

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
«ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА РОЗЗОСЕРЕДЖЕНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ
ВІДХОДІВ»

Виконав: студент групи ЕКО-216
спеціальності 101 – «Екологія»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

«10» червня Вараниця В. С.
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор

«10» червня Петрук Р. В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доцент кафедри ЕХТЗД

«10» червня Гордісно О.А.
(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕХТЗД
к.т.н., проф. Іщенко В.А.
(прізвище та ініціали)
«10» червня 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії

Кафедра Екології, хімії та технологій захисту довкілля

Рівень вищої освіти І-й (бакалаврський)

Галузь знань – 10 «Природничі науки»

Спеціальність – 101 – «Екологія»

Освітньо-професійна програма – «Екологічна безпека та моніторинг довкілля»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕХТЗД

К.Т.Н., доцент

В.А. Іщенко

(підпис)

«25» березня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на бакалаврську кваліфікаційну роботу студенту

Вараниці Вадиму Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА РОЗЗОСЕРЕДЖЕНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ»

керівник роботи Петрук Роман Васильович, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по ВНТУ від «20» березня 2025 року № 97

2. Термін подання студентом роботи «10» червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи

Схематичне зображення законодавства ЄС в сфері поводження з відходами (табл. Б.1)

4. Зміст текстової частини

1. Характеристика загроз довкіллю від розміщення побутових та промислових відходів.
2. Методологія оцінки впливу відходів на довкілля.
3. Обґрунтування методу роззосередженої утилізації відходів.
4. Екологічна безпека реалізації роззосередженої утилізації відходів.

5. Перелік ілюстративного матеріалу

1. Класифікація основних СОЗ, що потребують роззосередженої утилізації.
2. Технології роззосередженої утилізації СОЗ.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «25» березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Характеристика загроз довкіллю від розміщення побутових та промислових відходів	25.03.2025	07.04.2025	викон
2	Методологія оцінки впливу відходів на довкілля	07.04.2025	27.04.2025	викон
3	Обґрунтування методу роззосередженої утилізації відходів	27.04.2025	12.05.2025	викон
4	Екологічна безпека реалізації роззосередженої утилізації відходів	12.05.2025	26.05.2025	викон
5	Підготовка висновків, додатків і переліку літератури. Оформлення пояснювальної записки та графічної частини.	26.05.2025	05.06.2025	викон
6	Підготовка презентації та доповіді на захист БКР	05.06.2025	10.06.2025	викон

Студент

(підпис)

Вараниця В. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Петрук Р. В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 504.064.36:628.4.042

Вараниця В.С. Екологічна безпека розсосередженої утилізації відходів. Бакавська кваліфікаційна робота з спеціальності 101 – Екологія, освітня програма – «Екологічна безпека та моніторинг довкілля». Вінниця, ВНТУ, 2025, 73 с.

На укр. Мові. Бібліогр.: 74 назв, 15 рис., 10 табл.

У роботі розглянуто екологічні загрози, пов'язані з утворенням і накопиченням побутових та промислових відходів в Україні. Особливу увагу приділено аналізу впливу стійких органічних забруднювачів і важких металів на довкілля. Запропоновано метод розсосередженої утилізації як екологічно безпечну альтернативу централізованому підходу. Проведено експериментальну оцінку фітотоксичності компонентів відходів за допомогою біоіндикації. Робота містить рекомендації щодо впровадження даного методу у практичну діяльність.

Метою є обґрунтування методу розсосередженої утилізації відходів, який сприятиме зменшенню екологічних ризиків, пов'язаних із накопиченням та утилізацією відходів.

Ключові слова: екологічна безпека, промислові відходи, тверді побутові відход, розсосереджена утилізація, вторинне використання.

ABSTRACT

UDC 504.064.36:628.4.042

Varanytsia V.S. Environmental Safety of Decentralized Waste Utilization. Bachelor's qualification thesis in specialty 101 – Ecology, educational program – “Environmental Safety and Environmental Monitoring.” Vinnytsia, VNTU, 2025, 73 pages.

In Ukrainian. Bibliography: 74 sources, 15 figures, 10 tables.

The thesis examines environmental threats associated with the generation and accumulation of municipal and industrial waste in Ukraine. Special attention is given to the analysis of the impact of persistent organic pollutants and heavy metals on the environment. A method of decentralized waste utilization is proposed as an environmentally safe alternative to the centralized approach. An experimental assessment of the phytotoxicity of waste components was conducted using bioindication. The thesis includes recommendations for the practical implementation of the proposed method.

The aim of the thesis is to justify the method of decentralized waste utilization, which would contribute to reducing environmental risks associated with waste accumulation and disposal.

Keywords: environmental safety, industrial waste, solid municipal waste, decentralized utilization, reuse.

ВІДГУК

наукового керівника на бакалаврську кваліфікаційну роботу студента денної форми навчання групи ЕКО-216 Вараниці Вадима Сергійовича на тему: «Екологічна безпека розсосередженої утилізації відходів».

На сьогодні питання поводження з відходами є однією з найгостріших екологічних проблем як в Україні, так і у світі. Особливої актуальності набувають підходи до розсосередженої утилізації, які дозволяють зменшити навантаження на централізовану систему поводження з відходами, підвищити ефективність їх переробки на місцях та мінімізувати негативний вплив на довкілля.

У ході дослідження було проаналізовано наукові джерела, статистичні дані, практичний досвід використання мобільних або малопотужних установок, а також запропоновано конкретні управлінські та технічні заходи для забезпечення екологічно безпечної утилізації різних груп відходів.

Пояснювальна записка має обґрунтовальний стиль написання. Робота оформлена відповідно до вимог діючих стандартів. Матеріали відповідають об'єкту дослідження.

Під час роботи над бакалаврською кваліфікаційною роботою студент Вараниця В. С. вияв самостійність при вирішенні поставленого завдання, вміння працювати з фаховою літературою, володіє достатніми знаннями з екологічних дисциплін та комп'ютерної техніки.

Робота у цілому виконана на високому рівні і заслуговує оцінку «відмінно».

Керівник роботи,
д.т.н., професор кафедри ЕХТЗД



Роман ПЕТРУК

РЕЦЕНЗІЯ

на бакалаврську кваліфікаційну роботу студента денної форми навчання 4 курсу із спеціальності 101 «Екологія» Вараниці Вадима Сергійовича на тему: «Екологічна безпека розсосередженої утилізації відходів».

Бакалаврська кваліфікаційна робота присвячена актуальній темі - забезпеченню екологічної безпеки при розсосередженій утилізації відходів. Студент ґрунтовно розкрив сутність цього підходу, охарактеризував його екологічні та технічні аспекти, а також навів приклади практичного застосування в умовах децентралізованого управління відходами. Тема є надзвичайно важливою в контексті сталого розвитку та зменшення негативного впливу на довкілля.

Робота має логічну структуру, добре ілюстрована таблицями, рисунками й схемами, що сприяє кращому розумінню матеріалу. Висновки відповідають поставленим завданням, а подані пропозиції щодо підвищення екологічної безпеки мають практичне значення. Виконана робота демонструє достатній рівень аналітичних навичок автора та здатність до самостійного дослідження.

У бакалаврській роботі можна відзначити такий недолік: доцільно було б ширше висвітлити приклади негативного впливу неконтрольованої розсосередженої утилізації на компоненти довкілля, зокрема на стан ґрунтів та вод. Це дозволило б більш глибоко аргументувати необхідність запровадження ефективних контрольних механізмів.

Бакалаврська кваліфікаційна робота у цілому виконана на високому рівні і заслуговує оцінку «відмінно».

Рецензент



к.т.н., доц. кафедри ЕХТЗД

Ольга ГОРДІЄНКО

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАГРОЗ ДОВКІЛЛЮ ВІД РОЗМІЩЕННЯ ПОБУТОВИХ ТА ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ.....	8
1.1 Обсяги утворення відходів в Україні та Вінниччині.....	8
1.2 Аналіз структури та характеристик побутових відходів.....	11
1.3 Аналіз структури та характеристик промислових відходів.....	14
1.4 Екологічний вплив побутових відходів.....	16
1.5 Стійкі органічні забруднювачі, їх властивості та екологічні ризики.....	19
2 МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ВІДХОДІВ НА ДОВКІЛЛЯ.....	23
2.1 Методи виявлення забруднення у воді, ґрунтах та повітрі.....	23
2.2 Нормативно-правова база нормування впливів на довкілля.....	25
2.3 Речовини, що довго розкладаються у ґрунті та їх екологічна небезпека.....	29
2.4 Речовини, що швидко розкладаються, та їх вплив на довкілля.....	31
3 ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ РОЗЗОСЕРЕДЖЕНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ.....	34
3.1 Принципи та особливості розсосередженої утилізації.....	34
3.2 Будова цинкової батарейки.....	35
3.3 Аналіз вмісту цинку в ґрунтах та його значення для росту рослин.....	36
3.4 Опис методу біоіндикації за допомогою пророщування рослин.....	37

3.5 Екологічна оцінка фітотоксичності батарейки	40
4 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗЗОСЕРДЖЕНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ	49
4.1 Основні екологічні ризики при реалізації методу (небезпека утилізації CO ₂)	49
4.2 Практичні аспекти реалізації методу у промислових масштабах	51
4.3 Огляд хімічних речовин, які потенційно можна використовувати для розсосередженої утилізації	53
4.4 Рекомендації по впровадженню методів розсосередженої утилізації відходів	57
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62
ДОДАТОК А Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	65
ДОДАТОК Б	67
ДОДАТОК В	68
ДОДАТОК Г	69
ДОДАТОК Д	70

ВСТУП

На території України, зокрема у Вінницькій області, обсяги утворення побутових та промислових відходів щороку зростають. Однак існуючі методи їхньої утилізації часто є неефективними, що посилює проблему забруднення води, ґрунтів та повітря. У цьому контексті роззосереджена утилізація відходів виступає перспективним підходом до мінімізації негативного впливу на довкілля. Особливої уваги заслуговує вплив компонентів, таких як цинк, що міститься у відходах, на ріст рослин, ґрунти та їхню придатність для сільськогосподарського використання.

У роботі проведено аналіз загроз довкіллю від розміщення відходів, охарактеризовано побутові та промислові відходи, вивчено їхній вплив на стан води, ґрунтів і повітря. Крім того, досліджено нормативно-правову базу нормування впливів на довкілля та запропоновано методологію оцінки екологічної безпеки.

Актуальність дослідження полягає у необхідності вдосконалення методів утилізації відходів з урахуванням екологічної безпеки. У сучасних умовах важливо створити такі підходи, які б дозволяли не лише знижувати обсяги накопичених відходів, але й сприяли відновленню природного середовища. Метод роззосередженої утилізації, що передбачає рівномірне розміщення відходів з мінімізацією локального навантаження, є одним із таких перспективних рішень.

Роззосереджена утилізація відходів передбачає обробку та знешкодження відходів безпосередньо на місцях їх утворення або в наближених точках. Такий підхід дозволяє зменшити витрати на транспортування та зберігання відходів, а також знизити навантаження на централізовані полігони. Роззосереджена утилізація сприяє оперативнішому реагуванню на екологічні загрози, пов'язані з

накопиченням небезпечних речовин. Особливо ефективною ця методика є для обробки дрібних партій небезпечних відходів, таких як батарейки, електроніка чи хімічні реагенти. У сільських і малонаселених регіонах розсосереджена утилізація дозволяє ефективно організувати систему поводження з відходами без потреби в великих інфраструктурних об'єктах. Одним із прикладів такого підходу є використання методів біоіндикації та фітотестування для визначення екологічної небезпеки відходів. Розсосереджена утилізація також відкриває можливості для локального повторного використання або переробки вторинної сировини. Впровадження цієї моделі потребує оновлення нормативної бази, інформаційної підтримки та залучення місцевих громад до управління відходами.

Мета дослідження полягає у обґрунтуванні методу розсосередженої утилізації відходів, який сприятиме зменшенню екологічних ризиків, пов'язаних із накопиченням та утилізацією відходів.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні завдання:

1. Охарактеризувати загрози довкіллю від розміщення побутових та промислових відходів.
2. Дослідити методологію оцінки впливу відходів на довкілля.
3. Обґрунтувати методи розсосередженої утилізації відходів.
4. Проаналізувати екологічну безпеку реалізації розсосередженої утилізації відходів.

Об'єктом дослідження є відходи побутового та промислового походження, їхній вплив на довкілля та можливості утилізації.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАГРОЗ ДОВКІЛЛЮ ВІД РОЗМІЩЕННЯ ПОБУТОВИХ ТА ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ

1.1 Обсяги утворення відходів в Україні та Вінниччині

Відходи споживання, чи побутові відходи, згідно [1], виникають в результаті життєвого циклу людини. Вони можуть мати тверду або рідку форму.

До рідких відходів споживання можна віднести стічні і каналізаційні води. Тверді побутові відходи в загальному розумінні – це непридатні для подальшого використання харчові продукти та предмети побуту, які викидає людина [1-3].

Однією з основних задач наукового дослідження шляхів вирішення проблеми твердих побутових відходів є виявлення оптимальних пропорцій співвідношення витрат з ефектом, що досягається, тобто визначення ефективності. На сьогодні в світі існує досить багато технологій збору та утилізації побутового сміття, проте навіть найдосконаліші з них можуть бути зведені нанівець людським фактором, ось чому важливим елементом комплексного підходу до утилізації твердих побутових відходів є усвідомлення самими людьми важливості існуючої проблеми.

Кількість вивезених ТПВ у період з 2016 по 2022 рр. наведено в табл. 1.1.

Накопичення ТПВ у всіх регіонах України і по країні в цілому характеризується тим, що в найбільш густо населених і промислово розвинутих регіонах з високим відсотком міського населення обсяги відходів, що накопичуються, значно вищі, ніж у сільськогосподарських. При цьому переважна кількість зазначених відходів приходить на великі міста (табл. 1.2-1.3).

