати, висновки та

рекомендації).

6. Дата видачі завдання: «15» жовтня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.10.2025 р. – 17.10.2025 р.	виконано
2	Теоретичні основи переробки органічних відходів	20.10.2025 р. – 31.10.2025 р.	виконано
3	Сучасний стан та особливості впровадження технологій переробки органічних відходів в Україні	03.11.2025 р. – 14.11.2025 р.	виконано
4	Порівняльний екологічний аналіз сучасних технологій переробки органічних відходів	03.11.2025 р. – 14.11.2025 р.	виконано
5	Оцінка ефективності та перспективи розвитку технологій переробки органічних відходів в Україні	17.11.2025 р. – 28.11.2025 р.	виконано
6	Охорона праці	28.11.2025 р. – 3.12.2025 р.	виконано
7	Висновки Список використаних джерел	3.12.2025 р. – 10.12.2025 р.	виконано

Здобувач (ка) _____ Дмитро ЛЕЩЕНКО
(підпис) (Ім’я та прізвище)

Керівник роботи _____ Олена КАРАСЬ
(підпис) (Ім’я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота виконана на 57 сторінках, містить 3 рисунки, 3 таблиці і 36 використаних джерел літератури.

Мета роботи - провести порівняльний екологічний аналіз сучасних технологій переробки органічних відходів та обґрунтувати доцільність їх застосування в Україні з урахуванням екологічних, ресурсних та соціально-економічних чинників.

Для досягнення поставленої мети у роботі передбачено вирішення таких *завдань:*

- проаналізувати поняття, склад та класифікацію органічних відходів;
- оцінити екологічні наслідки їх накопичення та неналежного поводження;
- дослідити сучасні технології переробки органічних відходів та особливості їх впровадження в Україні;
- провести порівняльний екологічний аналіз основних технологій за визначеними критеріями;
- оцінити ефективність та перспективи розвитку системи переробки органічних відходів;
- розробити рекомендації щодо вдосконалення управління органічними відходами в Україні.

Об'єкт дослідження – система управління органічними відходами.

Предметом дослідження – екологічні характеристики та наслідки застосування сучасних технологій переробки органічних відходів.

Ключові слова: органічні відходи, управління відходами, технології переробки органічних відходів, сталий розвиток, циркулярна економіка.

ЗМІСТ

	ВСТУП	6
1	ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ	9
1.1	Поняття, склад і класифікація органічних відходів	9
1.2	Екологічні наслідки накопичення органічних відходів	11
1.3	Сучасні підходи та технології переробки органічних відходів	13
1.4	Закордонний досвід управління органічними відходами	16
2	СУЧАСНИЙ СТАН ТА ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ	19
2.1	Нормативно-правове регулювання у сфері поводження з органічними відходами в Україні	19
2.2	Аналіз сучасного стану системи переробки органічних відходів	22
2.3	Характеристика основних технологій переробки органічних відходів, що застосовуються в Україні	25
2.4	Екологічні та ресурсні показники функціонування технологій переробки органічних відходів	29
3	ПОРІВНЯЛЬНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ	32
3.1	Методика проведення порівняльного екологічного аналізу	32
3.2	Порівняння впливу технологій переробки органічних відходів на довкілля	34
3.3	Аналіз викидів парникових газів та вторинного забруднення	36
3.4	SWOT-аналіз технологій переробки органічних відходів	38
4	ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ	41
4.1	Екологічна та економічна ефективність впровадження сучасних технологій	41
4.2	Проблеми та обмеження розвитку переробки органічних відходів	43
4.3	Рекомендації щодо вдосконалення системи переробки органічних відходів в Україні	45
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	47
5.1	Загальні положення з охорони праці	47
5.2	Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів	48
5.3	Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці	49
5.4	Пожежна безпека та дії у надзвичайних ситуаціях	51
	ВИСНОВКИ	54

	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	57

ВСТУП

У сучасних умовах глобалізації та зростання антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище проблема поводження з відходами набуває особливої актуальності. Однією з найбільш складних і водночас перспективних складових цієї проблеми є управління органічними відходами, обсяги утворення яких щороку зростають унаслідок розвитку агропромислового комплексу, харчової промисловості, комунального господарства та підвищення рівня споживання населення. Неефективне поводження з органічними відходами призводить до забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря, а також сприяє утворенню парникових газів і погіршенню санітарно-епідеміологічної ситуації [1].

В Україні проблема переробки органічних відходів залишається недостатньо вирішеною. Значна частина таких відходів і надалі захоронюється на полігонах твердих побутових відходів або зберігається без належного екологічного контролю, що суперечить принципам сталого розвитку та сучасним європейським підходам до управління відходами. У той же час органічні відходи є цінним вторинним ресурсом, який за умови застосування ефективних технологій переробки може бути використаний для отримання енергії, органічних добрив та інших корисних продуктів.

Сучасна наука та практика пропонують широкий спектр технологій переробки органічних відходів, зокрема компостування, анаеробне зброджування з отриманням біогазу, біоконверсію, а також термічні методи переробки. Кожна з цих технологій має свої екологічні, економічні та

технологічні особливості, рівень впливу на довкілля та перспективи впровадження в умовах України. Саме тому виникає необхідність у проведенні комплексного порівняльного екологічного аналізу сучасних технологій переробки органічних відходів з урахуванням національних умов, законодавчих вимог і екологічних пріоритетів [1].

Актуальність даної кваліфікаційної роботи зумовлена потребою у науково обґрунтованому виборі найбільш екологічно безпечних і ефективних технологій переробки органічних відходів, що сприятиме зменшенню негативного впливу на довкілля, підвищенню рівня ресурсоефективності та переходу України до принципів циркулярної економіки.

Метою кваліфікаційної роботи є проведення порівняльного екологічного аналізу сучасних технологій переробки органічних відходів та обґрунтування доцільності їх застосування в Україні з урахуванням екологічних, ресурсних та соціально-економічних чинників.

Для досягнення поставленої мети у роботі передбачено вирішення таких **завдань**:

- проаналізувати поняття, склад та класифікацію органічних відходів;
- оцінити екологічні наслідки їх накопичення та неналежного поводження;
- дослідити сучасні технології переробки органічних відходів та особливості їх впровадження в Україні;
- провести порівняльний екологічний аналіз основних технологій за визначеними критеріями;
- оцінити ефективність та перспективи розвитку системи переробки органічних відходів;
- розробити рекомендації щодо вдосконалення управління органічними відходами в Україні.

Об’єктом дослідження є система управління органічними відходами.

Предметом дослідження є екологічні характеристики та наслідки застосування сучасних технологій переробки органічних відходів.

У процесі виконання кваліфікаційної роботи використано загальнонаукові та спеціальні методи дослідження, зокрема аналіз і синтез, порівняння, системний підхід, статистичний аналіз, а також методи екологічної оцінки та узагальнення матеріалів наукових і нормативно-правових джерел.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання для обґрунтування екологічно доцільних рішень у сфері переробки органічних відходів, а також у навчальному процесі та діяльності органів місцевого самоврядування й підприємств, що працюють у сфері управління відходами.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

1.1 Поняття, склад і класифікація органічних відходів

У процесі розвитку сучасного суспільства та інтенсифікації господарської діяльності обсяги утворення відходів постійно зростають, що зумовлює підвищення антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище. Особливе місце у структурі відходів займають органічні відходи, які, з одного боку, є джерелом потенційної екологічної небезпеки, а з іншого — становлять цінний ресурс для вторинного використання за умови впровадження ефективних технологій переробки [2].

Під органічними відходами розуміють відходи біологічного походження, що складаються переважно з органічних речовин рослинного або тваринного походження та здатні до природного або керованого біологічного розкладання. До їх складу входять різноманітні сполуки вуглецю, водню, кисню й азоту, а також інші біогенні елементи, які беруть участь у біогеохімічних циклах речовин. Саме здатність до біодеградації визначає специфіку екологічного впливу органічних відходів і можливості їх подальшої переробки [2].

Органічні відходи характеризуються складною та динамічною структурою, що значною мірою залежить від джерел їх утворення, умов зберігання та впливу зовнішніх факторів. У їх складі переважають вуглеводи, білки та жири, які у процесі розкладання за участю мікроорганізмів трансформуються у простіші сполуки. Високий вміст вологи, який часто перевищує 60–70 %, зумовлює інтенсивний перебіг мікробіологічних

процесів і сприяє швидкому розкладанню таких відходів. Водночас саме ці особливості є причиною утворення неприємних запахів, виділення парникових газів і формування фільтрату, що може негативно впливати на ґрунти та водні об’єкти.

За відсутності належної системи управління органічні відходи стають джерелом суттєвого екологічного навантаження. У процесі їх неконтрольованого розкладання відбувається виділення метану, діоксиду вуглецю, аміаку та сірководню, що погіршує якість атмосферного повітря та сприяє зміні клімату. Крім того, продукти розкладання можуть проникати у ґрунт і підземні води, створюючи загрозу для екосистем і здоров’я населення. Саме тому органічні відходи потребують особливої уваги з боку екологічної науки та практики [3].

З метою систематизації та вибору оптимальних методів переробки органічні відходи класифікують за різними ознаками, серед яких найбільш поширеною є класифікація за джерелами утворення. До побутових органічних відходів відносять харчові залишки та інші біологічні компоненти, що утворюються у домогосподарствах. Вони відзначаються високою біологічною активністю та швидким розкладанням, що потребує оперативного збирання і переробки.

Значну частку органічних відходів становлять сільськогосподарські відходи, до яких належать рослинні рештки, гній та відходи тваринництва. Ця категорія має високий потенціал для отримання біоенергії та органічних добрив, що робить її важливим елементом сталого розвитку аграрного сектору. Відходи харчової та переробної промисловості, які утворюються на підприємствах різних галузей, також характеризуються високим вмістом органічних речовин, проте потребують суворого дотримання санітарних та екологічних вимог [3].

Окрему групу становлять садово-паркові та зелені відходи, які мають переважно рослинне походження та добре піддаються біологічним методам

переробки, зокрема компостуванню. Їх утворення має сезонний характер, що також впливає на організацію системи поводження з такими відходами.

Окрім походження, органічні відходи класифікують за ступенем біологічної розкладності. Легкорозкладні відходи швидко піддаються мікробіологічним процесам, тоді як важкорозкладні потребують тривалішого часу або спеціальних технологічних умов для переробки. Такий поділ має практичне значення при виборі технологій утилізації та оцінці їх екологічної ефективності.

Отже, органічні відходи є багатокомпонентною та різнорідною групою відходів, яка поєднує в собі як потенційні екологічні ризики, так і значні можливості для ресурсного відновлення. Розуміння їх природи, складу та класифікаційних ознак є необхідною теоретичною основою для подальшого аналізу сучасних технологій переробки та оцінки їх екологічної доцільності, що стане предметом розгляду в наступних підрозділах даної кваліфікаційної роботи [3].

1.2 Екологічні наслідки накопичення органічних відходів

Накопичення органічних відходів є однією з найбільш суттєвих екологічних проблем сучасного суспільства, оскільки безпосередньо впливає на стан основних компонентів навколишнього природного середовища. За умов відсутності ефективної системи збирання, переробки та утилізації органічні відходи швидко трансформуються з потенційного ресурсу у джерело екологічної небезпеки. Особливо гостро ця проблема проявляється в урбанізованих та аграрних регіонах, де обсяги утворення таких відходів є найбільшими [4].

Одним із ключових негативних наслідків накопичення органічних відходів є забруднення атмосферного повітря. У процесі біологічного

розкладання органічних речовин, особливо за анаеробних умов, відбувається утворення метану та діоксиду вуглецю — основних парникових газів, що сприяють посиленню глобальних кліматичних змін. Крім того, виділяються аміак, сірководень та леткі органічні сполуки, які погіршують якість повітря, викликають неприємні запахи та негативно впливають на здоров'я населення, зокрема спричиняють подразнення дихальних шляхів і алергічні реакції.

Не менш значущим є вплив органічних відходів на ґрунтове середовище. При їх накопиченні на полігонах або несанкціонованих звалищах утворюється фільтрат — рідина, насичена органічними речовинами, солями, важкими металами та мікроорганізмами. Проникаючи у ґрунт, фільтрат призводить до порушення його фізико-хімічних властивостей, зниження родючості та накопичення токсичних компонентів. У довгостроковій перспективі це може спричинити деградацію земель та обмеження їх подальшого господарського використання [4].

Суттєвою проблемою є також забруднення поверхневих і підземних вод. Фільтрат, що утворюється внаслідок розкладання органічних відходів, може мігрувати у водоносні горизонти або потрапляти у річки й водойми разом із поверхневим стоком. Це призводить до підвищення концентрації біогенних елементів, зокрема азоту та фосфору, що сприяє евтрофікації водних екосистем. Наслідками таких процесів є «цвітіння» води, зниження вмісту розчиненого кисню, загибель гідробіонтів та погіршення якості питної води.

Окрім фізико-хімічного забруднення, накопичення органічних відходів супроводжується біологічними та санітарно-епідеміологічними ризиками. Органічні відходи є сприятливим середовищем для розвитку патогенних мікроорганізмів, паразитів та переносників інфекційних захворювань, таких як гризуни та комахи. За відсутності належного санітарного контролю це створює загрозу поширення захворювань і погіршення санітарного стану населених пунктів [4].

Важливим аспектом є також соціально-економічний вплив накопичення органічних відходів. Забруднення довкілля, неприємні запахи та погіршення

естетичного вигляду територій знижують якість життя населення, негативно впливають на туристичну привабливість регіонів та спричиняють додаткові витрати на ліквідацію наслідків забруднення. У той же час відсутність системи переробки органічних відходів призводить до втрати потенційних ресурсів, зокрема енергії та органічних добрив [5].

Таким чином, накопичення органічних відходів має комплексний негативний вплив на атмосферне повітря, ґрунти, водні ресурси та здоров'я населення. Ці наслідки підкреслюють необхідність переходу від традиційних методів захоронення відходів до сучасних технологій їх переробки та утилізації, орієнтованих на мінімізацію екологічних ризиків і максимальне використання ресурсного потенціалу органічної фракції відходів. Саме аналіз таких технологій і їх екологічної ефективності є предметом подальшого розгляду в цій кваліфікаційній роботі.

1.3 Сучасні підходи та технології переробки органічних відходів

Сучасні підходи до переробки органічних відходів формуються під впливом концепції сталого розвитку та принципів циркулярної економіки, відповідно до яких відходи розглядаються не лише як екологічна проблема, а як потенційне джерело вторинних ресурсів і енергії. У цьому контексті основною метою управління органічними відходами є мінімізація їх негативного впливу на довкілля, зменшення обсягів захоронення та максимальне залучення органічної фракції до повторного використання [6].

У міжнародній та вітчизняній практиці все більшого поширення набуває ієрархічний підхід до поводження з відходами, який передбачає пріоритетність запобігання утворенню відходів, їх повторного використання та переробки над захороненням. Для органічних відходів це означає впровадження біологічних і біотехнологічних методів, що ґрунтуються на

природних процесах розкладання органічної речовини з отриманням корисних продуктів (рис. 1.1).

Рисунок 1.1 - Основні технології переробки органічних відходів

Як показано на рисунку 1.1, сучасні технології переробки органічних відходів забезпечують отримання органічних добрив та енергетичних ресурсів.

Однією з найпоширеніших технологій переробки органічних відходів є компостування, яке базується на аеробному біологічному розкладанні органічної сировини під дією мікроорганізмів. У результаті цього процесу утворюється компост — стабілізований органічний матеріал, який може використовуватися як ґрунтополіпшувач або органічне добриво. Компостування вважається екологічно безпечним і відносно простим методом переробки, однак його ефективність значною мірою залежить від дотримання технологічних параметрів, таких як вологість, температура, аерація та співвідношення вуглецю й азоту. За порушення цих умов можливе утворення неприємних запахів та зниження якості кінцевого продукту [6].

Іншим перспективним напрямом є анаеробне зброджування органічних відходів, або біогазова технологія, яка передбачає розкладання органічної речовини без доступу кисню. У ході цього процесу утворюється біогаз, що складається переважно з метану та діоксиду вуглецю і може використовуватися як відновлюване джерело енергії. Побічним продуктом є дигестат, який, після відповідної обробки, може застосовуватися як органічне добриво. Анаеробне зброджування має значні переваги з точки зору скорочення викидів парникових газів та енергетичної ефективності, проте потребує значних капіталовкладень і високого рівня технологічного контролю.

Окрему групу становлять біотехнологічні методи переробки органічних відходів, зокрема біоконверсія із використанням мікроорганізмів, грибів або безхребетних тварин. Прикладом такого підходу є вермикомпостування, у процесі якого органічні відходи переробляються за участю дощових черв’яків. У результаті утворюється високоякісний біогумус, який характеризується високим вмістом поживних речовин і біологічною активністю. Ці методи є екологічно безпечними, але мають обмеження щодо масштабування та потребують ретельного контролю умов утримання біоагентів [7].

У деяких випадках для переробки органічних відходів застосовують термічні технології, такі як піроліз або газифікація. Вони передбачають термічний розклад органічної речовини за високих температур з утворенням газоподібних, рідких або твердих продуктів, які можуть використовуватися як паливо або сировина. Хоча такі технології дозволяють значно зменшити обсяг відходів, їх застосування супроводжується підвищеними вимогами до очищення викидів і контролю за екологічною безпекою, що обмежує їх використання для певних видів органічної сировини.

Вибір конкретної технології переробки органічних відходів залежить від багатьох факторів, зокрема складу відходів, масштабів їх утворення, наявної інфраструктури, економічної доцільності та екологічних вимог. У

сучасних умовах найбільш ефективним вважається комбінований підхід, який передбачає поєднання кількох технологій з метою досягнення максимального екологічного та ресурсного ефекту [7].

Таким чином, сучасні підходи до переробки органічних відходів ґрунтуються на використанні біологічних і біотехнологічних процесів, що дозволяють зменшити негативний вплив на довкілля та перетворити органічні відходи на корисні продукти. Різноманіття існуючих технологій створює передумови для їх порівняльного аналізу з метою визначення найбільш екологічно доцільних рішень, що і буде здійснено у наступних розділах даної кваліфікаційної роботи.

1.4 Закордонний досвід управління органічними відходами

Досвід зарубіжних країн у сфері управління та переробки органічних відходів свідчить про те, що ефективне вирішення цієї проблеми можливе лише за умови комплексного підходу, який поєднує законодавче регулювання, економічні стимули, розвинену інфраструктуру та екологічну свідомість населення. У багатьох країнах світу органічні відходи розглядаються не як тягар для довкілля, а як важливий елемент циркулярної економіки, що забезпечує повернення ресурсів у господарський обіг [8].

Особливу увагу питанням переробки органічних відходів приділяють країни Європейського Союзу, де діє чітка ієрархія поводження з відходами та впроваджено обов’язкове роздільне збирання біологічної фракції. У більшості країн ЄС органічні відходи вилучаються з потоку змішаних відходів і спрямовуються на біологічну переробку. Широкого поширення набули системи централізованого компостування та анаеробного зброджування, які дозволяють значно зменшити обсяги захоронення відходів і скоротити викиди парникових газів.

У Німеччині, Австрії та Нідерландах управління органічними відходами ґрунтується на принципі обов’язкового сортування та відповідальності муніципалітетів за організацію збору і переробки біовідходів. У цих країнах функціонують тисячі компостувальних і біогазових установок, які забезпечують виробництво відновлюваної енергії та органічних добрив. Важливою складовою є суворий контроль якості компосту та дигестату, що гарантує їх безпечне використання в сільському господарстві [8].

Скандинавські країни характеризуються високим рівнем інтеграції переробки органічних відходів у загальну систему енергозабезпечення. Зокрема, у Швеції та Данії біогаз, отриманий з органічних відходів, активно використовується як паливо для громадського транспорту та опалення. Такий підхід дозволяє одночасно вирішувати екологічні та енергетичні завдання, зменшуючи залежність від викопних видів палива.