Таблиця 1.1 – Кількість вивезених ТПВ

Адміністративно-територіальний поділ	Кількість вивезених ТПВ по роках, млн.м ³						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Вінницька	0,61	0,35	0,77	0,68	0,70	0,71	0,72
Вивезених ТПВ по Україні	26,31	29,78	36,67	32,39	37,65	43,23	46,2

Таблиця 1.2 – Об'єми накопичення ТПВ у Вінницькій області (нежитлові приміщення)

Об'єкти ТПВ	Розрахункова одиниця	середньодобова		середньорічна		Густина, кг/м ³
		кг	дм ³	кг	м ³	
Лікарні	одне ліжко	0,64	2,16	235	0,79	300
Поліклініки	один візит	0,01	0,05			200
Готелі	одне місце	0,25	18	90	0,43	210
Гуртожитки	-	0,25	18	90	0,43	210
Санаторії	-	0,69	2,47	250	0,9	270
Дитячі садки	-	0,33	1,08	79	0,26	300
Школи	один учень	0,08	0,38	20		210
ВНЗ і технікуми	-		0,46	24	0,11	220
Театри і кіно	одне місце	0,06	0,28	20		200
Ресторани	одна страва	0,09	0,27			300
Проммаги	1 м ² . торг. площі	0,16	0,8	50	0,25	200
Продмаги	-	0,32	1,42	100	0,44	230
Базари	-	0,09	0,22	33	0,8	400
Склади	м ² площі	0,09	0,22	33	0,8	400
Вокзали	-	0,36	1,37	130	0,05	260

Таблиця 1.3 – Об’єми ТПВ у Вінницькій області (житлові приміщення)

Об’єкти утворення відходів	Норма накопичення ТПВ на одного мешканця				Густина кг/м ³
	Середньодобова		Середньорічна		
	кг	дм ³	кг	дм ³	
Будинки з гарним добробутом без відбору харчових відходів	0,49-0,51	2,12-2,19	190-195	770-820	230-250
Будинки з поганим добробутом без відбору харчових відходів	0,93	2,57	340	940	360
Будинки приватного сектору з присадибними ділянками	1,5	3,29	550	1200	460

Для будинків з гарним добробутом та сміттєпроводом норма накопичення ТПВ на 15 % вища, ніж для таких же будинків без сміттєпроводу.

В структурі ТПВ переважає органіка і папір. При цьому, чим більше сільського населення і приватного сектору, тим більший відсоток органічних і харчових відходів. Крім того, за останнє десятиліття відзначається ріст об’ємів пластикових пакувальних виробів. Інформація про способи утилізації ТПВ та розподіл відходів за категоріями в різних країнах Європи і світу подана у табл. 1.4. і на рис. 1.1.

Необхідно вказати, що в основному зміна складу ТПВ по сезонам року відбувається через збільшення вмісту харчових відходів з 20-25% навесні до 40-55% восени. Це пов’язано зі збільшенням споживання населенням овочів і фруктів. Досвід показує, що все більше збільшується в складі ТПВ кількість

паперу, полімерних матеріалів. У той же час у зв'язку з організацією в містах централізованого теплопостачання істотно скоротилося в складі ТПВ зміст вугілля та шлаку. Крім того, постійно змінюється зміст склотари.

Таблиця 1.4 – Фракційний склад ТПВ, Вінницька область

Вид відходів Місто	Органіка	Папір	Полімери	Скло	Деревина	Метали	Текстиль	Інші
Вінниця	32%	24%	6%	6%	1,5%	4%	3%	23,5%
Хмільник	25%	20%	21%	6,5%	-	5%	-	22,5%
Мог.- Подільський	40%	22%	20%	5%	-	3%	-	10%
Козятин	70%	8%	15%	5%	-	2%	-	-
Немирів	74%	7%	15%	2%	-	2%	-	-

Все це вказує на те, що морфологічний склад ТПВ не є постійним для міст країни. Тому для конкретного міста він повинен визначатися періодично спеціалізованою організацією.

1.2 Аналіз структури та характеристик побутових відходів

Відходи – це будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворюються у процесі людської діяльності і не мають подальшого використання за місцем утворення чи виявлення та яких їх власник повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення. Тверді побутові відходи (більш відомі як сміття або сміття) - складаються з предметів побуту, які ми використовуємо, а потім викидаємо, наприклад, упаковка продуктів, вирізки для трави, меблі, одяг, пляшки, харчові відходи, газети, техніка, фарба та ін. батареї [2-5].

За класифікацією відходи бувають:

1) всі відходи можна розділити на дві великі групи – відходи споживання та виробництва:

- відходи виробництва: продукти, які утворилися як побічні при створенні кінцевого продукту;
- відходи споживання: товари та вироби, які відслужили свій строк в побиті, а також непотрібні людині продукти та їх залишки, утворенні в системі господарства: тверді побутові відходи, великогабаритні матеріали, побутова техніка та меблі, які відслужили свій термін, крупногабаритні гумові відходи, відпрацьовані акумулятори, ртутні лампи, автолом, електронний лом (радіо- та телеапаратура).
- промислові, сільськогосподарські, побутові.

Згідно з агрегатним станом відходи поділяються на рідкі, тверді та газоподібні.

Каталог, що класифікує відходи, призначений для використання державним та муніципальним управлінням, має кодову систему і являє собою перелік видів відходів, систематизованих за сукупністю пріоритетних ознак:

- відходи за походженням;
- відходи за агрегатним станом;
- відходи за хімічним станом;
- відходи за екологічною небезпекою.

За ієрархічною ознакою, відходи класифікуються : блоки, групи, підгрупи, позиції, субпозиції. Блоки класифікуються:

- комунальні відходи (побутові включно);
- хімічні відходи;

- мінеральні відходи;
- органічно-природні відходи.

На сьогодні, за морфологічним складом тверді побутові відходи характеризуються (рис.1.1):

- папір, картон - 22%;
- харчові та рослинні відходи - 39%;
- чорні та кольорові метали - 2,37%;
- дерево - 1%;
- текстиль - 4,50%;
- скло - 5,50%;
- шкіра, гума - 1,80%;
- кістки - 0,50%;
- камені - 4%;
- пластмаса - 7,87%;
- інше - 10,66%.

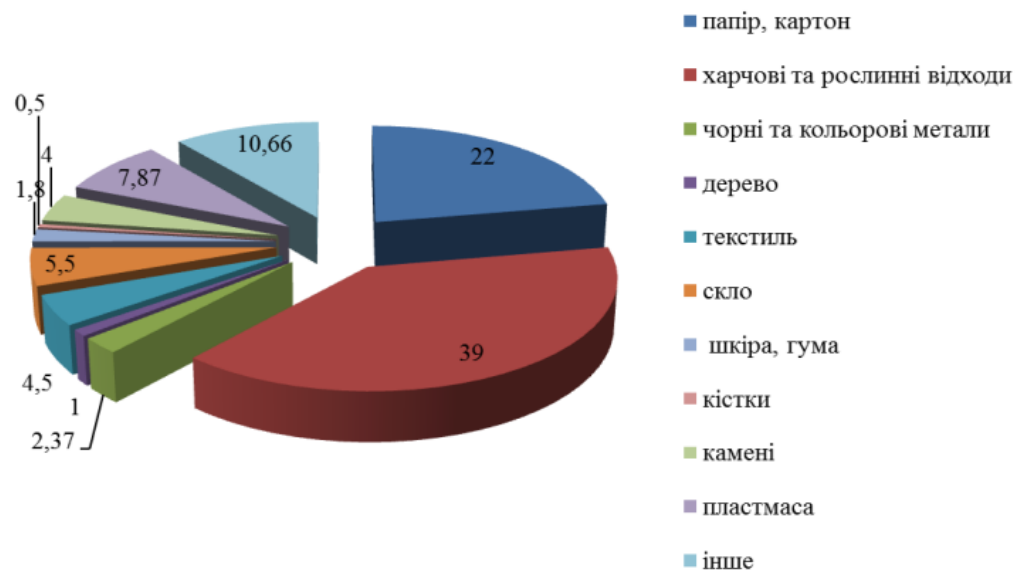


Рисунок 1.1 - Морфологічний склад твердих побутових відходів

Досвід показує, що все більше збільшується в складі ТПВ кількість паперу, полімерних матеріалів. У той же час у зв'язку з організацією в містах централізованого теплопостачання істотно скоротилося в складі ТПВ зміст вугілля та шлаку. Крім того, постійно змінюється зміст склотари.

Все це вказує на те, що морфологічний склад ТПВ не є постійним для міст країни. Тому для конкретного міста він повинен визначатися періодично спеціалізованою організацією.

1.3 Аналіз структури та характеристик промислових відходів

Промислові відходи - різноманітні відходи, створених в результаті виробничої діяльності людини (в промисловості, будівництві, сільському господарстві, на транспорті).

До твердих промислових відходів відносять:

- відходи металу, дерева, пластмас, резини та інших матеріалів,
- осади стічних вод після їх обробки,
- шлами пилу в системах мокрого очищення газів,
- промислове сміття.

Джерела утворення твердих промислових відходів

Основна маса твердих промислових відходів утворюється на підприємствах:

- гірничої промисловості (шлаки, відвали та ін.);
- чорної та кольорової металургії (шлаки, шлами, відходи металу, колошниковий пил та ін.);
- металообробна промисловість (металева стружка, браковані вироби, лом, тощо);

- лісової та деревообробної промисловості (лісозаготівельні відходи, відходи деревини при виготовленні меблів, паркету, дверей, вікон та інших дерев'яних виробів, відходи клеїв, формальдегідних смол, лакофарбових матеріалів та ін.);
- енергетики (шлаки, попіл, жухелиця, які утворюються на теплових електростанціях);
- хімічної та суміжних галузей промисловості (фосфогіпс, галіт, недогарок, шлами, шлаки, скло, цементний пил, гума, пластмаси та ін.);
- харчової промисловості (кості, шерсть та ін.);
- легкої промисловості (шматки тканини, шкіри, гуми, пластмаси та ін.).

До твердих промислових відходів належать також:

- осади стічних вод;
- шлами пилу в системах мокрого очищення газів.

Проблеми з накопиченням та утилізацією твердих промислових відходів виникають і потребують свого вирішення в кожній цивілізованій країні. Не являється виключенням і Україна.

На сьогоднішній день в нашій державі накопичено 25 млрд. тон твердих промислових відходів.

Інвентаризація та статистична звітність за останні 10 років свідчить, що на підприємствах України щороку утворюється 1 млрд. твердих промислових відходів. Із них 100 млн. тон токсичних, а 2,5-3,5 млн. тонн високотоксичних, які за європейськими стандартами відносяться до першого класу небезпеки. Кількість підприємств, на яких фіксують токсичні відходи перевищує 2500. Загальний обсяг накопичення токсичних відходів становить 4,5 млрд. тонн, а

поточні витрати на їх утримання становлять щорічно більше 25% від вартості виробленої продукції.

За обсягами утворення домінують токсичні відходи, які містять важкі метали (хром, свинець, нікель, кадмій, ртуть). Переважно це відходи підприємств чорної і кольорової металургії, хімічної промисловості, машинобудування (гальванічні виробництва), гірничо-хімічні комбінати та інші.

Окрему групу твердих токсичних відходів становлять непридатні до використання та заборонені до застосування хімічні засоби захисту рослин. За даними офіційної статистики, кількість цих відходів, накопичених в Україні, становить близько 13500 тонн. Вони зосереджені по всій території України, нерідко знаходяться у непристосованих приміщеннях, а подекуди просто неба.

В нашій державі нараховується близько 300 накопичувачів твердих токсичних відходів, які побудовані без належного технічного захисту і стали джерелом екологічної небезпеки регіонального масштабу. Не вистачає обладнаних сховищ для зберігання токсичних відходів і установок для їх знешкодження та регенерації.

1.4 Екологічний вплив побутових відходів

Екологічна і соціальна складові проблеми відходів являють собою сукупність факторів, що мають істотний вплив на середовище життя населення великих міст. Це цілком природно, оскільки неконтрольований ріст територій, зайнятих полігонами для складування побутових відходів, веде до зменшення земельних площ, придатних для господарського використання, негативно впливає на навколишнє середовище, створює можливість техногенних катастроф, забруднює ґрунтові води і повітря.

У більшості випадків звалища і полігони розташовуються у вироблених кар'єрах і складаються з насипних фунгів з домішками різних відходів [4]. Під

впливом атмосферного повітря, води і біоти в цих фунгах протікають різні біохімічні і хімічні реакції, у результаті яких виділяється тепло, яке можна утилізувати, а також утворюються біогаз і фільтрат. Останні є основними постачальниками токсичних речовин у підземні води і приземну атмосферу. Біогаз неминуче потрапляє в атмосферу, викликаючи при цьому ряд негативних наслідків: отруєння персоналу, підвищення вибухонебезпеки, самозагорання ТПВ. Останнім часом особливу актуальність придбали парникові властивості метану, що міститься в біогазі, у зв'язку з проблемою потепління земного клімату. Наявність системи збору і утилізації біогазу є обов'язковою вимогою при будівництві полігонів ТПВ в більшості розвинених країн світу. Воно також передбачене в розроблених в Україні Державних будівельних нормах "Розміщення і проектування полігонів твердих побутових відходів". Близько 90 існуючих полігонів є найбільш великими і містять до 30% всіх ТПВ України. Потенціал біогазу, доступного для виробництва енергії на цих полігонах, складає близько 400 млн. м³/год. Проте сьогодні в Україні немає жодної комерційної системи збору і утилізації біогазу на полігонах ТПВ. Існують лише плани будівництва систем збору і утилізації біогазу в Харкові, Львові, Одесі і інших містах.

Ще кілька років тому вважалось, що відходи є причиною тільки естетичних проблем: сміттєзвалища неприємно пахнуть і спотворюють ландшафт, але їх існування неминуче. Супутня ж небезпека забруднення навколишнього середовища довгий час не визнавалась, а потім замовчувалась.

Звичайне побутове сміття вже давно не складається тільки з харчових відходів та інших органічних речовин, які швидко нейтралізуються природним шляхом. Зростаюча хімізація побутових відходів служить джерелом збільшення забруднення повітря, ґрунту та вод [5].

Довгострокові негативні наслідки хімізації ще залишаються на сьогоднішній день багато в чому не вивченими, і це при тому, що вже відома досить велика кількість шкідливих речовин та їх доз, які можуть спричинити різноманітні захворювання.

Наявність геохімічних аномалій у межах полігонів свідчить про потенційну можливість поширення забруднень на більшій площі, що і підтверджується в більшості випадків на практиці, особливо в зв'язку з недостатньо ретельним виконанням правил складування відходів.

Дана система є нестійкою, оскільки зі зростанням населення кількість сміття невинно росте, що в свою чергу призводить до погіршення умов життя внаслідок підвищення рівня бактеріологічного забруднення та кількості хвороб. Темп зростання рівня бактеріологічного забруднення і кількості хвороб, а також темп погіршення умов життя значно перевищує швидкість зростання кількості населення та кількості відходів, що свідчить про необхідність втручання в даний процес з метою його коригування.