Цікавим є досвід Японії, де переробка органічних відходів поєднується з високим рівнем технологічності та жорсткими екологічними стандартами. Тут широко застосовуються як біологічні, так і термічні методи переробки з обов’язковим очищенням викидів і повторним використанням енергії. Водночас значна увага приділяється мінімізації утворення відходів на етапі виробництва та споживання [9].

У США система управління органічними відходами має децентралізований характер і значною мірою залежить від політики окремих штатів. У деяких регіонах, зокрема в Каліфорнії, діють програми обов’язкового відокремлення органічної фракції та її спрямування на компостування або біогазові установки. Водночас активно розвиваються інноваційні технології переробки харчових відходів, орієнтовані на зменшення впливу на довкілля та отримання доданої вартості.

Загальним для більшості розвинених країн є поєднання технічних рішень з економічними та освітніми інструментами. Фінансові стимули, зокрема податкові пільги, «зелені» тарифи та плата за захоронення відходів,

відіграють важливу роль у стимулюванні переробки органічних відходів. Не менш значущим є підвищення рівня екологічної культури населення, що сприяє ефективному роздільному збиранню та зменшенню обсягів утворення відходів [9].

Таким чином, зарубіжний досвід управління та переробки органічних відходів демонструє ефективність системного підходу, заснованого на поєднанні законодавчого регулювання, сучасних технологій та участі суспільства. Аналіз цих практик є важливим для формування національної стратегії управління органічними відходами в Україні та адаптації найбільш успішних моделей до вітчизняних соціально-економічних і екологічних умов.

2 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ

2.1 Нормативно-правове регулювання у сфері поводження з органічними відходами в Україні

Нормативно-правове регулювання у сфері поводження з відходами в Україні є важливою складовою державної екологічної політики та спрямоване на забезпечення екологічної безпеки, раціональне використання природних ресурсів і мінімізацію негативного впливу відходів на довкілля та здоров’я населення. Органічні відходи як значна за обсягами та екологічно активна складова загального потоку відходів потребують чіткого правового врегулювання з урахуванням їх специфіки та потенціалу для вторинного використання [10].

Базовим законодавчим актом у сфері поводження з відходами є Закон України «Про управління відходами», який набув чинності у 2023 році та замінив попередній Закон України «Про відходи». Цей нормативно-правовий акт імплементує основні положення директив Європейського Союзу та закріплює сучасний підхід до управління відходами, заснований на принципах ієрархії поводження з відходами, розширеної відповідальності виробника та циркулярної економіки. У межах цього закону органічні відходи визначаються як частина біовідходів, що підлягають окремому збиранню та переробці.

Відповідно до законодавства, пріоритетними напрямами поводження з органічними відходами є запобігання їх утворенню, підготовка до

повторного використання, рециклінг та інші види відновлення, зокрема отримання енергії. Захоронення органічних відходів розглядається як найменш бажаний варіант і має поступово обмежуватися. Законодавчо передбачено поетапне впровадження роздільного збирання біовідходів, що створює передумови для розвитку інфраструктури компостування та анаеробного зброджування [11].

Важливу роль у регулюванні сфери поводження з органічними відходами відіграють підзаконні нормативно-правові акти, зокрема державні стратегії, плани та програми. Ключовим документом є Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року, яка визначає стратегічні цілі та завдання у сфері зменшення обсягів захоронення відходів, розвитку системи переробки та впровадження сучасних екологічно безпечних технологій. У межах цієї стратегії органічні відходи розглядаються як один із пріоритетних напрямів для розвитку біологічної переробки.

Окреме місце займають державні та регіональні плани управління відходами, які розробляються з урахуванням територіальних особливостей утворення та накопичення відходів. Такі документи передбачають створення об’єктів для переробки органічної фракції відходів, зокрема компостувальних майданчиків і біогазових установок, а також визначають механізми фінансування відповідних заходів [12].

Санітарно-епідеміологічні вимоги до поводження з органічними відходами регламентуються нормативами у сфері охорони здоров’я та екологічної безпеки. Вони встановлюють правила збирання, зберігання, транспортування та переробки органічних відходів з метою запобігання поширенню інфекційних захворювань і мінімізації негативного впливу на населення. Особлива увага приділяється контролю за об’єктами переробки органічних відходів та якістю продуктів, отриманих у результаті їх переробки, зокрема компосту і дигестату.

Важливим аспектом нормативно-правового регулювання є також гармонізація законодавства України з правом Європейського Союзу. У

рамках виконання Угоди про асоціацію між Україною та ЄС поступово впроваджуються вимоги директив ЄС, що стосуються управління біовідходами, скорочення захоронення органічної фракції та розвитку відновлюваної енергетики. Це створює правові передумови для запровадження сучасних екологічних стандартів і стимулює інвестиції у сферу переробки органічних відходів [13].

Таким чином, нормативно-правове регулювання у сфері поводження з органічними відходами в Україні перебуває на етапі активного реформування та поступового наближення до європейських стандартів. Створена законодавча база формує необхідні умови для розвитку системи роздільного збирання та переробки органічних відходів, однак її ефективна реалізація потребує подальшого вдосконалення механізмів контролю, фінансування та практичного впровадження на регіональному і місцевому рівнях (рис. 2.1).

Рисунок 2.1 - Система нормативно-правового регулювання управління органічними відходами в Україні

2.2 Аналіз сучасного стану системи переробки органічних відходів

Сучасний стан системи переробки органічних відходів в Україні характеризується поєднанням поступових позитивних змін та наявністю системних проблем, що стримують розвиток цієї сфери. Незважаючи на реформування нормативно-правової бази та декларування переходу до європейських стандартів управління відходами, практична реалізація заходів з переробки органічної фракції відходів залишається обмеженою [14].

Органічні відходи становлять значну частку у загальному обсязі твердих побутових відходів, що утворюються в Україні. За оцінками фахівців, біологічна фракція може складати від 40 до 60 % маси побутових відходів, залежно від типу населеного пункту та рівня споживання. Водночас переважна більшість органічних відходів і надалі потрапляє на полігони разом із змішаними відходами, що призводить до їх неконтрольованого розкладання та утворення значних обсягів парникових газів і фільтрату.

Система роздільного збирання органічних відходів в Україні перебуває на початковій стадії розвитку. У більшості населених пунктів відсутні спеціалізовані контейнери для біовідходів, а роздільний збір обмежується окремими пілотними проєктами або ініціативами місцевих громад. Низький рівень екологічної обізнаності населення та недостатня інфраструктурна забезпеченість ускладнюють впровадження ефективної системи відокремлення органічної фракції відходів [15].

На промисловому та аграрному рівнях ситуація є дещо кращою. В Україні функціонують окремі об’єкти з переробки органічних відходів, зокрема біогазові установки на тваринницьких комплексах, підприємствах харчової промисловості та очисних спорудах. Такі об’єкти дозволяють переробляти гній, харчові залишки та осади стічних вод з отриманням біогазу

і дигестату. Проте їх кількість залишається недостатньою для суттєвого впливу на загальнодержавний рівень переробки органічних відходів.

Компостування як один із найбільш доступних методів переробки органічних відходів використовується обмежено та переважно на локальному рівні. У деяких містах та громадах створюються компостувальні майданчики для переробки зелених відходів, однак ці ініціативи мають фрагментарний характер і не охоплюють побутові харчові відходи у повному обсязі. Відсутність стабільного ринку збуту компосту та чітких стандартів якості також стримує розвиток цього напряму [16].

Важливим чинником, що впливає на сучасний стан системи переробки органічних відходів, є економічні обмеження. Висока вартість створення переробної інфраструктури, обмежений доступ до фінансування та недостатня мотивація бізнесу інвестувати у сферу переробки органічних відходів знижують темпи впровадження нових технологій. Водночас плата за захоронення відходів в Україні залишається відносно низькою, що не стимулює відхід від полігонного способу поводження з органічними відходами.

Окремо слід відзначити вплив соціально-інституційних чинників. Недостатня координація між органами державної влади, місцевого самоврядування та суб’єктами господарювання ускладнює реалізацію комплексних проєктів у сфері переробки органічних відходів. Крім того, військові дії та пов’язані з ними економічні й інфраструктурні втрати негативно позначилися на можливостях розвитку екологічних проєктів у багатьох регіонах країни [17].

Таким чином, сучасний стан системи переробки органічних відходів в Україні можна охарактеризувати як перехідний. З одного боку, сформовано нормативно-правові передумови та існують окремі успішні приклади переробки органічних відходів, з іншого — відсутність розвиненої інфраструктури, економічних стимулів і ефективного роздільного збирання зумовлює домінування захоронення органічної фракції відходів. Це

обґрунтовує необхідність подальшого розвитку системи переробки органічних відходів та впровадження комплексних рішень, що будуть розглянуті у наступних підрозділах роботи (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Характеристика сучасного стану переробки органічних відходів в Україні

Напрям аналізу	Поточний стан	Основні проблеми
Частка органічних відходів у складі ТПВ	40–60 %	Відсутність повного відокремлення органічної фракції
Роздільне збирання біовідходів	Обмежене, переважно пілотні проєкти	Нестача контейнерів, низька обізнаність населення
Компостування	Локальні ініціативи, переважно зелені відходи	Відсутність стандартів якості компосту, слабкий ринок збуту
Анаеробне зброджування (біогаз)	Реалізується на аграрних та промислових об’єктах	Висока вартість впровадження, обмежена кількість установок
Інфраструктура переробки	Недостатньо розвинена	Брак інвестицій та регіональних програм
Захоронення органічних відходів	Домінуючий спосіб	Викиди парникових газів, забруднення ґрунтів і вод
Інституційна підтримка	Формується	Недостатня координація між рівнями управління

2.3 Характеристика основних технологій переробки органічних відходів, що застосовуються в Україні

Сучасна система переробки органічних відходів в Україні базується на поєднанні кількох технологічних підходів, які відрізняються за масштабами застосування, рівнем технологічної складності та екологічною ефективністю. Незважаючи на загальну недостатню розвиненість інфраструктури, в Україні вже використовуються окремі технології, що дозволяють зменшувати обсяги захоронення органічної фракції відходів та отримувати корисні вторинні продукти [18].