Не секрет, що у районах складування сміття і їхніх найближчих околицях неможливо нормальне проживання населення не тільки з екологічних, але і з психологічних причин [5]. У той же час сміттеві полігони притягають до себе увагу люмпенізованої частини населення, включаючи кримінальний елемент, бомжів, що також веде до росту соціальної напруженості.

Разом з тим не можна невраховувати і те, що економічна складова проблеми твердих побутових відходів також надзвичайно важлива. В жодній із країн світу, у тому числі промислово розвинутих, переробка побутових відходів не приносить прямого прибутку і вимагає державних чи муніципальних дотацій [6]. Отже, роль державних і муніципальних органів у вирішенні даної проблеми залишається високою.

Багато наших полігонів починалися як стихійні смітники. За роки експлуатації вони в кращому випадку піддавалися косметичному ремонту, і тільки. В умовах ринкової економіки паралельно з залишками колишньої економіки в нас усе активніше починають виявлятися й інші принципи. Так, з початку 90-х років у наше життя ввійшов принцип «забруднювач платить».

1.5 Стійкі органічні забруднювачі, їх властивості та екологічні ризики

Проблема стійких органічних забруднювачів (СОЗ) досить актуальна для України й пов'язана з розвиненим сільськогосподарським виробництвом, високою питомою вагою енергетичного та металургійного секторів економіки; причому, першочерговими є завдання щодо поводження з накопиченими непридатними й забороненими пестицидами та реального їх знешкодження.

Україна має потужний промисловий і сільськогосподарський потенціал. Але, на жаль, значна кількість застосовуваних технологій і виробництв є застарілими й потребують модернізації, тому в Україні діє більшість основних категорій джерел викидів СОЗ згідно з класифікацією SNAP (Selected Nomenclature for sources of Air Pollution) – універсальною системою визначення категорій та підкатегорій джерел викидів, а також видів діяльності, що призводять до викидів забруднювальних речовин в атмосферу. Відомо, що викиди ПХДД/ПХДФ утворюються під час термічних процесів за участі органічної речовини і хлору в результаті неповного згоряння або хімічних реакцій.

Великими стаціонарними джерелами ПХДД/ПХДФ можуть бути такі:

- спалювання відходів, у тому числі одночасне спалювання;
- термічні металургійні процеси, наприклад, виробництво алюмінію та інших кольорових металів, чавуну, сталі;

- енергетичні установки комунальної та промислової сфери, на яких спалюють ті чи інші види палива;
- процеси спалювання в побутовому секторі;
- специфічні процеси хімічного виробництва, під час яких утворюються проміжні хімічні сполуки і побічні продукти;
- сміттєспалювальні заводи великих міст України.

Глобальні кліматичні зміни, забруднення сільськогосподарських територій пестицидами та багато інших явищ викликають серйозну занепокоєність щодо майбутнього добробуту людства.

Загальна кількість можливих ізомерів для ПХДД – 75. Ці сполуки є високотоксичними й високостабільними домішками деяких промислових хімікатів, що утворюються в результаті різних технологічних процесів деяких виробництв (рис. 1.2.а). У природі вони не існують і ніколи не знаходять практичного використання. Поліхлорованідибензофурани (ПХДФ) у Стокгольмській конвенції визначають як конденсовані ароматичні сполуки (рис. 1.2.б). Загальна кількість можливих ізомерів для ПХДФ – 135.

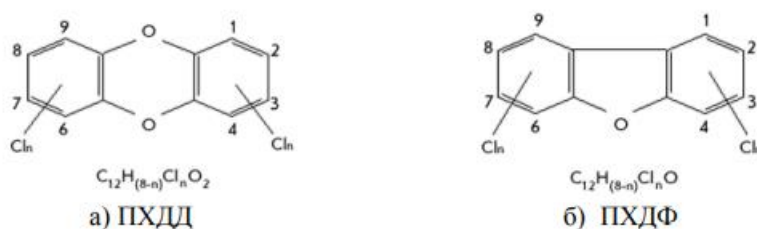


Рисунок 1.2 - Поліхлорованідибензофурани

Аналогічна ситуація і з ПХБ. Відповідно до Додатка С Стокгольмської конвенції ПХБ визначають як ароматичні сполуки, утворені таким чином, що атоми водню в молекулі біфенілу заміщені атомами хлору, кількість яких доходить до десяти (рис. 1.3).

Механізми впливу СОЗ на живу клітину дуже складні і представляють собою низку послідовних подій на молекулярному рівні, яка призводить до змін у регуляції роботи генів і в життєдіяльності клітин. СОЗ діють насамперед на ендокринну систему, руйнуючи її. Вони мають гормоноподібну дію, але, не будучи справжніми гормонами, порушують нормальне функціонування ендокринної системи. Гормони є досить потужними біологічними сполуками, що діють як хімічні посередники (медіатори).

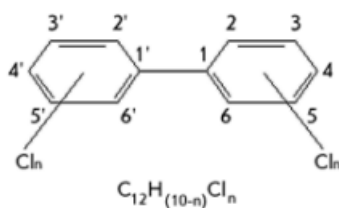


Рисунок 1.3 - Поліхлоровані біфеніли

Вони регулюють широкий спектр відповідних реакцій в організмі: обмін речовин, репродукцію, зростання, розвиток, поведінку й інші процеси клітин. Механізм естрогенної активності СОЗ поки ще повністю не вивчений.

У світі ПХДД, ПХДФ і ПХБ виділені в групу “суперекотоксикантів”. Їх можна виявити майже скрізь: у повітрі, воді, ґрунті, донних покладах, у тканинах риб, тварин, молоці, овочах тощо.

Найвищі концентрації діоксинів знайдено у ґрунтах, донних покладах та біотах. У воді та повітрі їх значно менше, бо вони нерозчинні у воді та нелеткі. Особлива небезпека цих сполук для довкілля полягає в тому, що вони надзвичайно стійкі до хімічного та біологічного розкладення, зберігаються в навколишньому середовищі протягом десятиліть і переносяться харчовими ланцюгами (водорості–планктон–риби–людина, ґрунти–рослини–травоїдні

тварини–людина). Забруднення ґрунтів діоксинами призводить до знищення всіх живих організмів та повної втрати ґрунтами її природних властивостей.

Діоксини є універсальною отрутою, яка діє на клітинному рівні та вражає всі види тварин і більшість рослин. Нові дані про небезпеку діоксинів виходять далеко за межі канцерогенного ефекту.

Забруднення діоксинами і діоксиноподібними сполуками призводять до серйозних негативних впливів на здоров'я людей, які можуть передаватися від покоління до покоління:

- руйнувати гормональні системи, особливо статевого розвитку;
- впливати на ембріональний розвиток, уражати нервову систему плоду;
- порушувати розвиток імунної системи.

2 МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ВІДХОДІВ НА ДОВКІЛЛЯ

2.1 Методи виявлення забруднення у воді, ґрунтах та повітрі

Контактні методи (фізико-хімічні) вимагають досить складного і дорогого обладнання, спеціальних лабораторій і добре навченого персоналу. У країнах із слаборозвиненою матеріально-технічною базою ці аналізи часто доволі тривалі за часом, матеріало- і трудомісткі. Інтерпретація результатів не завжди адекватна екологічній ситуації. Крім того, користуючись інструментальними методами дослідження, можна визначити ті чи інші характеристики об'єкта дослідження (проби повітря, води, ґрунту, біоматеріалу тощо) лише на момент відбору проб.

Однак лишайники, наприклад, здатні накопичувати радіоактивні елементи, мікроелементи; вміст радіонуклідів у них може бути у 10 разів вищий, ніж у трав'янистих рослинах. Лишайники нагромаджують газоподібні й тверді речовини з атмосфери практично постійно і необмежено. Тому, відстежуючи процеси їх накопичення або відсутність, можна оцінити рівень забруднення середовища.

Під впливом забруднень довкілля змінюються еколого-фізіологічні ознаки: пігментація, забарвлення рослин. Їх спричиняє надлишок токсичних солей у ґрунті або нестача поживних речовин. Наприклад, галофіти при помірному підвищенні засолення мають насичений зелений колір; за значної кількості солей у ґрунті - сіро-синюватий; при засоленні за умов недостатнього зволоження - оранжево-червоний.

Біоіндикація дозволяє визначати не лише зміни окремих фізичних або хімічних параметрів, а й цілісні системні зміни в біоценозах, прогнозувати подальший розвиток подій. Рослинність може бути використана не лише як

індикатор окремих факторів середовища, а також як показник сумарних умов: типів ґрунту чи клімату, гірських порід, сільськогосподарських угідь. Біоіндикаторами можуть бути лише ті рослини, які помітно реагують на аномалії. Зовнішні подразники впливають на кислотність середовища, щільність коріння.

Аналогічно, в якості біоіндикаторів можуть слугувати тварини, гриби, мікроорганізми. На біооб'єктах найкраще спостерігати безпосередню дію і віддалені наслідки впливу того чи іншого полютанта (забруднювача) або ксенобіотика (речовини, чужорідної для біосфери, яка природно не синтезується, наприклад, пестициди, мийні засоби, мінеральні добрива).

Таким чином, перевагами методів біоіндикації є те, що вони:

- підсумовують біологічно важливі дані щодо навколишнього середовища;
- здатні реагувати на короткочасні й залпові викиди токсикантів;
- реагують на швидкість змін, що відбуваються в довкіллі;
- вказують на місця накопичення забруднювачів та шляхи їх міграції;
- дають змогу розробляти оцінки шкідливого впливу токсикантів на людину й живу природу на ранніх стадіях та нормувати допустиме навантаження на екосистеми.

До недоліків методів біоіндикації слід віднести те, що вони не дають інформації про об'єктивні фізико-хімічні особливості стресового фактора, що діє; вони потребують, як правило, більшої повторності для отримання статистично значущих результатів.

Отже, біоіндикація має певні переваги як метод отримання безпосередньої інформації про зміни стану біоти в конкретних умовах забруднення, але вона повинна поєднуватися з хімічними й геофізичними дослідженнями для отримання не лише якісних, а й кількісних показників.

2.2 Нормативно-правова база нормування впливів на довкілля

Основними документами, що визначають принципи поводження з відходами та пріоритети в цій сфері, є закони України «Про відходи» [16] і «Про охорону навколишнього природного середовища» [15]. У рамках національної екологічної політики визначено такі ключові підходи до поводження з відходами:

- необхідність розробки технологій та заходів, спрямованих на мінімізацію утворення, переробку та очищення відходів (включаючи як комунальні, так і промислові компоненти);
- надання економічних переваг компаніям, які впроваджують зазначені технології та заходи;
- запобігання захороненню відходів, що підлягають переробці;
- покладання відповідальності за негативні наслідки для навколишнього середовища (та усунення завданої шкоди) на забруднювача довкілля;
- впровадження екологічного податку.

Згідно із Законом України «Про відходи», до основних напрямів державної політики у сфері поводження з відходами належать:

1. забезпечення повного збирання і своєчасного знешкодження та видалення відходів, а також дотримання правил екологічної безпеки при поводженні з ними;
2. зведення до мінімуму утворення відходів та зменшення їх небезпечності;
3. забезпечення комплексного використання первинних матеріальних ресурсів;
4. сприяння максимально можливій утилізації відходів;

5. забезпечення безпечного видалення відходів, що не підлягають утилізації, шляхом розроблення відповідних технологій та екологічно безпечних практик поводження з ними.

Ці напрями класифіковано за пріоритетністю згідно зі «сходами Лансінка» і вони відповідають нормам Європейської директиви щодо поводження з відходами.

Відповідно до змін, ухвалених у 2012 році до Закону України «Про відходи», споживачі зобов'язані укладати договори на утилізацію твердих побутових відходів (ТПВ), оплачувати відповідні послуги та забезпечувати роздільне збирання відходів. З 1 січня 2018 року набрала чинності заборона на захоронення неперероблених відходів на полігонах.

У рамках реалізації державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища до 2020 року (ухваленої у 2011 році), поводження з ТПВ не було визначено як головний пріоритет.

Проте Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, ратифікована 16 вересня 2014 року, визначає принципи співробітництва, зокрема у сфері збереження, охорони, покращення та відновлення якості навколишнього середовища, охорони здоров'я, раціонального використання природних ресурсів. Вона також передбачає гармонізацію українського законодавства у сфері поводження з відходами з екологічним законодавством ЄС.

Питання поводження з відходами включено до коаліційної угоди Верховної Ради України (від 21 листопада 2014 року), де передбачено впровадження розширеної відповідальності виробника відповідно до принципу «забруднювач платить». Йдеться про відповідальність виробника (або первинного імпортера) за весь життєвий цикл продукції, включаючи її утилізацію (безпосередньо або фінансово).

Стимулом для утилізації відходів та використання звалищного газу як альтернативного палива стало ухвалення змін до Закону України «Про електроенергетику». Встановлено, що електроенергія, вироблена шляхом спалювання звалищного газу, закуповується за тарифом, помноженим на 2,3 («зелений» тариф). У разі ухвалення нового законопроекту, поданого до Верховної Ради, цей коефіцієнт може бути підвищено до 3,0.

Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України у сфері поводження з відходами» (січень 2015 року) передбачає впровадження стандартів послуг з перевезення побутових відходів. Проте лише чверть міст розробила і затвердила відповідні санітарно-профілактичні схеми.

У 2010 році Державне агентство з інвестицій започаткувало національний проєкт «Чисте місто», щоб продемонструвати можливості сучасних технологій переробки ТПВ. Проте, за оцінками ПРООН та Deloitte, навіть після реалізації цього та інших проєктів, близько 75% ТПВ все ще потребуватимуть захоронення.

Зміни до Закону України «Про відходи» (жовтень 2012 року) надали визначення «перероблених відходів» як тих, що змінили свої фізичні, хімічні чи біологічні властивості внаслідок технологічної обробки. Починаючи з січня 2018 року, на полігони дозволено вивозити лише відходи, що пройшли таку обробку або спалення.

Попри вжиті заходи, цільові показники з переробки відходів, затверджені постановою КМУ № 915, досягнуті не були. Більшість операторів обмежуються лише збиранням і транспортуванням відходів. На тлі зростання обсягів відходів, проєкти з переробки вторинної сировини впроваджуються лише епізодично.

Одним із перспективних напрямів утилізації ТПВ є їх використання як компонента палива у цементній промисловості. Ініціатива «Чисте місто» передбачала роздільне збирання ТПВ і будівництво переробних підприємств,

однак уже у 2009 році програму припинили через нестачу фінансування. Через 5 років після початку її реалізації площа звалищ зросла майже вдвічі, при цьому не було збудовано жодного сміттєспалювального заводу.