Найбільш поширеною та технологічно доступною є технологія компостування. В Україні вона застосовується переважно для переробки зелених відходів, що утворюються в результаті благоустрою територій, а також рослинних залишків у сільському господарстві. Компостування здійснюється як у вигляді відкритих компостувальних майданчиків, так і на локальному рівні — у домогосподарствах або на малих фермерських господарствах. Основною перевагою цієї технології є її відносна простота, низькі капітальні витрати та можливість отримання органічних добрив. Водночас в Україні компостування харчових побутових відходів застосовується обмежено через відсутність системи роздільного збирання та контролю якості кінцевого продукту [18].

Більш технологічно складною, але перспективною є технологія анаеробного зброджування органічних відходів з отриманням біогазу. В Україні ця технологія використовується насамперед на аграрних підприємствах, тваринницьких комплексах, а також на очисних спорудах стічних вод. Сировиною для біогазових установок є гній, послід, харчові відходи промислового походження та осади стічних вод. Отриманий біогаз використовується для виробництва електричної та теплової енергії, а дигестат — як органічне добриво. Попри значний потенціал, поширення

біогазових технологій в Україні стримується високою вартістю обладнання, складністю експлуатації та залежністю від державної підтримки у сфері відновлюваної енергетики.

Окрему нішу займає біологічна переробка органічних відходів із використанням біоконверсії, зокрема вермикомпостування. В Україні ця технологія має обмежене застосування і використовується переважно на малих фермерських господарствах, у приватному секторі та в рамках окремих екологічних проєктів. Біоконверсія дозволяє отримувати високоякісний біогумус, який має значну агрохімічну цінність. Проте низька масштабованість, чутливість до умов утримання біоагентів та потреба у спеціальних знаннях обмежують широке впровадження цієї технології на промисловому рівні [19].

Менш поширеними в Україні є термічні методи переробки органічних відходів, такі як піроліз і газифікація. Вони застосовуються переважно у складі експериментальних або комбінованих установок і використовуються для переробки органічної сировини з високою теплотворною здатністю. Основною перевагою термічних методів є суттєве зменшення обсягу відходів і можливість отримання енергії, однак їх застосування супроводжується підвищеними екологічними ризиками, пов’язаними з викидами забруднювальних речовин, а також потребує значних фінансових і технологічних ресурсів.

Загалом для України характерним є фрагментарне застосування технологій переробки органічних відходів, коли окремі методи використовуються без інтеграції у єдину систему управління. Найбільш перспективними з точки зору екологічної безпеки та ресурсоефективності є компостування та анаеробне зброджування, які за умови розвитку роздільного збирання органічних відходів можуть стати основою національної системи їх переробки [20].

Таким чином, в Україні вже існують технологічні передумови для розвитку переробки органічних відходів, однак їх ефективне застосування

потребує комплексного підходу, що включає вдосконалення нормативно-правового регулювання, розвиток інфраструктури та підвищення екологічної свідомості населення (табл. 2.2, рис. 2.2). Порівняльна екологічна оцінка цих технологій та визначення найбільш доцільних з них буде здійснена у наступному розділі кваліфікаційної роботи.

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика основних технологій переробки органічних відходів, що застосовуються в Україні

Технологія	Основна сировина	Кінцевий продукт	Екологічні переваги	Основні обмеження	Рівень поширення в Україні
Компостування	Зелені відходи, рослинні рештки, частково харчові відходи	Компост (органічні добрива)	Низький вплив на довкілля, простота технології, відновлення родючості ґрунтів	Потреба у роздільному збиранні, контроль запахів і якості	Низький–середній
Анаеробне зброджування (біогаз)	Гній, харчові промислові відходи, осади стічних вод	Біогаз, дигестат	Виробництво відновлюваної енергії, зменшення викидів парникових газів	Висока вартість, складність експлуатації	Середній
Біоконверсія (вермикомпостування)	Органічні відходи рослинного походження	Біогумус	Висока якість добрив, екологічна безпека	Низька масштабованість, чутливість до умов	Низький
Термічні методи (піроліз, газифікація)	Органічна сировина з високою теплотворною здатністю	Енергія, твердий залишок	Значне зменшення обсягу відходів	Високі екологічні ризики, дорогі системи очищення	Дуже низький
Захоронення (як поточна практика)	Змішані органічні відходи	-	Відсутні	Викиди метану, забруднення ґрунтів і вод	Домінуючий

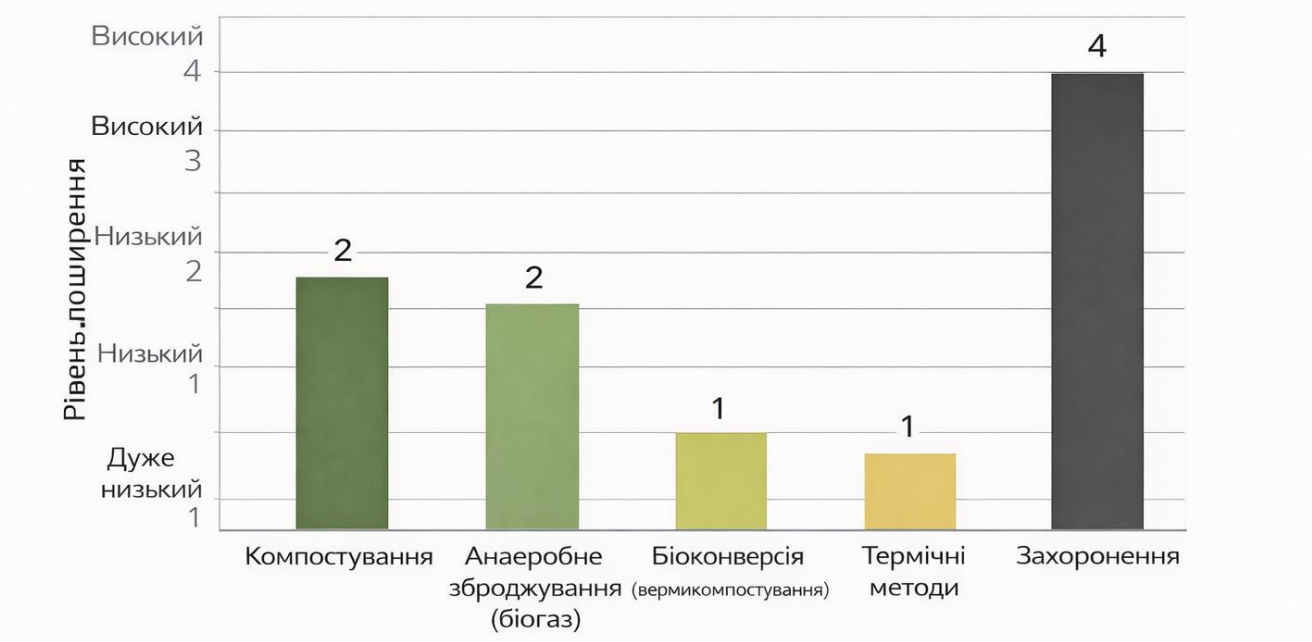

Рисунок 2.2 - Порівняння рівня поширення технологій переробки органічних відходів в Україні

2.4 Екологічні та ресурсні показники функціонування технологій переробки органічних відходів

Оцінка екологічних та ресурсних показників функціонування технологій переробки органічних відходів є важливим елементом обґрунтування їх доцільності та ефективності в умовах сталого розвитку. Такі показники дозволяють визначити ступінь впливу технологій на навколишнє природне середовище, а також їх здатність забезпечувати раціональне використання матеріальних та енергетичних ресурсів [21].

До ключових екологічних показників належать рівень викидів забруднювальних речовин і парникових газів, вплив на ґрунти та водні ресурси, а також потенційні ризики для здоров’я населення. Технології компостування та анаеробного зброджування характеризуються відносно

низьким негативним впливом на довкілля за умови дотримання технологічних вимог. Зокрема, контроль температурного режиму, вологості та аерації під час компостування дозволяє мінімізувати утворення неприємних запахів і втрати поживних речовин. Анаеробне зброджування, у свою чергу, сприяє зменшенню викидів метану в атмосферу шляхом його контрольованого збору та використання як джерела енергії.

Важливим екологічним показником є також ступінь зменшення обсягу відходів, що підлягають захороненню. Біологічні методи переробки дозволяють суттєво скоротити масу та об’єм органічних відходів, перетворюючи їх у стабілізовані продукти. Натомість захоронення органічної фракції без попередньої обробки супроводжується тривалим негативним впливом на довкілля, включаючи утворення фільтрату та неконтрольовані викиди парникових газів.

Серед ресурсних показників важливе місце посідає ефективність відновлення матеріальних і енергетичних ресурсів. Компостування забезпечує повернення органічної речовини та поживних елементів у ґрунт, що сприяє підвищенню його родючості та зменшенню потреби у мінеральних добривах. Анаеробне зброджування має додаткову перевагу у вигляді виробництва відновлюваної енергії, що дозволяє частково заміщувати викопні джерела палива та підвищувати енергетичну незалежність [22].

Біоконверсійні технології, зокрема вермикомпостування, характеризуються високою ресурсною ефективністю у частині отримання якісних органічних добрив, однак їх вклад у загальний енергетичний баланс є незначним. Термічні методи переробки органічних відходів дозволяють отримувати енергію та зменшувати обсяги відходів, проте їх ресурсна ефективність часто знижується через високі енерговитрати та необхідність застосування складних систем очищення викидів.

Окремої уваги потребує показник ресурсо- та енергоємності технологій, який визначає співвідношення між отриманими корисними продуктами та витратами ресурсів на функціонування системи. У цьому аспекті біологічні

технології переробки органічних відходів, як правило, мають перевагу над термічними, оскільки потребують менших енергетичних витрат і ґрунтуються на природних процесах.

Таким чином, екологічні та ресурсні показники функціонування технологій переробки органічних відходів свідчать про суттєві відмінності між окремими підходами. Біологічні методи характеризуються вищою екологічною доцільністю та ресурсоефективністю, тоді як традиційне захоронення та окремі термічні технології мають обмежену відповідність принципам сталого розвитку. Отримані висновки створюють основу для проведення поглибленого порівняльного екологічного аналізу технологій переробки органічних відходів, який буде здійснено у наступному розділі кваліфікаційної роботи.

3 ПОРІВНЯЛЬНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

3.1 Методика проведення порівняльного екологічного аналізу

Порівняльний екологічний аналіз сучасних технологій переробки органічних відходів є важливим інструментом оцінювання їх екологічної доцільності та ефективності в умовах переходу до сталого управління відходами. Методика такого аналізу ґрунтується на системному підході, який дозволяє врахувати сукупність екологічних і ресурсних показників, а також особливості функціонування технологій у реальних соціально-економічних умовах України.

Метою порівняльного екологічного аналізу є визначення найбільш екологічно прийнятних та ресурсоефективних технологій переробки органічних відходів шляхом зіставлення їх впливу на навколишнє природне середовище та здатності до відновлення ресурсів. Для досягнення цієї мети у роботі використовується багатокритеріальний підхід, який передбачає оцінювання технологій за низкою показників з подальшим узагальненням отриманих результатів [23].

На першому етапі аналізу здійснюється відбір об’єктів дослідження, якими є основні технології переробки органічних відходів, що застосовуються або мають потенціал застосування в Україні. До таких технологій віднесено компостування, анаеробне зброджування, біоконверсію (вермикомпостування), термічні методи переробки, а також захоронення органічних відходів як базову порівняльну практику.

Другий етап передбачає визначення системи критеріїв екологічної оцінки, які відображають ключові аспекти впливу технологій на довкілля та ресурси. У межах даної роботи до основних критеріїв віднесено: рівень викидів парникових газів, вплив на ґрунти і водні ресурси, ступінь зменшення обсягу відходів, ресурсну ефективність (відновлення матеріальних і енергетичних ресурсів), а також потенційні екологічні ризики. Вибір цих критеріїв обґрунтований результатами аналізу сучасного стану системи переробки органічних відходів та екологічних і ресурсних показників їх функціонування [24].

На третьому етапі проводиться якісна та умовно-кількісна оцінка кожної технології за обраними критеріями. З огляду на обмеженість статистичних даних і різний рівень впровадження технологій в Україні, оцінювання здійснюється з використанням шкали відносних значень (низький, середній, високий рівень показника). Такий підхід дозволяє забезпечити порівнянність результатів і уникнути викривлення оцінки через відсутність уніфікованих кількісних показників.

Четвертий етап методики передбачає порівняльне зіставлення результатів оцінювання та їх узагальнення у вигляді таблиць і діаграм. Це дає змогу наочно продемонструвати сильні та слабкі сторони кожної технології, а також визначити їх екологічну пріоритетність у системі управління органічними відходами. Особлива увага приділяється аналізу компромісів між екологічною ефективністю та практичною реалізовуваністю технологій.

Завершальним етапом є інтерпретація результатів порівняльного аналізу з урахуванням нормативно-правових, економічних та інфраструктурних умов України. Отримані висновки використовуються для формування рекомендацій щодо доцільності впровадження окремих технологій переробки органічних відходів та визначення пріоритетних напрямів розвитку цієї сфери [25].

Таким чином, методика порівняльного екологічного аналізу дозволяє комплексно оцінити сучасні технології переробки органічних відходів,

враховуючи як їх екологічні переваги, так і обмеження. Це створює науково обґрунтовану основу для подальшого аналізу результатів та формування практичних рекомендацій, які будуть представлені у наступних підрозділах дипломної роботи.

3.2 Порівняння впливу технологій переробки органічних відходів на довкілля

Порівняльна оцінка впливу технологій переробки органічних відходів на довкілля є основним етапом екологічного аналізу, оскільки дозволяє визначити ступінь екологічної безпеки кожної технології та її відповідність принципам сталого розвитку. У межах даного підрозділу оцінювання здійснюється на основі критеріїв, визначених у підрозділі 3.1, із застосуванням якісного та умовно-кількісного підходу [25].

Одним із ключових критеріїв оцінки є вплив технологій на атмосферне повітря, зокрема рівень утворення та викидів парникових газів. Захоронення органічних відходів характеризується найвищим негативним впливом, оскільки супроводжується неконтрольованим утворенням метану в умовах анаеробного розкладання. Компостування за дотримання технологічних вимог має значно нижчий рівень впливу на атмосферу, хоча за порушення умов можливі локальні викиди аміаку та летких органічних сполук. Анаеробне зброджування, навпаки, дозволяє не лише зменшити викиди парникових газів, а й перетворити метан на корисний енергетичний ресурс, що робить цю технологію екологічно доцільною [26].

Другим важливим аспектом є вплив на ґрунти та водні ресурси. Захоронення органічних відходів без попередньої обробки створює значний ризик забруднення ґрунтів і підземних вод фільтратом, що містить органічні та токсичні компоненти. Компостування та біоконверсія, за умови контролю

якості кінцевого продукту, мають позитивний вплив на ґрунти, сприяючи відновленню їх родючості. Анаеробне зброджування також характеризується відносно низьким ризиком для водних ресурсів, однак потребує контролю за використанням дигестату з метою запобігання вторинному забрудненню.

Суттєвим критерієм є ступінь зменшення обсягу та маси відходів, що підлягають подальшому захороненню. Термічні методи переробки забезпечують значне скорочення обсягів відходів, однак супроводжуються підвищеним екологічним навантаженням у вигляді викидів забруднювальних речовин. Біологічні технології, хоча й не завжди забезпечують максимальне зменшення маси відходів, дозволяють перетворити їх на екологічно безпечні та корисні продукти, що знижує загальне антропогенне навантаження на довкілля.

Оцінюючи екологічні ризики, слід зазначити, що біоконверсійні технології, зокрема вермикомпостування, мають мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище, але є чутливими до порушення технологічних умов. Термічні методи переробки потребують складних систем очищення викидів, а у разі їх відсутності або неефективної роботи можуть становити загрозу для атмосферного повітря. Захоронення органічних відходів залишається найбільш екологічно небезпечним способом поводження з ними [27].

Узагальнюючи результати порівняльної оцінки, можна стверджувати, що найменший негативний вплив на довкілля мають біологічні технології переробки органічних відходів, зокрема компостування та анаеробне зброджування. Вони забезпечують зниження викидів парникових газів, мінімізацію забруднення ґрунтів і вод та сприяють відновленню природних ресурсів. Натомість захоронення органічних відходів і окремі термічні методи характеризуються підвищеним рівнем екологічного навантаження та не відповідають сучасним вимогам екологічної безпеки.

Таким чином, порівняльна оцінка впливу технологій переробки органічних відходів на довкілля підтверджує доцільність переходу від

традиційних методів захоронення до екологічно безпечних і ресурсоефективних технологій. Отримані результати є основою для подальшого аналізу ресурсної та енергетичної ефективності технологій, який буде розглянуто у наступному підрозділі дипломної роботи.

3.3 Аналіз викидів парникових газів та вторинного забруднення

Одним із ключових екологічних аспектів функціонування системи упроавління органічними відходами є рівень викидів парникових газів та ризики вторинного забруднення навколишнього природного середовища. Саме ці фактори значною мірою визначають кліматичний вплив технологій переробки органічних відходів та їх відповідність сучасним вимогам екологічної безпеки і сталого розвитку.

Найбільш значущими парниковими газами, що утворюються у процесі розкладання органічних відходів, є метан (CH_4) та діоксид вуглецю (CO_2). Захоронення органічної фракції відходів на полігонах супроводжується анаеробним розкладанням біомаси, у результаті якого утворюється значна кількість метану. З огляду на те, що метан має набагато вищий потенціал глобального потепління порівняно з діоксидом вуглецю, полігонне захоронення органічних відходів є одним із найбільш кліматично несприятливих способів поводження з ними, особливо за відсутності систем уловлювання та утилізації біогазу [28].

Компостування органічних відходів, за умови дотримання аеробного режиму, характеризується істотно нижчим рівнем викидів парникових газів. Основним газоподібним продуктом є діоксид вуглецю, який вважається кліматично нейтральним у межах біогенного циклу вуглецю. Проте у разі порушення технологічних параметрів компостування можливе локальне утворення метану та закису азоту (N_2O), що підвищує кліматичне

навантаження. Це підкреслює необхідність належного контролю процесів компостування.

Анаеробне зброджування органічних відходів має суттєву перевагу з точки зору скорочення викидів парникових газів, оскільки метан, що утворюється в процесі розкладання, не потрапляє безпосередньо в атмосферу, а збирається та використовується як джерело відновлюваної енергії. Використання біогазу дозволяє не лише зменшити викиди метану, а й скоротити обсяги споживання викопних енергоносіїв, що додатково знижує сумарний кліматичний вплив [28].

Біоконверсійні технології, зокрема вермикомпостування, характеризуються мінімальними викидами парникових газів за рахунок повільного та контрольованого розкладання органічної речовини. Водночас їх внесок у зменшення загальних викидів обмежується невеликими масштабами застосування, що знижує їх загальнодержавний ефект у контексті кліматичної політики.

Окрім прямих викидів парникових газів, важливим аспектом екологічної оцінки є вторинне забруднення, яке може виникати на різних етапах переробки органічних відходів. До основних проявів вторинного забруднення належать утворення фільтрату, поширення неприємних запахів, а також можливе забруднення ґрунтів і вод при неправильному поводженні з продуктами переробки, зокрема компостом і дигестатом. Найвищий ризик вторинного забруднення характерний для полігонного захоронення, тоді як біологічні методи переробки за належного контролю мають значно нижчий рівень таких ризиків [29].

Термічні технології переробки органічних відходів дозволяють зменшити обсяги відходів і потенційно скоротити викиди метану, однак можуть супроводжуватися утворенням інших забруднювальних речовин, зокрема оксидів азоту, діоксинів та твердих частинок. Це потребує впровадження ефективних систем очищення викидів і суворого екологічного

контролю, без яких застосування термічних методів може створювати додаткові ризики для довкілля.