3 січня 2013 року Кабінет Міністрів України затвердив Загальнодержавну програму поводження з відходами на 2013-2020 роки, розроблену Міністерством екології та природних ресурсів України.

На сьогодні регіональні програми поводження з відходами реалізуються майже в усіх регіонах України. Їх було розроблено на основі попередньої загальнодержавної програми (яка діяла до 2012 року). У низці регіонів ці стратегічні документи передбачають досягнення цільових показників переробки та зменшення впливу на навколишнє середовище; в інших пріоритетним є використання найефективніших технологій.

Згідно з оцінками, вартість інвестиційних програм залежить від конкретного регіону та становить від 20 до 100 млн євро. Усі програми покладаються передусім на фінансування з державного бюджету.

Відповідно до ст. 22 Закону України «Про відходи», уповноваженими органами виконавчої влади у сфері поводження з відходами є:

- Міністерство екології та природних ресурсів України;
- Державна екологічна інспекція України;
- Державна санітарно-епідеміологічна служба України;
- Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України;
- обласні державні адміністрації.

Міністерство енергетики та захисту довкілля України є основним органом, що визначає політику у сфері розробки та контролю впровадження стратегій щодо поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) з точки зору дотримання законодавства у сфері охорони навколишнього середовища.

Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України координує роботу місцевих органів влади із впровадження зазначених стратегій та визначає нормативно-правову базу, яка регулює цю галузь.

Органи державної влади визнають, що чинна система поводження з відходами не спроможна забезпечити надання якісних та ефективних послуг. Контроль за впровадженням технологій, спрямованих на переробку відходів та мінімізацію їх утворення, а також залучення інвесторів здійснюють органи місцевої влади відповідно до Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні».

2.3 Речовини, що довго розкладаються у ґрунті та їх екологічна небезпека

Пестициди та інші хімічні засоби захисту рослин (ХЗЗР) – це біологічно активні сполуки, які можуть негативно впливати на життєдіяльність людини, теплокровних тварин і культурних рослин. Часто вони потрапляють на об'єкти, які не є метою обробки: ґрунт, атмосферу, водойми. Це призводить до загибелі корисних комах, таких як запилювачі, ентомофаги й акарофаги, а також до забруднення суміжних посівів і природних екосистем [23].

Залежно від призначення, пестициди поділяють на такі типи: інсектициди (комахи-шкідники), акарициди (кліщі), молюскоциди (молюски), овіциди (яйця комах), лярвициди (личинки), репеленти (відлякування), аттрактанти (приманювання), нематоциди (нематоди), родентициди й зооциди (гризуни), бактерициди (бактерії), гербіциди (бур'яни), дефоліанти (видалення листя), десиканти (підсушування), арборициди (чагарники й дерева).

За здатністю до накопичення в організмі виділяють 4 групи: надкумулятивні ($K_k < 1$), з вираженою ($K_k = 1-3$), помірною ($K_k = 3-5$) та слабкою кумуляцією ($K_k > 5$). Стійкість пестицидів оцінюється за тривалістю

розкладу: дуже стійкі – понад 2 роки; стійкі – 0,5-2 роки; помірно стійкі – 1-6 місяців; нестійкі – до 1 місяця.

Важкі метали належать до пріоритетних забруднювачів, контроль за якими здійснюється в усіх середовищах. Поняття "важкі метали" охоплює велику групу елементів, визначення якої залежить від атомної маси, густини, токсичності, поширеності в природі й участі у біоциклах. До них іноді зараховують навіть металоїди (миш'як) чи дрібнодисперсні елементи (вісмут). У екологічному контексті зазвичай розглядають понад 40 металів із атомною масою >50 : V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi тощо. Особливу небезпеку становлять їх висока токсичність у малих дозах, а також здатність до біоаккумуляції та біомагніфікації.

Більшість таких металів (окрім свинцю, кадмію, ртуті та вісмуту) виконують біологічні функції, зокрема як компоненти ферментів. За класифікацією Н. Реймерса, до важких металів належать елементи з густиною понад 8 г/см^3 : Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg [20].

У ґрунтах важкі метали накопичуються у вигляді різних сполук, що може досягати небезпечних рівнів. Хоча в незначних концентраціях вони необхідні для мікроорганізмів, у великих дозах спричиняють порушення структури біоценозу та гальмують ферментативну активність (фосфатази, дегідрогенази, інвертази, протеази) [13, 25]. В Україні контроль здійснюється лише за шістьма металами – Zn, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, і лише в їх рухомій формі.

Залежно від небезпеки, метали поділяються на три класи: дуже небезпечні (As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn, F), небезпечні (B, Co, Ni, Mo, Sb, Cr) і менш небезпечні (Ba, V, Mn, Sr). Основні джерела їх надходження – промислові викиди (гірничодобувна, хімічна, металургійна галузі), транспорт, використання пестицидів, добрив, меліорантів, а також зрошення стічними водами.

Рівень забруднення залежить від потужності підприємств, сировини, технологій та ефективності очищення. Забруднення має здебільшого локальний характер: найбільші концентрації фіксуються в радіусі до 20 км від джерел, зокрема біля металургійних комбінатів (свинцю, кадмію, цинку, міді, ртуті, миш'яку, селену). Біля цементних і нафтопереробних підприємств зростає рівень хрому. У ґрунтах поблизу джерел забруднення вміст металів може перевищувати граничні норми в сотні разів. Такі території непридатні для сільського господарства без спеціального оздоровлення [14, 15, 32]. Найбільше забруднення фіксується на відстані 7-10 м від доріг; у межах 30-80 м – зниження врожайності та якості продукції.

2.4 Речовини, що швидко розкладаються, та їх вплив на довкілля

Найбільш широке практичне застосування в боротьбі зі шкідливими комахами мають спорові бактерії. В даний час дозволені до застосування дві високовірулентні спорові бактеріальні культури, що використовуються для приготування ефективних біопрепаратів. Бактеріальні препарати, що відносяться до інсектицидів нового покоління, ефективні щодо порядку 400 видів комах, включаючи шкідників полів, садів, лісу і виноградників.

В даний момент в боротьбі з шкідниками саду та лісу найбільш широко використовуються біопрепарати, створені на основі кристаллообразуючих бактерій з груп *Bacillus thuringiensis*, var. *Thuringiensis* і *Bacillus thuringiensis*, var. *kurstaki*, а також Спіносад, який є продуктом ферментації природного ґрунтового організму. Спіносад має високу активність, має яскраво вираженим кишково-контактною дією. До загибелі комах призводить порушення передачі нервових імпульсів і інгібування нікотин-ацетилхолінових рецепторів. Захисна дія близько двох тижнів.

Біологічні пестициди – це використання живих організмів (грибів, бактерій, вірусів комах, генетично модифікованих організмів, природних ворогів тощо) або їх метаболітів (феромон, ауксин, нафталіно-оцтова кислота, 2,4-D тощо) для знищення або знищення сільськогосподарських шкідників. інгібіторні препарати.

Щодо сфери застосування біологічних пестицидів, то в країні та за кордоном не існує дуже точного та уніфікованого визначення. За об'єктами використання біопестициди загалом поділяються на дві категорії: безпосереднє використання живих організмів та використання біологічно активних речовин. До першої належать бактерії, гриби, нематоди, віруси та мікроорганізми-антагоністи, а до другої — сільськогосподарські антибіотики, рослини. Регулятори росту, статеві феромони, інгібітори живлення, ювенільні гормони та фізіологічно активні речовини, отримані з рослин. Однак у практичному застосуванні сільськогосподарського виробництва в моїй країні біологічні пестициди зазвичай відносяться до мікробних пестицидів, які можна промислово виробляти у великих масштабах.

У сучасних умовах різко зростає роль захисту рослин у системах землеробства, оскільки втрати продукції рослинництва від шкідливих організмів (збудників хвороб, бур'янів, шкідників) у середньому становлять 17%. В окремих регіонах України при несприятливих погодних умовах господарства втрачають 25-40% вирощеного врожаю.

За даними спеціалістів, в Україні сільському господарству завдають шкоди близько 8 тисяч видів шкідливих організмів. Проти 400 із них здійснюються активні заходи боротьби, серед яких найпоширенішим залишається хімічний метод захисту рослин.

Не заперечуючи певних переваг хімічних пестицидів, не слід забувати й про негативні наслідки їх використання:

- По-перше, широке застосування хімічних засобів призводить до їх накопичення в ґрунті, водоймах, підземних водах, плодах, і, через трофічні ланцюги, - у організмі людини.
- По-друге, при інтенсивному застосуванні хімікатів у шкідливих організмів виникає стійкість до їх дії.

Крім того, разом зі шкідливими організмами гинуть і корисні види, наприклад, ентомофаги, які відіграють ключову роль у природному регулюванні чисельності шкідників. Стрімке зростання інтенсивності забруднення довкілля і погіршення якості сільськогосподарської продукції внаслідок застосування хімічних пестицидів стало сильним стимулом для впровадження біологічного методу захисту рослин у практику у всьому світі.

Україна має вагомий досвід у цій сфері: ще понад 100 років тому І.І. Мечников розробив перший мікробіологічний препарат. У другій половині ХХ століття було створено великотоннажне виробництво біологічних препаратів, які знайшли широке застосування в сільському господарстві.

Останні десятиріччя для захисту рослин від шкідників і збудників хвороб активно застосовуються біологічні препарати, основою яких є мікроорганізми та продукти їхньої життєдіяльності. Оскільки діючі агенти біопрепаратів є компонентами природних біоценозів, це забезпечує їхню безпечність для довкілля, людей, теплокровних тварин, птахів, риб та корисної ентомофауни.

Основні переваги мікробіологічних засобів захисту рослин:

- Висока ефективність за умов правильного застосування;
- Вибіркова дія на широкий спектр шкідливих комах і фітопатогенів;
- Висока екологічна безпека;
- Можливість вирішення проблеми стійкості популяцій шкідників до хімічних пестицидів.

3 ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ РОЗЗОСЕРЕДЖЕНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

3.1 Принципи та особливості роззосередженої утилізації

Метод роззосередженої утилізації передбачає внесення в об'єкти довкілля (переважно ґрунт) відходів виробництва в невеликих концентраціях таким чином, щоб ці відходи змогли включитися в природні процеси і перетворитися на безпечні і корисні компоненти. Обов'язковою вимогою використання даного методу має бути використання таких компонентів і таких концентрацій, щоб не було суттєвого перевищення ГДК, а також не відбувалося поширення і перенесення хімічних сполук на значні відстані та потрапляння в поверхневі води. До потенційно безпечних для використання у цьому методі сполук можна віднести добрива та пестициди, відходи гірничої діяльності, рослинні органічні відходи, деякі відходи деревообробки та ін.

Метод несе низку потенційних загроз і може бути використаний, лише як часткова альтернатива до існуючих методів переробки. Проте, які відомо жодна технологія не може бути абсолютно безпечною, і варто оцінювати потенційні ризики. Тому при достатньому науковому обґрунтуванні даний метод може бути використаний для певних хімічних речовин та відходів. Наразі проводяться експерименти безпечності такого методу для рослин вирощених в лабораторних контрольованих умовах та значень безпечних концентрацій для різних ґрунтів [22].

3.2 Будова цинкової батарейки

Батарейка вугільно-цинкової має досить простубудову та досить звичні для довкілляхімічні компоненти. Або може містити компоненти які досить швидко розкладаються у довкіллі.

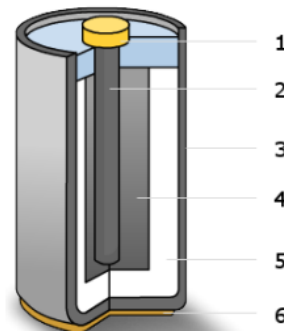


Рисунок 3.1 – Будова та хімічний склад вугільної цинкової батарейки.

1. Металевий ковпачок, зазвичай виготовлено з сталі товщиною 0,10-0,36 мм та гальванічно покрито цинком або оловом. (Fe, Zn, Sn); Під ковпачком може міститися прокладка для відводу газів.

2. Пресований вугільний стрижень з вмістом парафіну (C , $C_{31}H_{64}$).

3. Цинковий контейнер.

4. Вугільний брикет з вмістом електроліту.

5. Електроліт. Паста хлориду амонію чи хлориду цинку (NH_4Cl , $ZnCl_2$).

6. Жестяний ковпачок (Fe, Zn, Sn).

Для зменшення течії електроліту в результаті корозії також може використовуватися кортонний чи полімерний футляр. Загалом майже всі компоненти які наведені у складі даного типу батарейки є основними хімічними елементами довкілля, а тому зустрічаються в ньому в певних концентраціях як у ґрунті. При певних типах обробки вугільно-цинкових батарейок можна відділяти металеву оболонку з полімерною прокладкою від решти компонентів – електроліту, вугільного стрижня та цинку. Як наслідок відділена складова

може бути використана у якості добрива для ґрунту. Наявність цинку буде позитивно сприяти на ріст рослин [12].

3.3 Аналіз вмісту цинку в ґрунтах та його значення для росту рослин

Близько половини ґрунтів світу, на яких вирощують зернові культури, характеризуються недостатнім вмістом цинку, що призводить до недобору врожаю, зниження його якості та, в підсумку, до нестачі цинку в продуктах харчування. Оскільки зернові культури й так містять мало цинку, вирощування їх на ґрунтах із недостатньою кількістю цього елемента призводить до подальшого зниження його вмісту в зерні.

За оцінками фахівців, близько третини населення Землі відчуває дефіцит цинку в раціоні, що стає причиною численних проблем зі здоров'ям, включаючи захворювання імунної системи та порушення психічного стану.

Загальний вміст цинку в ґрунтах світу становить від 10 до 300 мг/кг, в середньому близько 50 мг/кг, і залежить від материнської породи, на якій він сформувався. Магматичні породи зазвичай містять більше цинку, ніж осадові.

У ґрунтах України вміст валового цинку коливається в межах 13–127 мг/кг, закономірно підвищуючись від Полісся до Лісостепу та Степу.

Серед форм цинку в ґрунті, важливих для забезпечення рослин, виділяють: 1) водорозчинний Zn^{2+} (цинк у ґрунтовому розчині), 2) обмінний (іони, абсорбовані на поверхні глинистих часточок), 3) органічно зв'язаний цинк (іони, адсорбовані, хелатовані або комплексовані органічними сполуками), 4) цинк, необмінно сорбований глинистими мінералами і нерозчинними оксидами металів (цинк у кристалічних решітках глинистих мінералів); 5) вивітрені первинні та вторинні мінерали ґрунту й нерозчинні сполуки твердої фази ґрунту. Рослини здатні поглинати цинк, представлений сполуками перших трьох форм.

3.4 Опис методу біоіндикації за допомогою пророщування рослин

Біоіндикація - оцінка якості природного середовища по стану його біоти. Біоіндикація - це метод, заснований на спостереженні за складом і чисельністю видів-індикаторів. Її використовують в екологічних дослідженнях як засіб виявлення антропогенного навантаження на біоценоз.

Метод біоіндикаторів ґрунтується на вивченні впливу змінних екологічних чинників на різні характеристики біологічних об'єктів і систем. У ролі біоіндикаторів обирають біологічні системи або організми, що є найбільш чутливими до досліджуваних факторів. Зміни у поведінці тест-об'єкта оцінюють порівняно з контрольними умовами, які приймаються за еталон.

Наприклад, для оцінки екологічного стану поверхневих вод у якості біоіндикаторів використовують спостереження за поведінкою дафній, молюсків, окремих видів риб тощо.

Деякі рослини-індикатори реагують на підвищені або знижені концентрації мікро- і макроелементів у ґрунті характерним зовнішнім виглядом. Це явище використовують для попередньої оцінки ґрунтів і визначення перспективних ділянок для пошуку корисних копалин.

Одним із специфічних методів моніторингу забруднення навколишнього середовища є біоіндикація - визначення ступеня забруднення геофізичних середовищ за допомогою живих організмів (біоіндикаторів). Важливо, щоб ці індикатори не були надто чутливими або занадто стійкими до забруднення. Крім того, бажано, щоб вони мали достатньо тривалий життєвий цикл.

Важливо, щоб такі організми були широко поширені по планеті, причому кожен вид повинен бути приурочений до певного місцеперебування. Лишайники цілком відповідають усім цим вимогам. Вони реагують на забруднення інакше, ніж вищі рослини.

Довгостроковий вплив низьких концентрацій забруднюючих речовин викликає в лишайників такі ушкодження, що не зникають аж до загибелі їхніх сланей. Це, вочевидь, пов'язано з тим, що лишайники відновлюють свої клітини дуже повільно, у той час як у вищих рослин ушкоджені тканини замінюються новими досить швидко. Біоіндикація має низку переваг перед інструментальними методами. Вона відрізняється високою ефективністю, не вимагає великих витрат і дає змогу характеризувати стан середовища за тривалий проміжок часу.

Фактори середовища досить строго визначають, які організми можуть жити в даному місці, а які - ні. Враховуючи це, ми можемо використати зворотну закономірність і судити про фізичне середовище організму, який у ньому проживає. Так з'явився метод біоіндикації середовища, який особливо широко використовують у лісовій типології, фітоценології, а також для визначення рівня забруднення атмосферного повітря за допомогою лишайників (ліхеноіндикація), мохів (бріоіндикація) чи грибів (мікоіндикація) [22, 25].

Ю. Одум наводить ряд суттєвих зауважень, які слід брати до уваги під час використання цього методу:

1. Стенотопні види, як правило, є кращими індикаторами, ніж евривиди. Наприклад, копитняк - виражений мезофіт; він трапляється в діброві, де репрезентує багаті умови зростання.

2. Крупні види є кращими індикаторами, ніж дрібні, оскільки на даному потоці енергії може підтримуватися більша біомаса або «врожай на корені», і ця біомаса розподіляється між крупними організмами. Наприклад, анемона дібровна - вид дібровних умов зростання, який рясно представлений у буковому лісі лише у час цвітіння (весняний аспект). Однак уже в червні годі знайти його сліди. У той час як бук - індикатор родючих бучин - завжди буде представлений і відіграватиме роль індикатора у будь-який час.

3. Числове співвідношення різних видів, популяцій і цілих угруповань часто служить кращим індикатором, ніж чисельність одного виду, оскільки ціле краще, ніж частина, відбиває загальну суму умов. Наприклад, чисті угруповання сосни високих бонітетів є індикаторами свіжих борів та суборів на пісках. Коли говоримо про діброви, то маємо на увазі багаті ґрунти і сприятливий клімат. Зарості кропиви дводомної індикують ґрунти, багаті на азот [24, 26].

Отже, біоіндикатори - це група особин одного виду або угруповання, наявність, кількість або інтенсивність розвитку яких у тому чи іншому середовищі є показником певних природних процесів або умов зовнішнього середовища.

Біоіндикатори, або біологічні індикатори, - це організми, присутність (наявність), кількість або інтенсивний розвиток яких є показником якихось природних процесів або умов зовнішнього середовища.

У зв'язку з потребою проведення глобального моніторингу використання індикаційних можливостей біологічних об'єктів набуває дедалі більшого значення. Рослини-індикатори використовуються як для виявлення окремих забруднювачів, так і для спостереження за загальним станом повітря. Завдяки цілому ряду біологічних особливостей лишайники є добрими індикаторами зміни стану навколишнього середовища в умовах його забруднення діоксидом сірки, фторидами, лужним пилом, важкими металами.

Індикаторні рослини використовуються в оцінці механічного й кислотного складу ґрунтів, їх родючості, зволоження і засолення, ступеня мінералізації ґрунтових вод і рівня забруднення атмосферного повітря газоподібними сполуками, і навіть при виявленні трофічних властивостей водойм і ступеня їх забруднення політантами [22].

Чутливі фітоіндикатори свідчать про присутність забруднюючої речовини в повітрі чи ґрунті ранніми морфологічними реакціями - зміною забарвлення листя (поява хлорозу; жовте, буре чи бронзове забарвлення), некрозами різної форми. У багаторічних рослин забруднюючі речовини викликають зміну розмірів, форми, кількості органів, напрямів росту пагонів чи зміну плодючості. Такі реакції зазвичай неспецифічні [21].

3.5 Екологічна оцінка фітотоксичності батарейки

Для проведення дослідження використано відпрацьовані батарейки. У звичайному стані та пошкоджені, штатив з пробірками, криничну воду, насіння цибулі ріпчастої *Allium* сера. Для нашого дослідження було використано такі марки батарейок як SONY, НАША СИЛА, Kodak, DURACELL, DMEGC.

Основні характеристики відповідних марок використаних батарейок представлено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Марки використаних батарейок

Марка	Країна виробник	Модель	Типорозмір	Вміст
НАША СИЛА	КНР	R6	AA	Не містять ртуті та кадмію
Kodak	Китай	R03	AAA	Плюмбум
DURACELL	Китай	LR6	AA	Не містять ртуті
DMEGC	Китай	LR03	AAA	Плюмбум
SONY	Польща		D	Плюмбум

Метою дослідження було проаналізувати, як токсичні речовини з відпрацьованих батарейок впливають на ріст кореневища цибулі звичайної

(*Allium* *sepa*). Обрана нами методика дозволяє спостерігати, як розвивається коренева система цибулини під впливом токсичних елементів.

У пробірки та склянки з криничною водою занурювали батарейки таких марок: SONY, НАША СИЛА, Kodak, DURACELL, DMEGC, а також використовували 2 контрольні зразки без батарейок.

Для морфологічної оцінки стану проростків використовували насіння рослин, що не ростуть на забруднених територіях і не адаптовані до забруднювачів. Токсичність зразків відпрацьованих батарейок визначали за рівнем пригнічення приросту кореневої системи.

Як контроль застосовували відстояну протягом доби криничну воду. Для кожного варіанту досліду відбирали по дві цибулини ріпчастої цибулі (*Allium* *sepa*) діаметром 1,5 см та 6 см (останній розмір – для дослідження впливу батарейок формату «D»). Цибулини розміщували на верхівку пробірок так, щоб денце торкалося рідини [20].

Під час досліду контролювали ріст кореневища у цибулин (рис. 3.2) та фіксували зміни вранці та ввечері. Також перевіряли рівень води у дослідних зразках і, за потреби, доливали криничну воду.

Після початку біотестування кореневища цибулин почали проростати. У зразках з відпрацьованими батарейками (як цілими, так і пошкодженими) стан кореневої системи був гірший, і ріст відбувався повільніше, ніж у контрольних зразках (рис. 3.3). На рисунку 3.2 представлено порівняння контрольного зразка з дослідним, де використовувалась пошкоджена батарейка марки Kodak на четвертий день досліду. Корінь розвивався лише в перший день, а надалі у пробірці утворився мутний осад і спостерігалось виділення газу.

Через добу кореневище цибулин почало проростати, в пробірках з батарейками DURACELL кореневище почало рости інтенсивніше ніж в інших, це можна пояснити тим, щооболонка батарейки була міцнішою за інші

батарейки використані у досліді. Пошкодити оболонку інших батарейок було менш складно в порівнянні з маркою DURACELL. Наприклад, марка батарейок НАША СИЛА та Kodak мали тонку оболонку і зруйнувати її можливо не прикладаючи зусиль.



Рисунок 3.2 – Вигляд кореневища цибулі звичайної *Allium* сера



Рисунок 3.3 – Порівняння контрольного зразка із досліджуваним

В таблиці 3.2 наведено результати дослідження довжини корінців цибулі звичайної *Allium* сера.

Таблиця 3.2 – Результату біотестування цибулі ріпчастої Allium сера протягом 4 діб

Варіант	Довжина кореневища, см				Довжина корінців % щодо контролю
	1 день	2 день	3 день	4 день	
Контроль 1	0,2	0,7	1,7	2,3	100
НАША СИЛА	0,1	0,5	1,2	2,0	86,9
НАША СИЛА (пошкоджена)	0,1	0,6	0,8	1,1	47,8
Kodak	0,1	0,2	0,6	1,1	47,8
Koda k(пошкоджена)	0,1	0,3	0,4	0,4	17,3
DURACELL	0	0,1	0,6	1,6	69,5
DURACELL (пошкоджена)	0,1	0,3	1,5	3,5	152
DMEGC	0,1	0,3	1,4	2,0	86,9
DMEGC (пошкоджена)	0,2	0,7	1	1,6	69,5
Контроль 2	0,2	0,8	1,4	1,6	100
SONY	0,2	0,8	1,1	1,1	68,7
SONY (пошкоджена)	0	0,2	0,2	0,2	12,5

При проведенні модельних дослідів притримувались принципу єдиної відмінності: варіанти відрізнялись лише за маркою та розміром, в той час, як всі інші фактори лишались незмінними.

Дані вимірювання довжини кореневища цибулі протягом 4 днів представлені на рисунках (3.10-3.14).

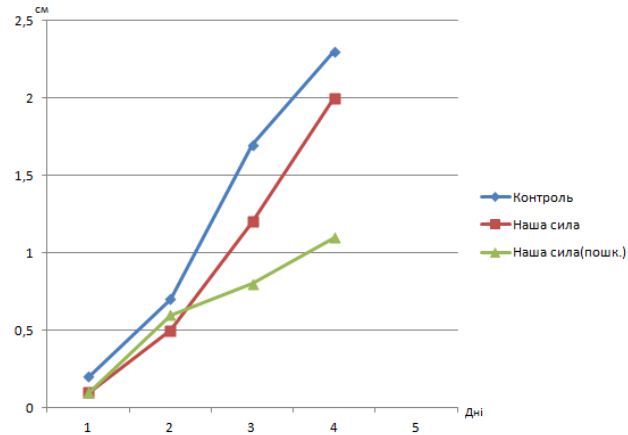


Рисунок 3.4 – Динаміка росту цибулі ріпчастої при дії токсинів батарейки
Наша Сила

При впливі пошкодженої батарейки Наша Сила довжина корінців щодо контрольного стану сягає 47,8%, при тому, що довжина корінців непошкодженої батарейки цієї ж марки складає 86,9%.

На рисунку 3.5 показано, що при дії токсинів від пошкодженої батарейки ріст кореневища зупинився ще протягом другої доби. Довжина корінців щодо контролю складає всього 17,3%.

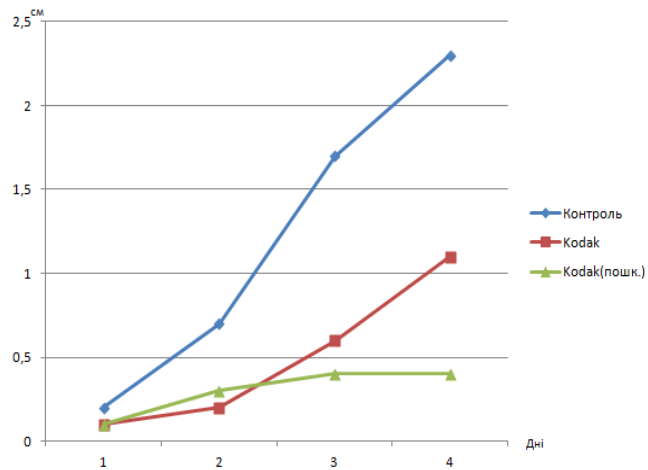


Рисунок 3.5– Динаміка росту цибулі ріпчастої при дії токсинів батарейки
Kodak

На рисунку 3.6 показано, що довжина корінців цибулини, яка досліджувалась на батарейці DURACELL (пошкоджена) більша ніж в контрольному зразку. Це відбулось внаслідок синергізму всіх факторів, що зумовило середовище яке придатне для активного росту цибулини.

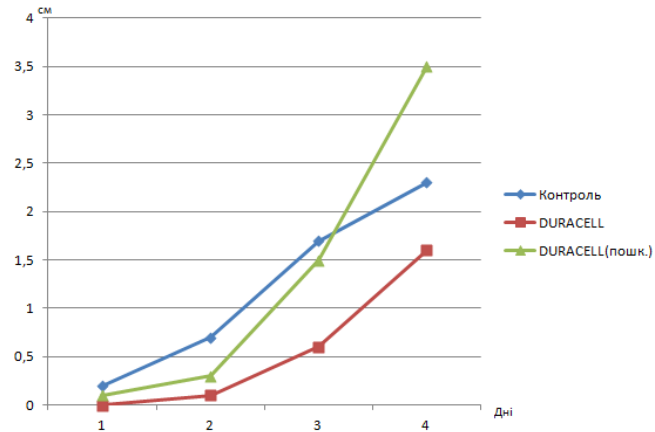


Рисунок 3.6 – Динаміка росту цибулі ріпчастої при дії токсинів батарейки DURACELL

На рисунку 3.7 довжина корінців майже не відрізняється від контрольного зразка.