Таким чином, аналіз викидів парникових газів та вторинного забруднення свідчить про істотні відмінності між технологіями переробки органічних відходів. Найбільш кліматично та екологічно доцільними є біологічні методи переробки, насамперед анаеробне зброджування та контрольоване компостування. Захоронення органічних відходів залишається найбільш несприятливим з точки зору кліматичного впливу та ризиків вторинного забруднення, що підтверджує необхідність його поетапного обмеження і заміщення сучасними технологіями переробки.

3.4 SWOT-аналіз технологій переробки органічних відходів

SWOT-аналіз є ефективним інструментом стратегічної оцінки, що дозволяє систематизувати внутрішні та зовнішні чинники, які впливають на впровадження та розвиток технологій переробки органічних відходів. Застосування цього методу у межах дипломної роботи дає змогу не лише узагальнити результати порівняльного екологічного аналізу, а й визначити перспективи та обмеження розвитку відповідних технологій в Україні [27].

У межах SWOT-аналізу до сильних сторін (Strengths) віднесено характеристики технологій, які забезпечують їх екологічну та ресурсну доцільність. Слабкі сторони (Weaknesses) відображають внутрішні обмеження, пов’язані з технологічною складністю, економічними витратами та інфраструктурними проблемами. Можливості (Opportunities) охоплюють зовнішні чинники, що створюють передумови для розвитку переробки органічних відходів, зокрема євроінтеграційні процеси та державну підтримку. Загрози (Threats) пов’язані з ризиками, які можуть уповільнити або ускладнити впровадження сучасних технологій (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – SWOT-аналіз технологій переробки органічних відходів

Сильні сторони (Strengths)	**Слабкі сторони (Weaknesses)**
Зменшення обсягів захоронення органічних відходів	Недостатньо розвинена інфраструктура
Скорочення викидів парникових газів	Висока вартість впровадження окремих технологій
Отримання корисних продуктів (компост, біогаз, дигестат)	Обмежене роздільне збирання біовідходів
Відповідність принципам сталого розвитку	Низький рівень обізнаності населення
Можливість відновлення матеріальних і енергетичних ресурсів	Нестабільність ринку вторинної продукції
Можливості (Opportunities)	**Загрози (Threats)**
Гармонізація законодавства з вимогами ЄС	Недостатнє фінансування екологічних проєктів
Залучення міжнародних інвестицій та грантів	Економічна нестабільність
Розвиток циркулярної економіки	Спротив з боку традиційного полігонного господарства
Підвищення екологічної свідомості населення	Низькі тарифи на захоронення відходів
Розвиток відновлюваної енергетики	Технічні та організаційні ризики експлуатації

На основі проведеного SWOT-аналізу можна зробити висновок, що технології переробки органічних відходів в Україні мають значний потенціал розвитку, зумовлений екологічними перевагами та відповідністю європейським підходам до управління відходами. Водночас наявність слабких сторін і загроз свідчить про необхідність комплексного підходу, який включатиме розвиток інфраструктури, економічне стимулювання, удосконалення нормативно-правового регулювання та підвищення рівня екологічної освіти населення.

Отримані результати SWOT-аналізу підтверджують доцільність пріоритетного впровадження біологічних технологій переробки органічних

відходів, зокрема компостування та анаеробного зброджування, а також обґрунтовують необхідність поетапного скорочення практики захоронення органічної фракції відходів. Узагальнення цих положень створює основу для формування висновків та практичних рекомендацій, які будуть подані у заключній частині кваліфікаційної роботи.

4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ В УКРАЇНІ

4.1 Екологічна та економічна ефективність впровадження сучасних технологій

Оцінка екологічної та економічної ефективності впровадження сучасних технологій переробки органічних відходів є важливим етапом обґрунтування доцільності їх широкого застосування в Україні. Поєднання екологічних та економічних критеріїв дозволяє комплексно оцінити результати функціонування таких технологій та визначити їх відповідність принципам сталого розвитку [30].

Екологічна ефективність технологій переробки органічних відходів проявляється насамперед у зменшенні негативного впливу на навколишнє природне середовище. Впровадження біологічних методів переробки, зокрема компостування та анаеробного зброджування, сприяє скороченню обсягів захоронення органічної фракції відходів, що, у свою чергу, призводить до зменшення викидів парникових газів, насамперед метану. Крім того, такі технології знижують ризики забруднення ґрунтів і водних ресурсів, характерні для полігонного способу поводження з відходами.

Важливим показником екологічної ефективності є також відновлення природних ресурсів. Отримання компосту та дигестату дозволяє повернути органічну речовину і поживні елементи у ґрунт, що сприяє підвищенню його родючості та зменшенню потреби у мінеральних добривах. Анаеробне зброджування додатково забезпечує виробництво відновлюваної енергії, що

позитивно впливає на скорочення використання викопних енергоресурсів і зменшення антропогенного навантаження на довкілля.

Економічна ефективність впровадження сучасних технологій переробки органічних відходів визначається співвідношенням витрат на створення та експлуатацію переробних потужностей і отриманих економічних вигод. До основних джерел економічного ефекту належать зменшення витрат на захоронення відходів, скорочення платежів за негативний вплив на довкілля, а також доходи від реалізації вторинної продукції, зокрема органічних добрив і енергії.

Компостування характеризується відносно низькими капітальними та експлуатаційними витратами, що робить його економічно доцільним для впровадження на рівні територіальних громад. Анаеробне зброджування потребує значніших інвестицій, однак за наявності стабільного ринку збуту електричної та теплової енергії може забезпечувати довгостроковий економічний ефект. Водночас висока вартість обладнання та потреба у кваліфікованому обслуговуванні залишаються стримувальними чинниками для широкого поширення цієї технології [30].

Окремо слід відзначити соціально-економічний ефект, який супроводжує впровадження сучасних технологій переробки органічних відходів. Створення нових робочих місць, розвиток місцевої інфраструктури, підвищення інвестиційної привабливості регіонів та покращення санітарно-екологічного стану територій мають позитивний вплив на соціально-економічний розвиток країни загалом.

Таким чином, аналіз екологічної та економічної ефективності впровадження сучасних технологій переробки органічних відходів свідчить про їх значний потенціал в Україні. Найбільш доцільними з точки зору поєднання екологічних і економічних переваг є біологічні методи переробки, які забезпечують зменшення екологічного навантаження та створюють передумови для раціонального використання ресурсів. Водночас реалізація цього потенціалу потребує цілеспрямованої державної політики, економічних

стимулів і розвитку відповідної інфраструктури, що буде розглянуто у наступному підрозділі.

4.2 Проблеми та обмеження розвитку переробки органічних відходів

Незважаючи на наявність екологічних і економічних передумов для розвитку переробки органічних відходів в Україні, впровадження сучасних технологій у цій сфері супроводжується низкою проблем і обмежень. Вони мають комплексний характер і охоплюють нормативно-правові, економічні, інфраструктурні, організаційні та соціальні аспекти.

Однією з ключових проблем є недостатній рівень розвитку інфраструктури для збирання та переробки органічних відходів. У більшості населених пунктів відсутні системи роздільного збирання біовідходів, що унеможливлює їх подальшу якісну переробку. Наявні переробні потужності мають обмежену пропускну здатність і не забезпечують охоплення значної частини органічної фракції відходів, особливо у сфері побутових відходів.

Вагомим стримувальним чинником є економічні обмеження, зокрема висока вартість створення та експлуатації об’єктів переробки органічних відходів. Для багатьох територіальних громад і підприємств початкові інвестиції у сучасні технології є надмірними, а доступ до кредитних ресурсів і державної фінансової підтримки залишається обмеженим. Низькі тарифи на захоронення відходів не створюють достатніх економічних стимулів для переходу від полігонного способу поводження з органічними відходами до їх переробки [30].

Суттєвими є також нормативно-правові та інституційні обмеження. Хоча законодавча база у сфері управління відходами зазнала суттєвих змін, механізми її практичної реалізації залишаються недостатньо ефективними. Відсутність чітких підзаконних актів, стандартів якості продукції переробки

(компосту, дигестату), а також узгоджених процедур контролю ускладнює розвиток ринку вторинної продукції та знижує довіру з боку споживачів.

Окремою проблемою є низький рівень екологічної свідомості населення та суб'єктів господарювання. Недостатнє розуміння важливості роздільного збирання органічних відходів, відсутність сталої культури сортування та побутові стереотипи негативно впливають на ефективність запроваджених заходів. Без активної участі населення впровадження сучасних технологій переробки органічних відходів не може бути повністю результативним.

До обмежень розвитку належать також технічні та організаційні чинники. Сучасні технології переробки органічних відходів потребують кваліфікованого персоналу, належного технічного обслуговування та стабільного постачання якісної сировини. Порушення технологічних режимів може призводити до зниження ефективності процесів, виникнення вторинного забруднення та негативного суспільного сприйняття таких об'єктів.

Важливим зовнішнім фактором, що обмежує розвиток переробки органічних відходів, є загальноекономічна нестабільність та наслідки воєнних дій, які призвели до руйнування інфраструктури, скорочення інвестицій та переорієнтації бюджетних ресурсів на першочергові потреби. Це суттєво ускладнює реалізацію довгострокових екологічних проєктів у багатьох регіонах країни.

Таким чином, проблеми та обмеження розвитку переробки органічних відходів в Україні мають багатовимірний характер і потребують комплексного вирішення. Подолання зазначених бар'єрів можливе за умови поєднання державної підтримки, розвитку інфраструктури, удосконалення нормативно-правових механізмів та підвищення рівня екологічної обізнаності населення. Визначення конкретних шляхів і перспектив розвитку цієї сфери буде розглянуто у наступному підрозділі дипломної роботи.