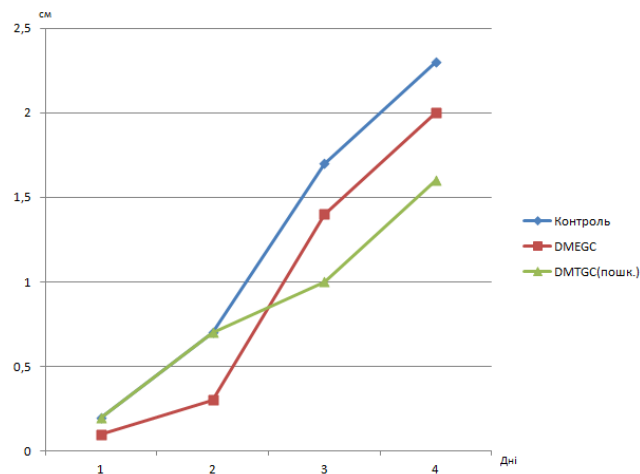


Рисунок 3.7 – Динаміка росту цибулі ріпчастої при дії токсинів батарейки DMEGC

На рисунку 3.8 із пошкодженою батарейкою SONY ріст кореневища цибулини зупинився на другий день. Довжина корінців складає всього 12,5% щодо контрольного зразка. При тому, що довжина корінців у непошкодженій батарейці складає 68,7%. Це свідчить про надзвичайну токсичність компонентів батарейки марки SONY.

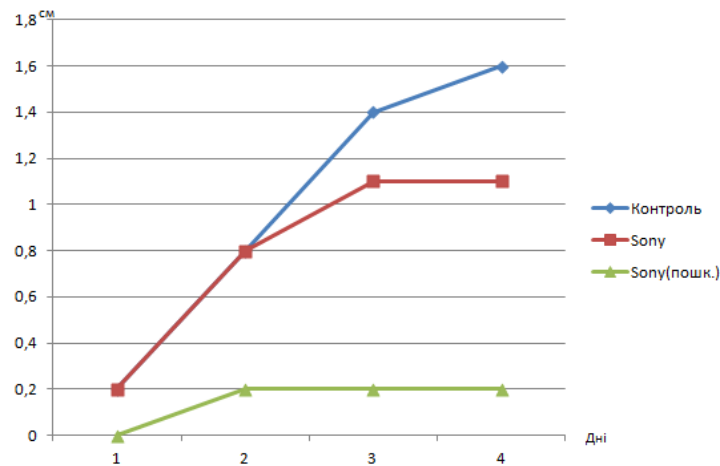


Рисунок 3.8 – Динаміка росту цибулі ріпчастої при дії токсинів батарейки SONY

На основі отриманих даних в ході експерименту, розраховували індекс токсичності для варіантів дослідів, за формулою (3.1):

$$T = \frac{I_k - I_o}{I_k} \cdot 100\% ,$$

де, Т –індекс токсичності проби досліджуваного зразка;

I_k – величина тест-реакції у контрольній пробі;

I_o – величина тест-реакції у досліджуваній пробі.

Для розрахунку індексу токсичності використовуємо результати чотирьох днів дослідження (таб.3.2).

Таблиця 3.3 – Індекс токсичності використаних батарейок

Варіант	Індекс токсичності, %
Контроль 1	-
НАША СИЛА	13,0
НАША СИЛА (пошкоджена)	52,1
Kodak	52,1
Kodak (пошкоджена)	82,6
DURACELL	30,4
DURACELL (пошкоджена)	-52,1
DMEGC	13,0
DMEGC (пошкоджена)	30,4
Контроль 2	-
SONY	31,2
SONY (пошкоджена)	87,5

У досліджуваному зразку з батарейкою DURACELL (пошкоджена) індекс токсичності -52,1% - це значення статично не достовірне, тому для визначення оцінки небезпечної дії батарейки DURACELL пошкоджена не використовували. Таку ситуацію можна пояснити синергізацією впливових факторів, що зумовили ріст кореневища. Дане середовище було сприятливим для гарного росту кореневища.

У досліджуваному зразку з батарейкою SONY (пошкоджена) індекс токсичності 87,5% – ця батарейка має досить високий рівень токсичності. Тому, що містить плюмбум.

Найменше значення індексу токсичності мають марка батарейок DMEGC та НАША СИЛА. Це свідчить про те, що їхній склад менш токсичний.

Оцінку фітотоксичності проводили за п'ятибальною шкалою (табл.3.4) [15].

Таблиця 3.4 – Шкала рівнів фітотоксичності

Рівні пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), %	Рівень фітотоксичності
0-20	Відсутність або слабкий рівень
20,1-40	Середній рівень
40,1-60	Вище середнього рівня
60,1-80	Високий рівень
80,1-100	Максимальний рівень

За допомогою таблиці 3.4 зробили висновок, щодо токсичності досліджуваних батарейок.

Отже, найбільш небезпечними для довкілля є батарейки марки SONY та пальчикові батарейки марки Kodak.

4 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗСОСЕРДЖЕНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

4.1 Основні екологічні ризики при реалізації методу (небезпека утилізації СОЗ)

Стійкі органічні забруднювачі (СОЗ) - це токсичні хімічні речовини, які мають властивість довготривалого збереження в навколишньому середовищі, біоаккумуляції в живих організмах та здатності до транспортування на великі відстані. З огляду на ці властивості, утилізація СОЗ є надзвичайно складним і екологічно ризикованим процесом, особливо в умовах розосереджених підходів, коли знищення відбувається на різних локалізованих об'єктах.

1. Ризики неконтрольованого спалювання.

Один із методів розосередженої утилізації - спалювання у малих інсинераторах або пристроях, не призначених для високотемпературної деструкції СОЗ. Якщо температура нижча за 1200°C або час утримання газів у камері згоряння недостатній, відбувається неповне згоряння, що сприяє утворенню ще токсичніших побічних продуктів, наприклад, діоксинів та фуранів [41]. У сільських або віддалених районах, де спостерігається нестача кваліфікованого персоналу або технічного забезпечення, ймовірність виникнення таких ситуацій значно зростає.

2. Недостатній контроль викидів.

Розосереджена утилізація часто супроводжується низьким рівнем контролю за викидами в атмосферу, ґрунт і воду. У багатьох випадках відсутні системи фільтрації або моніторингу, що дозволяє СОЗ або їх похідним проникати в екосистеми [42]. Крім того, ураження підземних вод токсичними

продуктами розпаду спричиняє тривалий негативний вплив на здоров'я населення.

3. Небезпека при транспортуванні та зберіганні.

Через децентралізацію процесу, СОЗ транспортують на значні відстані до місць утилізації. При цьому існує ризик розгерметизації тари, витоків або аварій, особливо якщо використовуються неналежні транспортні засоби або засоби індивідуального захисту [43]. За умов неналежного зберігання (відсутність герметичних контейнерів, порушення температурного режиму тощо) можливе проникнення СОЗ у навколишнє середовище, зокрема ґрунт і повітря.

4. Вплив на здоров'я населення.

Згідно з дослідженнями ВООЗ, тривалий вплив СОЗ навіть у малих концентраціях здатен викликати порушення ендокринної системи, імунні збої, онкологічні захворювання [44]. У сільських і прикордонних районах, де зазвичай реалізується розосереджена утилізація, рівень інформованості населення щодо потенційних ризиків є низьким. Це ускладнює здійснення превентивних заходів і моніторингу стану здоров'я.

5. Недотримання міжнародних екологічних стандартів.

В умовах розосередженого підходу складно забезпечити відповідність вимогам Стокгольмської конвенції щодо СОЗ, яка вимагає екологічно безпечної деструкції цих речовин [45]. Деякі регіональні ініціативи не мають достатньо фінансування або регуляторного нагляду, що призводить до використання застарілих або непридатних методів утилізації.

6. Кліматичні умови як чинник ризику.

Кліматичні особливості (висока вологість, екстремальні температури, опади) впливають на швидкість розповсюдження СОЗ при аваріях або витоках. Наприклад, при інфільтрації у водоносні горизонти, СОЗ можуть

переміщуватись на значні відстані, що робить локалізацію забруднення практично неможливою без спеціального обладнання.

Розосереджена утилізація СОЗ, незважаючи на потенційну ефективність у складних логістичних умовах, супроводжується численними екологічними ризиками. Вони включають утворення побічних токсичних продуктів, ризики аварій при транспортуванні, порушення стандартів зберігання, а також труднощі у забезпеченні екологічної відповідності процесів. Це вимагає впровадження системного екологічного моніторингу, сертифікації технологій та навчання персоналу.

4.2 Практичні аспекти реалізації методу у промислових масштабах

Реалізація методу розосередженої утилізації стійких органічних забруднювачів (СОЗ) у промислових масштабах потребує комплексного підходу, що враховує технологічні, екологічні, економічні та соціальні аспекти. Розосереджена утилізація передбачає здійснення процесів знезараження безпосередньо у місцях утворення або накопичення відходів, зменшуючи потребу у транспортуванні та централізованому зберіганні СОЗ.

Однією з головних переваг цього підходу є можливість зниження ризиків, пов'язаних із транспортуванням небезпечних речовин. Транспортування СОЗ до централізованих об'єктів утилізації несе в собі високий рівень небезпеки для довкілля у разі аварійних ситуацій. Розосереджена утилізація, натомість, мінімізує ці ризики, дозволяючи здійснювати обробку на місці, за умови наявності мобільних або модульних технологічних рішень.

На практиці реалізація цього методу у промислових масштабах може здійснюватися за допомогою спеціалізованих мобільних установок, здатних проводити високотемпературну термічну деструкцію, плазмову обробку, хімічне окиснення або інші методи знезараження. Такі установки повинні

відповідати міжнародним стандартам безпеки, мати сертифікати екологічної відповідності та бути здатними до швидкого розгортання у різних географічних умовах.

Важливим компонентом успішного впровадження є попереднє картографування забруднених ділянок, інвентаризація наявних СОЗ та оцінка ризиків. На підставі отриманих даних здійснюється планування розміщення мобільних установок, організація логістики і підготовка персоналу. Одним із прикладів успішного впровадження подібної системи є досвід Швеції та Канади, де функціонують мобільні установки з деструкції ПХБ (поліхлорованих біфенілів) [61].

Крім того, у промислових масштабах важливу роль відіграє моніторинг і звітність. Необхідно впроваджувати систему екологічного контролю, що передбачає вимірювання викидів в атмосферу, контроль складу залишків та ефективності знешкодження. Для цього доцільно використовувати автоматизовані системи збору та передачі даних, інтегровані у цифрові платформи моніторингу.

Незважаючи на переваги, існують і певні труднощі реалізації. Серед них – потреба у значних початкових інвестиціях у мобільні технології, складність сертифікації та дотримання норм безпеки, відсутність кваліфікованих кадрів у деяких регіонах. Також, на законодавчому рівні, не завжди передбачені умови для масштабного застосування розосередженої утилізації. У цьому контексті актуальним є вдосконалення нормативно-правової бази, гармонізація з міжнародними директивами, зокрема Базельською та Стокгольмською конвенціями [62].

Варто також підкреслити роль публічно-приватного партнерства у масштабному впровадженні розосередженої утилізації. Залучення інвестицій, розвиток інфраструктури на місцевому рівні, стимулювання інновацій можуть

суттєво покращити ефективність методу та сприяти зменшенню навантаження на довкілля. Особливу увагу необхідно приділяти інформуванню громадськості про безпечність таких технологій, адже відсутність довіри може стати суттєвим бар'єром.

У підсумку, впровадження методу розосередженої утилізації CO₂ у промислових масштабах можливе за умови поєднання сучасних технологічних рішень, наявності чіткої нормативної бази, належного контролю та співпраці між державними і приватними структурами. Такий підхід дозволяє мінімізувати екологічні ризики, сприяє локалізації наслідків забруднення і створює передумови для сталого управління небезпечними відходами.

4.3 Огляд хімічних речовин, які потенційно можна використовувати для розосередженої утилізації

Розосереджена утилізація CO₂ має особливе значення у контексті зменшення екологічних ризиків у важкодоступних, сільських або індустріально-занедбаних регіонах. Такий підхід дозволяє нейтралізувати джерела забруднення без транспортування токсичних матеріалів на централізовані об'єкти (табл. 4.1).

CO₂ мають такі властивості:

- Хімічна стабільність - не розкладаються у природному середовищі протягом десятків років;
- Ліпофільність - накопичуються в жирових тканинах організмів;
- Висока біоаккумуляція та біомагніфікація;
- Токсичність - спричиняють рак, порушення ендокринної системи, репродуктивні розлади;
- Трансграничне поширення - можуть переміщуватись через повітря та воду на великі відстані.

Таблиця 4.1 - Класифікація основних СОЗ, що потребують розсосередженої утилізації

Клас СОЗ	Приклади	Джерела	Небезпека
Хлоровані пестициди	ДДТ, альдрин, хлордан	Сільське господарство	Висока
Поліхлоровані біфеніли (ПХБ)	Arochlor, Clophen	Трансформатори, конденсатори	Дуже висока
Діоксини та фурани	TCDD, PCDF	Спалювання пластику, медвідходів	Дуже висока
Поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ)	Бензапірен, антрацен	Спалювання палива, нафта	Висока
Фармацевтичні СОЗ	Естрогени, антибіотики	Ліки, стічні води	Висока

Для ефективної локальної (розсосередженої) утилізації стійких органічних забруднювачів застосовують низку технологій, кожна з яких має свої переваги й обмеження.

Одним із найперспективніших методів є фотокаталітичний розклад, що базується на дії ультрафіолетового випромінювання у присутності фотокаталізаторів, як-от діоксид титану (TiO_2). Цей підхід є ефективним, відносно дешевим та підходить для очищення водних розчинів СОЗ, проте потребує наявності потужного джерела УФ-випромінювання, що обмежує його застосування в польових умовах без електрики.

Іншим методом є біоре mediaція, яка ґрунтується на здатності певних мікроорганізмів розкласти органічні забруднювачі. Вона вважається екологічно безпечною, оскільки не продукує токсичних побічних речовин,

однак її ефективність обмежується повільністю процесу і високою специфічністю до певних типів СОЗ.

Піроліз - це термічний метод, який забезпечує повне розкладання стійких органічних речовин без доступу кисню. Він особливо ефективний для твердих відходів, які містять суміш різних СОЗ, і може бути реалізований у вигляді мобільних установок. Проте така техніка потребує певного рівня технічної оснащеності та енергозабезпечення.

Технології, які можуть бути застосовані для розсосередженої утилізації СОЗ наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Технології розсосередженої утилізації СОЗ

Метод	Принцип	Переваги	Недоліки
Фотокаталітичний розклад	UV + TiO ₂	Висока ефективність, дешевизна	Необхідність UV-джерела
Біоре mediaція	Розклад мікроорганізмами	Екологічність	Повільність, специфічність
Піроліз	Термічний розклад без O ₂	Повне знищення СОЗ	Потреба у мобільних установках
Хімічне окиснення	H ₂ O ₂ , KMnO ₄ , Fenton-система	Простота	Ризик утворення побічних продуктів
Сорбція + інкапсуляція	Адсорбція на вугіллі + фіксація	Придатне для твердих СОЗ	Не усуває, а ізолює

Хімічне окиснення за допомогою таких реагентів, як перманганат калію (KMnO_4), пероксид водню (H_2O_2), або системи Фентона, може бути застосоване для руйнування залишків пестицидів та інших СОЗ у воді чи ґрунті. Цей підхід є відносно простим у реалізації, але існує ризик утворення побічних токсичних сполук, які потребують додаткової нейтралізації.

Останнім методом, який використовується переважно для твердих СОЗ, є адсорбція з подальшою інкапсуляцією. Забруднювачі спочатку фіксуються на сорбентах (наприклад, активованому вугіллі), а потім ізолюються в стабільній матриці (цемент, полімери). Хоча ця технологія не руйнує забруднювачі, вона ефективно запобігає їх поширенню в навколишньому середовищі.

На рис. 4.1 зображено типову послідовність етапів розсосередженої утилізації СОЗ у локальних умовах.

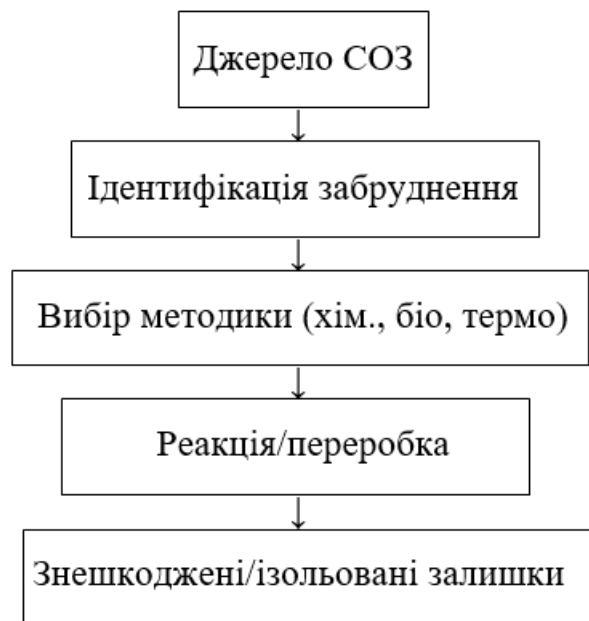


Рисунок 4.1 - Схема розсосередженої утилізації СОЗ

Першим кроком є виявлення джерела забруднення (наприклад, склади застарілих пестицидів, трансформаторні станції, несанкціоновані звалища).

Після цього проводиться ідентифікація типу СОЗ та рівня забруднення, що дозволяє обрати відповідний метод нейтралізації - хімічний, біологічний або термічний.

Далі обраний метод застосовується до забрудненого середовища: ґрунту, води або твердих відходів. У процесі відбувається розкладання або ізоляція шкідливих речовин. Завершальним етапом є поводження з залишками (наприклад, знешкодження адсорбентів або продуктів термічного розкладу), що дозволяє повністю ліквідувати ризики повторного забруднення.

Стійкі органічні забруднювачі становлять реальну загрозу довкіллю та здоров'ю людини, зокрема через їх довготривалу присутність, міграцію у харчових ланцюгах і стійкість до природного розкладу. Умови роззосередженого застосування вимагають технологій, що можуть працювати локально, з мінімальною інфраструктурною підтримкою.

Найбільш перспективними методами для таких умов є:

- Фотокаталітичне руйнування (для водних систем);
- Біоремедіація (для ґрунтів, осаdів);
- Піроліз у мобільних установках (для змішаних твердих відходів);
- Окиснення низькими дозами реагентів (для залишкових пестицидів).

Розвиток систем локального аналізу, моніторингу та доступної утилізації дозволить значно знизити екологічне навантаження від СОЗ на локальному рівні.

4.4 Рекомендації по впровадженню методів роззосередженої утилізації відходів

Метод роззосередженої утилізації передбачає внесення в об'єкти довкілля (переважно ґрунт) відходів виробництва в невеликих концентраціях таким чином, щоб ці відходи змогли включитися в природні процеси і перетворитися

на безпечні і корисні компоненти. Обов'язковою вимогою використання даного методу має бути використання таких компонентів і таких концентрацій, щоб не було суттєвого перевищення ГДК, а також не відбувалося поширення і перенесення хімічних сполук на значні відстані та потрапляння в поверхневі води. До потенційно безпечних для використання у цьому методі сполук можна віднести добрива та пестициди, відходи гірничої діяльності, рослинні органічні відходи, деякі відходи деревообробки та ін.

Небезпеки методу: вочевидь, метод несе низку потенційних загроз і може бути використаний, лише як часткова альтернатива до існуючих методів переробки. Проте, які відомо жодна технологія не може бути абсолютно безпечною, і варто оцінювати потенційні ризики. Тому при достатньому науковому обґрунтуванні даний метод може бути використаний для певних хімічних речовин та відходів. Наразі проводяться експерименти безпечності такого методу для рослин вирощених в лабораторних контрольованих умовах та значень безпечних концентрацій для різних ґрунтів [72].

Ефективне впровадження технологій розсосередженої утилізації стійких органічних забруднювачів (СОЗ) вимагає системного підходу, який поєднує науково-технічні, організаційні та нормативно-правові компоненти. Нижче подано ключові рекомендації щодо оптимізації таких процесів в умовах України:

1. Визначення пріоритетних зон для локальної утилізації

- Провести інвентаризацію джерел забруднення: склади непридатних пестицидів, електрообладнання з ПХБ, стихійні звалища.
- Встановити пріоритети за ступенем екологічного ризику та близькістю до населених пунктів чи водних ресурсів.

2. Створення мобільних установок для локальної переробки

- Інвестувати у розробку портативних установок для піролізу, фотокаталітичного очищення або окиснення з низькою енергоємністю.

- Забезпечити можливість роботи в автономному режимі (наприклад, від сонячних батарей або генераторів) для використання у віддалених регіонах.

3. Підготовка кадрів та розробка локальних інструкцій

- Розробити стандартизовані протоколи для роботи з СОЗ у польових умовах (виявлення, відбір проб, обробка).

- Провести навчання для фахівців на місцях (аграріїв, працівників ЖКГ, ДСНС) щодо базових методів знешкодження.

4. Використання природоорієнтованих рішень

- Стимулювати біоремедіацію за допомогою місцевих штамів мікроорганізмів та фіторемедіацію (використання рослин-аккумуляторів).

- Застосовувати фільтрувальні системи на основі природних матеріалів (біоуголь, цеоліт, сапрпель).

5. Забезпечення контролю та моніторингу

- Використовувати портативні прилади для експрес-аналізу вмісту СОЗ у ґрунтах, воді, повітрі.

- Запровадити цифрові бази даних для моніторингу обсягів і типів знешкоджених речовин.

6. Інтеграція в законодавчу та екологічну політику

- Оновити національне законодавство з урахуванням положень Стокгольмської конвенції.

- Включити механізми громадського контролю та звітності за утилізацію СОЗ у локальних громадах.

- Забезпечити фінансові стимули для підприємств та ОТГ, які впроваджують розсосереджену утилізацію.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі здійснено обґрунтування методу розсосередженої утилізації відходів, який сприятиме зменшенню екологічних ризиків, пов'язаних із накопиченням та утилізацією відходів.

У першому розділі проаналізовано обсяги утворення побутових і промислових відходів в Україні загалом та у Вінницькій області зокрема. Встановлено, що щороку в країні генеруються значні обсяги відходів, причому темпи їх зростання випереджають можливості системи поводження з ними. Детальний аналіз структури відходів показав високий вміст органічної фракції у побутових відходах і домінування неорганічних матеріалів, таких як шлаки, зола та залишки виробництва, у промислових. Здійснено оцінку їхнього екологічного впливу, зокрема забруднення повітря, ґрунтів і води.

У другому розділі наведено огляд сучасних методів виявлення забруднень у воді, ґрунтах та атмосферному повітрі. Проаналізовано чинну нормативно-правову базу України щодо допустимих рівнів впливу на довкілля, включно з показниками для окремих хімічних речовин. Проведено порівняльну характеристику речовин, що мають різний час розкладання в природі: речовини, які довго зберігаються в ґрунті, виявилися екологічно небезпечними через здатність порушувати біохімічні процеси, тоді як речовини з коротким періодом розкладання здебільшого мають локальний і тимчасовий вплив.

У третьому розділі обґрунтовано доцільність упровадження методу розсосередженої утилізації, що базується на локальному зборі, попередній обробці та частковій нейтралізації відходів на місцях їхнього утворення. Як приклад розглянуто цинкові батарейки - детально описано їхню будову, джерела небезпеки та склад елементів. Проведено аналіз вмісту цинку в ґрунтах та встановлено його критичні концентрації для росту рослин. Застосовано метод

біоіндикації на основі пророщування рослин для вивчення фітотоксичності продуктів розкладання батарейок. Отримані результати підтвердили екологічну доцільність та інформативність методу для оперативної оцінки стану забруднення.

У четвертому розділі розглянуто екологічні ризики, пов'язані з практичною реалізацією методу розсосередженої утилізації, зокрема загрози, пов'язані з СОЗ і недосконалою системою контролю. Оцінено перспективи промислового впровадження методів, з урахуванням інфраструктурних та нормативних обмежень. Подано перелік хімічних речовин, які можуть бути залучені у процес утилізації як нейтралізатори або сорбенти. Розроблено рекомендації щодо впровадження методики, які включають етапи пілотного тестування, навчання персоналу, забезпечення моніторингу впливу на довкілля та адаптацію нормативно-правової бази до нових реалій утилізації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дубовик А. Велика біда від маленької батарейки // День. 2012. № 32.
2. Гульд Р., Петрук В. Г., Мудрак О. В. Зведений звіт про стан організації інтегрованого управління та поводження з твердими побутовими відходами у м. Вінниця та Вінницькій області в рамках реалізації проєкту ЄС «Сприяння регіональному розвитку в Україні». Вінниця, 2005. 122 с.
3. Виговська Г. П. Економічні і екологічні аспекти нормування утворення відходів // Екологічний вісник. 2004. № 5. С. 12–13.
4. Вінницька міська рада. Виконком. Техніко-економічне обґрунтування будівництва, придбання та впровадження установок, обладнання та машин для збору, транспортування, перероблення побутових відходів. Вінниця, 2004. 41 с.
5. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. 3-є вид., перероб. і доп. Львів: Українська академія друкарства, 2006. 336 с.
6. International Agency for Research on Cancer (IARC). Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 58: Cadmium and cadmium compounds. Lyon: IARC, 1993. 119 p.
7. International Agency for Research on Cancer (IARC). Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 58: Mercury and mercury compounds. Lyon: IARC, 1993. 239 p.
8. Інтегроване управління та поводження з твердими побутовими відходами у Вінницькій області: монографія / за ред. В. Г. Петрука. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. 161 с.
9. Кабінет Міністрів України. Про впровадження системи збирання, сортування, транспортування, переробки та утилізації відходів як вторинної сировини: постанова від 26 лип. 2001 р. № 915.

10. Karsidag S., Cinar N., Sahin S. From lithium intoxication to lung cancer: A woman's diagnostic journey // *Primary Care Companion for CNS Disorders*. 2011. Vol. 13, № 2.
11. Китаєв В. Е., Шляпинтох Л. С. Електротехніка з основами промислової електроніки. 3-є вид., перероб. і доп. М.: Вища школа, 1973. 360 с.
12. Клименко Л. О. Техноекологія. Сімферополь: Таврія, 2000. 542 с.
13. Linden D., Reddy T. B. (Eds.). *Handbook of Batteries*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 2002. ISBN 0-07-135978-8.
14. McKnight R. F., Adida M., Budge K., et al. Lithium toxicity profile: A systematic review and meta-analysis // *The Lancet*. 2012. Vol. 379, № 9817. P. 721–728. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)61516-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)61516-X).
15. Микосян О. Батарейки вбивають людство // *Від і до*. 2012. № 6.
16. Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. Офіційний сайт. URL: <http://www.menr.gov.ua>.
17. Міністерство промисловості України, Міністерство економіки України, Міністерство охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України. Положення про порядок збирання та переробки відпрацьованих свинцево-кислотних акумуляторів: наказ від 31 груд. 1996 р. № 223/154/165.
18. Hasan M. A., Hossain R., Sahajwalla V. Critical metals (lithium and zinc) recovery from battery waste, ores, brine, and steel dust: A review // *Process Safety and Environmental Protection*. 2023. Vol. 178. P. 976–994. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.03.003>.
19. World Health Organization (WHO). *Environmental Health Criteria 134: Cadmium*. Geneva: WHO, 1992.
20. World Health Organization (WHO). *Environmental Health Criteria 135: Cadmium – Environmental Aspects*. Geneva: WHO, 1992. Жидецький В. Ц. Основи

охорони праці: підруч. / В. Ц. Жидецький. – 3-тє вид., перероб. і доп. – Львів: Укр. акад. друкарства, 2006. – 336 с.

21. Kaza S., Yao L., Bhada-Tata P., Van Woerden F. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. – Washington, D.C.: World Bank Group, 2018. – 296 p.

22. Постанова Кабінету Міністрів України «Про впровадження системи збирання, сортування, транспортування, переробки та утилізації відходів як вторинної сировини» № 915 від 26 липня 2001 р.

23. Ellen MacArthur Foundation. Towards the Circular Economy. Vol. 1–3. – 2012–2015. – Режим доступу: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org>

24. Петрук В. Г., Гульд Р., Мудрак О. В. Зведений звіт “Про стан організації інтегрованого управління та поводження з твердими побутовими відходами у м. Вінниця та Вінницькій області”. – Вінниця, 2005. – 122 с.

25. UNEP. Global Waste Management Outlook. – United Nations Environment Programme, 2015. – 282 p.

26. Клименко Л. Техноекологія. – Сімферополь: Таврія, 2000. – 542 с.