4.3 Рекомендації щодо вдосконалення системи переробки органічних відходів в Україні

Вдосконалення системи переробки органічних відходів в Україні потребує комплексного підходу, який поєднуватиме нормативно-правові, організаційні, економічні, технологічні та інформаційно-освітні заходи. На основі проведеного аналізу сучасного стану, екологічної та економічної ефективності технологій, а також виявлених проблем і обмежень, доцільно запропонувати низку практичних рекомендацій, спрямованих на підвищення результативності управління органічними відходами [30].

Першочерговим напрямом удосконалення є розвиток системи роздільного збирання органічних відходів. Необхідно забезпечити поетапне впровадження обов'язкового відокремлення біовідходів у населених пунктах, починаючи з великих міст і територіальних громад з достатнім рівнем інфраструктурного забезпечення. Встановлення спеціалізованих контейнерів для органічних відходів, оптимізація логістики їх збору та транспортування створять основу для ефективної переробки органічної фракції відходів.

Важливим аспектом є удосконалення нормативно-правового регулювання у сфері переробки органічних відходів. Доцільно розробити та впровадити чіткі стандарти якості продукції переробки, зокрема компосту та дигестату, що сприятиме формуванню стабільного ринку вторинної продукції та підвищенню довіри з боку споживачів. Крім того, необхідно посилити контроль за дотриманням вимог законодавства щодо обмеження захоронення органічних відходів.

З метою підвищення економічної привабливості переробки органічних відходів доцільно запроваджувати фінансові стимули для органів місцевого самоврядування та суб'єктів господарювання. Такими інструментами можуть бути пільгове кредитування, державні та регіональні програми

співфінансування, податкові пільги для підприємств, що впроваджують екологічно безпечні технології, а також поступове підвищення плати за захоронення відходів з метою стимулювання їх переробки.

Окрему увагу слід приділити розвитку інфраструктури переробки органічних відходів. Доцільним є створення регіональних центрів компостування та біогазових комплексів, інтегрованих у загальну систему управління відходами. Такий підхід дозволить оптимізувати витрати, підвищити ефективність переробки та забезпечити екологічну безпеку на регіональному рівні.

Важливою складовою вдосконалення системи є підвищення рівня екологічної обізнаності населення. Проведення інформаційно-просвітницьких кампаній, впровадження освітніх програм та залучення громадськості до процесів управління відходами сприятимуть формуванню культури роздільного збирання та відповідального поводження з органічними відходами.

З урахуванням євроінтеграційних процесів доцільно активізувати міжнародне співробітництво у сфері переробки органічних відходів. Залучення досвіду країн Європейського Союзу, використання міжнародних фінансових механізмів і грантових програм створюватиме додаткові можливості для впровадження інноваційних технологій та підвищення ефективності національної системи управління відходами [31].

Таким чином, реалізація запропонованих рекомендацій дозволить поступово сформувати ефективну, екологічно безпечну та ресурсоефективну систему переробки органічних відходів в Україні. Комплексне впровадження цих заходів сприятиме зменшенню негативного впливу відходів на довкілля, скороченню викидів парникових газів та наближенню національної системи управління відходами до європейських стандартів сталого розвитку.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні положення з охорони праці

Охорона праці є невід'ємною складовою системи управління виробничою діяльністю та спрямована на забезпечення безпечних і здорових умов праці для працівників. У сучасних умовах розвитку промисловості та впровадження технологій переробки органічних відходів питання охорони праці набувають особливої актуальності у зв'язку з підвищеним рівнем техногенного навантаження, наявністю біологічних та хімічних факторів ризику, а також використанням складного технологічного обладнання [31].

Відповідно до чинного законодавства України, зокрема Закону України «Про охорону праці», охорона праці визначається як система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини у процесі трудової діяльності. Основним принципом охорони праці є пріоритет життя і здоров'я працівників над результатами виробничої діяльності.

У межах кваліфікаційної роботи питання охорони праці розглядаються з урахуванням специфіки об'єктів переробки органічних відходів, де виконуються роботи, пов'язані з механічною обробкою сировини, біологічними процесами розкладання органічної речовини, експлуатацією машин і механізмів, а також можливим утворенням небезпечних газів та мікроорганізмів. Такі умови праці потребують чіткого дотримання нормативних вимог та впровадження ефективних заходів безпеки [32].

Загальні положення з охорони праці передбачають обов'язкове дотримання працівниками правил техніки безпеки, виробничої санітарії та

пожежної безпеки, проходження навчання та інструктажів з охорони праці, а також забезпечення персоналу необхідними засобами індивідуального та колективного захисту. Важливу роль відіграє організація контролю за станом умов праці та своєчасне виявлення й усунення небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Таким чином, охорона праці при реалізації технологій переробки органічних відходів є комплексною системою заходів, що забезпечує безпеку виробничих процесів, запобігає виникненню нещасних випадків і професійних захворювань, а також сприяє підвищенню ефективності та сталості функціонування підприємств у цій сфері.

5.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Виробничі процеси, пов’язані з переробкою органічних відходів, характеризуються наявністю комплексу небезпечних і шкідливих факторів, які можуть негативно впливати на здоров’я та безпеку працівників. Їх виникнення обумовлене особливостями технологічних операцій, властивостями органічної сировини, використанням машин і механізмів, а також умовами виробничого середовища. Аналіз таких факторів є необхідною передумовою для розроблення ефективних заходів з охорони праці [33].

До фізичних небезпечних та шкідливих факторів у процесі переробки органічних відходів належать підвищений рівень шуму і вібрації, що виникають під час роботи дробарок, транспортерів, насосів, вентиляторів та іншого обладнання. Тривалий вплив шуму може призводити до зниження слуху, втоми та нервового перенапруження. Крім того, небезпеку становлять рухомі частини машин і механізмів, підвищені температури поверхонь обладнання, а також можливість падіння працівників через слизькі поверхні, зумовлені підвищеною вологістю виробничих приміщень.

Хімічні фактори пов’язані з утворенням і виділенням у повітря робочої зони газів та аерозолів, що виникають у процесі біологічного розкладання органічних відходів. До найбільш небезпечних належать метан, аміак, сірководень, вуглекислий газ, а також леткі органічні сполуки. Їх накопичення у замкнених або недостатньо вентильованих приміщеннях може спричиняти отруєння, асфіксію або створювати вибухонебезпечні ситуації.

Суттєву загрозу становлять біологічні виробничі фактори, оскільки органічні відходи є сприятливим середовищем для розвитку патогенних мікроорганізмів, грибків, бактерій та паразитів. Контакт із зараженою сировиною або аерозолями біологічного походження може призводити до інфекційних захворювань, алергічних реакцій і професійних хвороб органів дихання та шкіри [34].

До психофізіологічних факторів належать фізичне перевантаження, монотонність праці, робота в несприятливих мікрокліматичних умовах, а також підвищена відповідальність за експлуатацію небезпечного обладнання. Такі чинники можуть сприяти зниженню уваги, швидкій втомлюваності та підвищенню ризику виробничого травматизму.

Таким чином, виробниче середовище підприємств з переробки органічних відходів характеризується поєднанням фізичних, хімічних, біологічних і психофізіологічних небезпечних та шкідливих факторів. Усвідомлення їх природи та рівня впливу є основою для розроблення системи профілактичних заходів, спрямованих на мінімізацію ризиків, забезпечення безпечних умов праці та збереження здоров’я працівників.

5.3 Заходи щодо забезпечення безпечних умов праці

Забезпечення безпечних і здорових умов праці на підприємствах з переробки органічних відходів базується на поєднанні організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів. Передусім це чіткий розподіл

обов’язків між посадовими особами, проведення всіх видів інструктажів з охорони праці, навчання та періодична перевірка знань працівників. Раціональна організація режиму праці та відпочинку дає змогу зменшити втому персоналу й знизити ризик помилок під час виконання виробничих операцій.

Важливу роль відіграє технічне забезпечення безпеки: застосування справного та сертифікованого обладнання, огородження рухомих частин машин, використання блокувальних і запобіжних пристроїв, надійне електрозаземлення установок. Обов’язковими є ефективні системи загальнообмінної та місцевої вентиляції, які забезпечують видалення шкідливих газів і аерозолів, а також достатнє штучне і природне освітлення робочих місць, проходів та евакуаційних виходів [35].

Санітарно-гігієнічні заходи включають підтримання належного мікроклімату в приміщеннях, регулярне прибирання та дезінфекцію робочих зон, своєчасне видалення органічних відходів із місць тимчасового зберігання, а також організацію побутових приміщень (гардеробів, душових, санвузлів). Працівники повинні бути забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту: спецодягом і спецвзуттям, захисними рукавицями та окулярами, респіраторами чи масками для захисту органів дихання. Важливо не лише видати ці засоби, а й контролювати правильність та своєчасність їх використання.

Для запобігання нещасним випадкам і аваріям на підприємстві розробляються інструкції з дій у надзвичайних ситуаціях, схеми евакуації, організовується розміщення первинних засобів пожежогасіння та аптечок. Регулярно проводяться тренування з відпрацювання дій персоналу в разі витоку шкідливих речовин, пожежі, вибуху чи аварії технологічного обладнання. Систематичний контроль параметрів виробничого середовища (мікроклімат, шум, вібрація, концентрації шкідливих речовин у повітрі, рівень освітленості) дає змогу своєчасно виявляти відхилення від норм і вживати коригувальних заходів.

Таким чином, комплексна реалізація організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, доповнена використанням засобів індивідуального захисту та профілактичною роботою з персоналом, є необхідною умовою створення безпечних умов праці на підприємствах з переробки органічних відходів, зниження виробничого травматизму та попередження професійних захворювань.

5.4 Пожежна безпека та дії у надзвичайних ситуаціях

Забезпечення пожежної безпеки на підприємствах з переробки органічних відходів є одним із ключових напрямів системи охорони праці, оскільки у виробничому процесі задіяні легкозаймисті матеріали, горючі гази, електрообладнання та технологічні установки з підвищеними температурами. Основною метою заходів пожежної безпеки є недопущення виникнення загорянь, обмеження їх поширення у разі виникнення та забезпечення безпечної евакуації персоналу.

На підприємстві має бути розроблена та впроваджена інструкція з пожежної безпеки, яка визначає порядок утримання території, будівель і приміщень, вимоги до зберігання та транспортування горючих матеріалів, експлуатації електрообладнання, проведення вогневих робіт. Важливо забезпечити вільний доступ до евакуаційних виходів, протипожежних розривів, пожежних гідрантів і під’їздів для пожежної техніки. Усі проходи, коридори та двері на шляхах евакуації повинні постійно утримуватися вільними від сторонніх предметів [36].

Особливу увагу слід приділяти приміщенням та майданчикам, де здійснюються процеси компостування, зброджування органічної сировини або зберігаються горючі гази (біогаз), тверде паливо чи легкозаймисті матеріали. Тут необхідно застосовувати вибухозахищене електрообладнання, системи контролю за концентрацією газів, а також вентиляцію, що запобігає

накопиченню вибухонебезпечних сумішей. Забороняється використання відкритого вогню, куріння та проведення несанкціонованих вогневих робіт у виробничих і складських зонах.

Важливим елементом пожежної безпеки є забезпечення підприємства первинними засобами пожежогасіння – вогнегасниками відповідних типів, пожежними щитами, резервуарами з водою, пожежними кранами та гідрантами. Вогнегасники повинні розміщуватися у легкодоступних і добре позначених місцях, мати чинні пломби та проходити регулярну перевірку. На видимих місцях розміщуються плани евакуації з позначенням шляхів виходу, місць розташування засобів пожежогасіння та пунктів збору персоналу.

Персонал підприємства має бути навчений правилам пожежної безпеки та діям у разі загоряння. Під час первинного, повторного та позапланового інструктажів працівникам пояснюють порядок повідомлення про пожежу, правила користування вогнегасниками, послідовність евакуації та дій до прибуття підрозділів ДСНС. Регулярне проведення протипожежних тренувань дає змогу відпрацювати практичні навички швидкого й організованого залишення небезпечної зони, взаємодії між працівниками й відповідальними особами, а також перевірити ефективність організаційних заходів [37].

Крім пожеж, на підприємствах з переробки органічних відходів можуть виникати й інші надзвичайні ситуації: викиди шкідливих газів, аварії технологічного обладнання, розгерметизація резервуарів з органічною сировиною або продуктами її переробки, вибухи газоповітряних сумішей. Для таких випадків розробляються та затверджуються плани локалізації і ліквідації аварійних ситуацій (ПЛАС), де визначено можливі сценарії аварій, обсяги та межі ураження, порядок оповіщення, евакуації персоналу і залучення аварійно-рятувальних служб.

Працівники повинні бути ознайомлені з інструкціями щодо дій у разі виявлення ознак аварії – різкого підвищення температури, появи диму або полум’я, запаху газу, руйнування конструкцій чи протікання резервуарів. У

таких випадках необхідно негайно припинити роботу обладнання (якщо це можливо без ризику для життя), повідомити відповідальних осіб, вивести працівників із небезпечної зони, використовуючи найкоротші евакуаційні шляхи, та за потреби застосувати засоби індивідуального захисту органів дихання й шкіри.

Таким чином, система пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях на підприємствах з переробки органічних відходів має бути комплексною й включати нормативно оформлені інструкції, технічні засоби запобігання пожежам та аваріям, належне оснащення первинними засобами пожежогасіння, організацію ефективної евакуації та постійне навчання персоналу. Лише за умови послідовної реалізації всіх цих заходів можна мінімізувати ризики виникнення надзвичайних ситуацій, зменшити їх можливі наслідки та забезпечити захист життя і здоров’я працівників.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було здійснено комплексний аналіз сучасних технологій переробки органічних відходів та оцінено їх екологічну й ресурсну ефективність в умовах України. На основі опрацьованих теоретичних положень, нормативно-правових документів і результатів порівняльного аналізу сформульовано такі основні висновки.

1. Встановлено, що органічні відходи становлять значну частку у загальному обсязі відходів, які утворюються в Україні, та мають високий потенціал негативного впливу на довкілля у разі їх захоронення без попередньої обробки. Неконтрольований розклад органічної фракції на полігонах супроводжується викидами парникових газів, утворенням фільтрату та забрудненням ґрунтів і водних ресурсів.

2. Аналіз нормативно-правового регулювання у сфері поводження з органічними відходами показав, що в Україні сформовано базові законодавчі передумови для розвитку сучасної системи управління відходами. Водночас механізми практичної реалізації законодавчих норм, зокрема щодо роздільного збирання та переробки біовідходів, залишаються недостатньо ефективними та потребують подальшого вдосконалення.

3. Проведений аналіз сучасного стану системи переробки органічних відходів в Україні свідчить про її фрагментарний характер. Незважаючи на наявність окремих об’єктів компостування та біогазових установок, домінуючим способом поводження з органічними відходами залишається захоронення, що не відповідає принципам сталого розвитку та європейським підходам до управління відходами.

4. У ході порівняльного екологічного аналізу встановлено, що

біологічні технології переробки органічних відходів, зокрема компостування та анаеробне зброджування, характеризуються найменшим негативним впливом на довкілля. Вони забезпечують скорочення викидів парникових газів, зменшення обсягів відходів, що підлягають захороненню, та сприяють відновленню матеріальних і енергетичних ресурсів.

5. Аналіз викидів парникових газів та ризиків вторинного забруднення підтвердив, що захоронення органічних відходів є найбільш екологічно небезпечним способом поводження з ними. Натомість анаеробне зброджування дозволяє не лише мінімізувати викиди метану, а й використовувати його як джерело відновлюваної енергії, що підвищує загальну екологічну та енергетичну ефективність системи переробки.

6. Оцінка екологічної та економічної ефективності впровадження сучасних технологій показала, що компостування є економічно доступним і доцільним для впровадження на рівні територіальних громад, тоді як біогазові технології мають значний потенціал для аграрного та промислового секторів за умови наявності фінансової підтримки та стабільних ринкових умов.

7. SWOT-аналіз технологій переробки органічних відходів засвідчив наявність значних можливостей для розвитку цієї сфери в Україні, зумовлених євроінтеграційними процесами, розвитком циркулярної економіки та відновлюваної енергетики. Водночас виявлено низку слабких сторін і загроз, пов’язаних з недостатнім рівнем інфраструктурного забезпечення, економічними обмеженнями та низькою екологічною свідомістю населення.

8. На основі виявлених проблем і обмежень запропоновано практичні рекомендації щодо вдосконалення системи переробки органічних відходів в Україні, які передбачають розвиток роздільного збирання біовідходів, удосконалення нормативно-правового регулювання, запровадження економічних стимулів, розширення інфраструктури переробки та підвищення рівня екологічної обізнаності населення.

Таким чином, результати кваліфікаційної роботи підтверджують, що впровадження сучасних технологій переробки органічних відходів є важливим чинником зменшення негативного впливу відходів на довкілля, підвищення ресурсної ефективності та наближення України до європейських стандартів сталого розвитку. Реалізація запропонованих рекомендацій сприятиме формуванню ефективної, екологічно безпечної та економічно обґрунтованої системи управління органічними відходами в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про управління відходами» від 20.06.2022 № 2320-IX.

2. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 № 1264-XII.

3. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» від 20.02.2003 № 555-IV.

4. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.2017 № 2059-VIII.

5. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року : схвалена розпорядженням КМУ від 08.11.2017 № 820-р.

6. Національний план управління відходами до 2030 року : затверджений розпорядженням КМУ від 20.02.2019 № 117-р.

7. ДБН В.2.4-2-2005. Полігони твердих побутових відходів.

8. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання.

9. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління.

10. ДСТУ ISO 14040:2013. Оцінювання життєвого циклу.

11. Бондар О.І. Екологія : підручник. — Київ : Либідь, 2018. — 432 с.

12. Іваненко Л.В. Управління відходами : навчальний посібник. — Київ :

Кондор, 2020. — 298 с.

13. Хільчевський В.К., Кравченко О.М. Основи екологічної безпеки. — Київ : ВПЦ «Київський університет», 2019. — 312 с.

14. Рудько Г.І. Екологічна безпека та сталий розвиток. — Львів : Світ, 2017. — 410 с.

15. Мельник Л.Г. Основи екології. — Суми : Університетська книга, 2016. — 384 с.

16. Бондаренко І.В. Аналіз сучасних методів переробки органічних відходів // Екологія та природокористування. — 2020. — № 4. — С. 45–52.

17. Шевченко О.О. Переробка біовідходів як елемент циркулярної економіки // Вісник НТУУ «КПІ». — 2021. — № 2. — С. 78–85.

18. Кравчук П.С. Оцінка впливу полігонів ТПВ на довкілля // Екологічні науки. — 2019. — № 3. — С. 33–39.

19. Бойко В.М. Біогазові технології в Україні // Відновлювана енергетика. — 2020. — № 1. — С. 14–21.

20. Гаврилюк О.В. Компостування органічних відходів: екологічний аспект // Агроекологія. — 2018. — № 6. — С. 61–67.

21. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council on waste.

22. European Commission. Circular Economy Action Plan. — Brussels, 2020.

23. IPCC. Climate Change 2021: Mitigation of Climate Change. — Geneva, 2021.

24. UNEP. Global Waste Management Outlook. — Nairobi, 2018.

25. FAO. Food Waste and Organic Waste Management. — Rome, 2019.

26. World Bank. What a Waste 2.0. — Washington, 2018.

27. EEA. Bio-waste in Europe — turning challenges into opportunities. — Copenhagen, 2020.

28. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Офіційний сайт. — https://mepr.gov.ua

29. Державна служба статистики України. — https://www.ukrstat.gov.ua

30. Офіційний портал Верховної Ради України. — https://zakon.rada.gov.ua

31. European Environment Agency. — https://www.eea.europa.eu

32. International Renewable Energy Agency (IRENA). — https://www.irena.org

33. Cherubini F. Energy recovery from waste // Renewable Energy. — 2019.

34. Boldrin A. Environmental assessment of composting // Waste Management. — 2018.

35. Scarlat N. Biogas: Developments and perspectives // Energy Policy. — 2020.

36. Christensen T.H. Solid Waste Technology & Management. — Wiley, 2017.