27. Wilson D.C., Velis C., Cheeseman C. Role of informal sector recycling in waste management in developing countries // Habitat International. – 2006. – Vol. 30(4). – P. 797–808.

28. Інтегроване управління та поводження з твердими побутовими відходами у Вінницькій області : монографія / під ред. В. Г. Петрука. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2007. – 161 с.

29. Zaman A.U. Identification of key indicators for zero waste management systems // Ecological Indicators. – 2015. – Vol. 36. – P. 682–693.

30. Виговська Г. П. Економічні і екологічні аспекти нормування утворення відходів // Екологічний вісник. – 2004. – № 5. – С. 12–13.

31. Pichtel J. Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial. – CRC Press, 2014. – 680 p.
32. Дубовик А. Велика біда від маленької батарейки / А. Дубовик // День. – 2012. – № 32.
33. Hoornweg D., Bhada-Tata P. What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. – Washington, D.C. : World Bank, 2012. – 116 p.
34. Наказ Міністерства промисловості України, Міністерства економіки України, Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України «Положення про порядок збирання та переробки відпрацьованих свинцево-кислотних акумуляторів» від 31.12.1996 № 223/154/165.
35. Arafat H.A. et al. Environmental performance and energy recovery potential of five processes for municipal solid waste treatment // Journal of Cleaner Production. – 2015. – Vol. 105. – P. 233–240.
36. Вінницька міська рада. Техніко-економічне обґрунтування будівництва та впровадження обладнання для переробки побутових відходів. – Вінниця, 2004. – 41 с.
37. Bogner J. et al. Mitigation of Global Greenhouse Gas Emissions from Waste. IPCC Special Report. – 2007.
38. Микосян О. Батарейки вбивають людство / О. Микосян // Від і До. – 2012. – № 6.
39. Cherubini F., Bargigli S., Ulgiati S. Life cycle assessment of waste management strategies: landfilling, sorting, incineration, recycling // Waste Management. – 2009. – Vol. 29. – P. 2227–2235.
40. Hasan M.A., Hossain R., Sahajwalla V. Critical metals (Lithium and Zinc) recovery from battery waste, ores, brine, and steel dust: A review // Process Saf. Environ. Prot. – 2023. – Vol. 178. – P. 976–994.

41. Жидецький В. Ц., Бойко С. О. Екологічні аспекти поводження з відходами. – Львів : ЛНУ, 2013. – 202 с.
42. Wilson D.C. Development drivers for waste management // Waste Management & Research. – 2007. – Vol. 25(3). – P. 198–207.
43. Китаєв В. Є., Шляпінтох Л. С. Електротехніка з основами промислової електроніки. – М. : Вища школа, 1973. – 360 с.
44. Tan S.T. et al. Energy and emissions benefits of renewable energy derived from municipal solid waste // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – Vol. 42. – P. 576–584.
45. Linden D., Reddy T.B. (Eds). Handbook of Batteries. – 3rd ed. – New York : McGraw-Hill, 2002. – Chapter 11.
46. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Офіційний сайт. – <https://www.menr.gov.ua>
47. Nizami A.-S. et al. The role of biogas in renewable energy and the circular economy // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – Vol. 72. – P. 834–853.
48. Лазоренко В. Оцінка ефективності роздільного збирання ТПВ на прикладі м. Львова // Економіка і регіон. – 2020. – № 2. – С. 90–95.
49. European Commission. EU Waste Framework Directive 2008/98/EC. – Режим доступу: <https://eur-lex.europa.eu>
50. IARC Monograph. – Vol. 58. – 1993. – P. 119 – Cadmium and cadmium compounds.
51. Юрчук І. І. Організація системи управління побутовими відходами на місцевому рівні // Екологічний журнал. – 2021. – № 1. – С. 55–61.
52. Velenturf A.P.M., Purnell P. Principles for a sustainable circular economy // Sustainable Production and Consumption. – 2021. – Vol. 27. – P. 1437–1457.

53. Федорук А. Енергетичне використання біомаси з відходів у системах місцевого енергозабезпечення // Енергозбереження. – 2019. – № 4. – С. 48–52.
54. UN Habitat. Solid Waste Management in the World's Cities. – London: Earthscan, 2010. – 296 p.
55. Степаненко О. С. Аналіз систем роздільного збору сміття в Україні // Екологічна безпека. – 2018. – № 3. – С. 101–106.
56. Massard G., Jacquat O., Zürcher D. Resource Efficiency in Practice – Closing Mineral Cycles. – EEA, 2012.
57. Коваленко М. Т. Місцеві ініціативи у сфері утилізації сміття // Регіональна економіка. – 2022. – № 2. – С. 77–82.
58. McKnight R.F. et al. Lithium toxicity profile: a systematic review and meta-analysis // Lancet. – 2012. – № 379(9817). – P. 721–728.
59. Семененко Т. М. Екологічна безпека поводження з батареями // Екобезпека. – 2021. – № 2. – С. 63–66.
60. Moghadam M.K., Farhoodnea M., Niknam T. Waste-to-energy through gasification: Recent developments // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2020. – Vol. 120. – 109646.
61. Гуцалюк В. Впровадження децентралізованих систем утилізації в громадах України // Суспільство і довкілля. – 2023. – № 1. – С. 28–33.
62. Ogunjuyigbe A.S.O., Ayodele T.R., Akinola O.A. Optimal allocation of hybrid energy systems for decentralized applications // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Vol. 62. – P. 275–286.
63. Карпова Н. В. Стратегії поводження з ТПВ у децентралізованих громадах // Наукові записки. – 2022. – № 10. – С. 145–149.
64. Abarca Guerrero L., Maas G., Hogland W. Solid waste management challenges for cities in developing countries // Waste Management. – 2013. – Vol. 33(1). – P. 220–232.

65. Семененко О. Розвиток інфраструктури сортування у сільських громадах // *Агроекологія*. – 2022. – № 1. – С. 36–41.
66. Morrissey A.J., Browne J. Waste management models and their application to sustainable waste management // *Waste Management*. – 2004. – Vol. 24(3). – P. 297–308.
67. Стратегії розвитку циркулярної економіки в умовах децентралізації / Кол. авт. – Київ: ІЕД, 2023. – 132 с.
68. Hickman H.L., Eldredge R.W. Principles of Integrated Solid Waste Management. – McGraw-Hill, 2005. – 602 p.
69. Ситник К. М. Проблеми екологічної безпеки при утилізації небезпечних відходів // *Екологія і природокористування*. – 2021. – № 3. – С. 17–21.
70. Ragazzi M., Rada E.C., Torretta V. Management of urban solid waste considering greenhouse gas emissions: case study of a city in Europe // *Waste Management & Research*. – 2017. – Vol. 35(3). – P. 254–261.
71. Гладун О. М. Правові аспекти поводження з побутовими відходами в Україні // *Юридичний журнал*. – 2020. – № 5. – С. 42–47.
72. Scheinberg A., Wilson D.C., Rodic L. Solid Waste Management in the World's Cities: Water and Sanitation in the World's Cities 2010. – UN-Habitat / Earthscan, 2010. – 432 p.
73. Чабан Т. А. Сучасні технології переробки твердих побутових відходів в умовах децентралізації // *Науковий вісник будівництва*. – 2022. – № 1. – С. 91–95.

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Екологічна безпека розсосередженої утилізації відходів

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

Підрозділ кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
системою StrikePlagiarism 10,42 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

зав. каф. ЕХТЗД Іщенко В.А.

(прізвище, ініціали, посада)

доц. каф. ЕХТЗД Васильківський І.В.

(прізвище, ініціали, посада)

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Матусяк М.В.

(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

Петрук Р.В.

Здобувач

Вараниця В.С.

ДОДАТОК Б

Схематичне зображення законодавства ЄС в сфері поводження з відходами

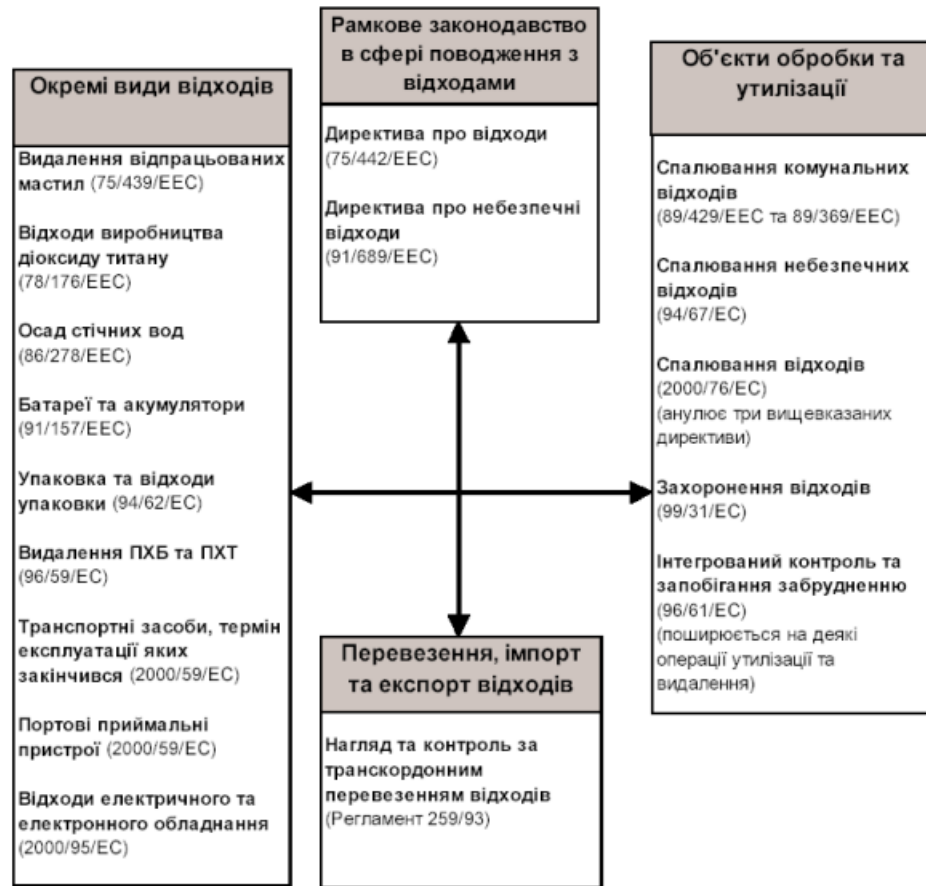


Рисунок Б.1 - Схематичне зображення законодавства ЄС в сфері поводження з відходами

ДОДАТОК В

Карта-схема Вінницької області із зазначеними місцями розташування
звалищ промислових та побутових відходів

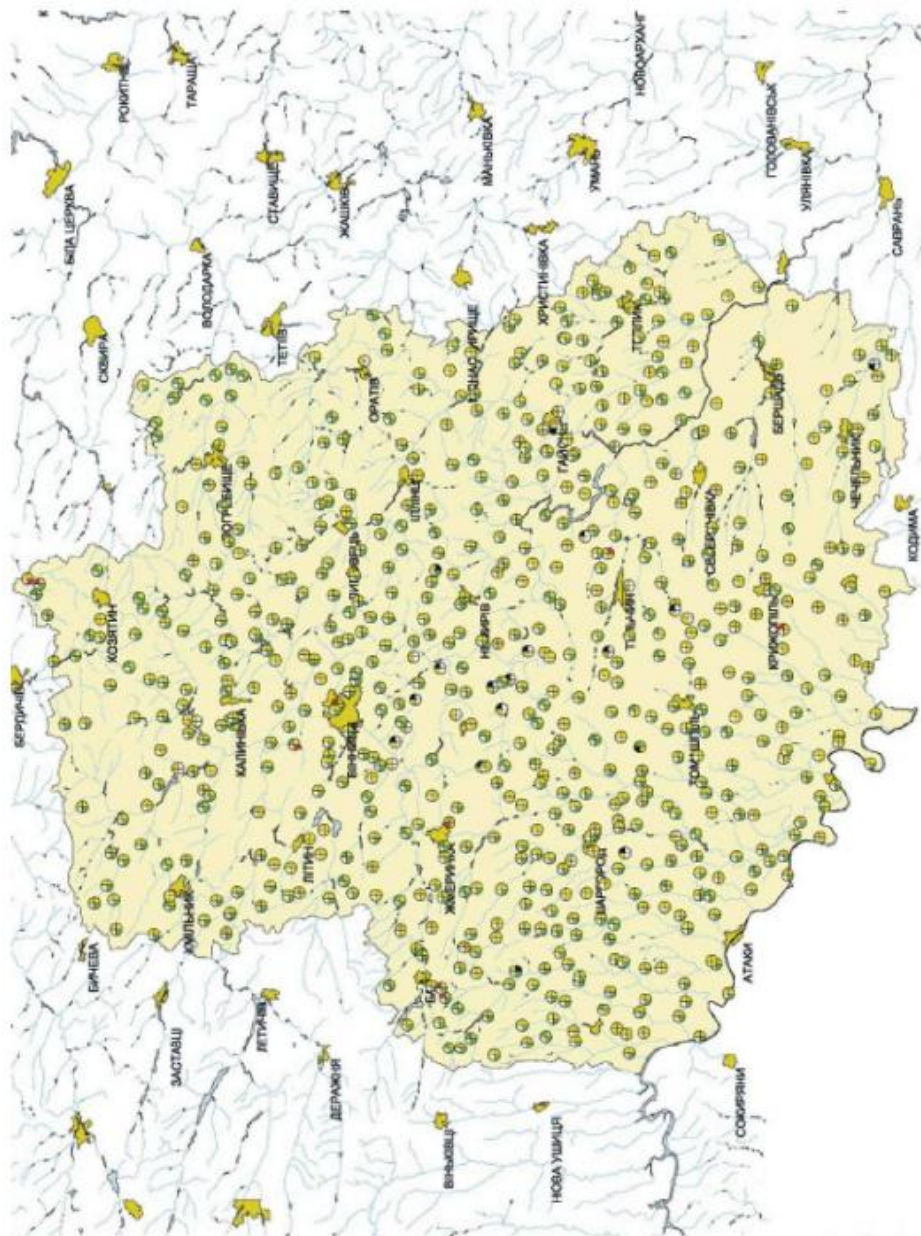


Рисунок В.1 - Карта-схема Вінницької області із зазначеними місцями
розташування звалищ промислових та побутових відходів

ДОДАТОК Г

Структурна схема обігу відходів виробництва і споживання

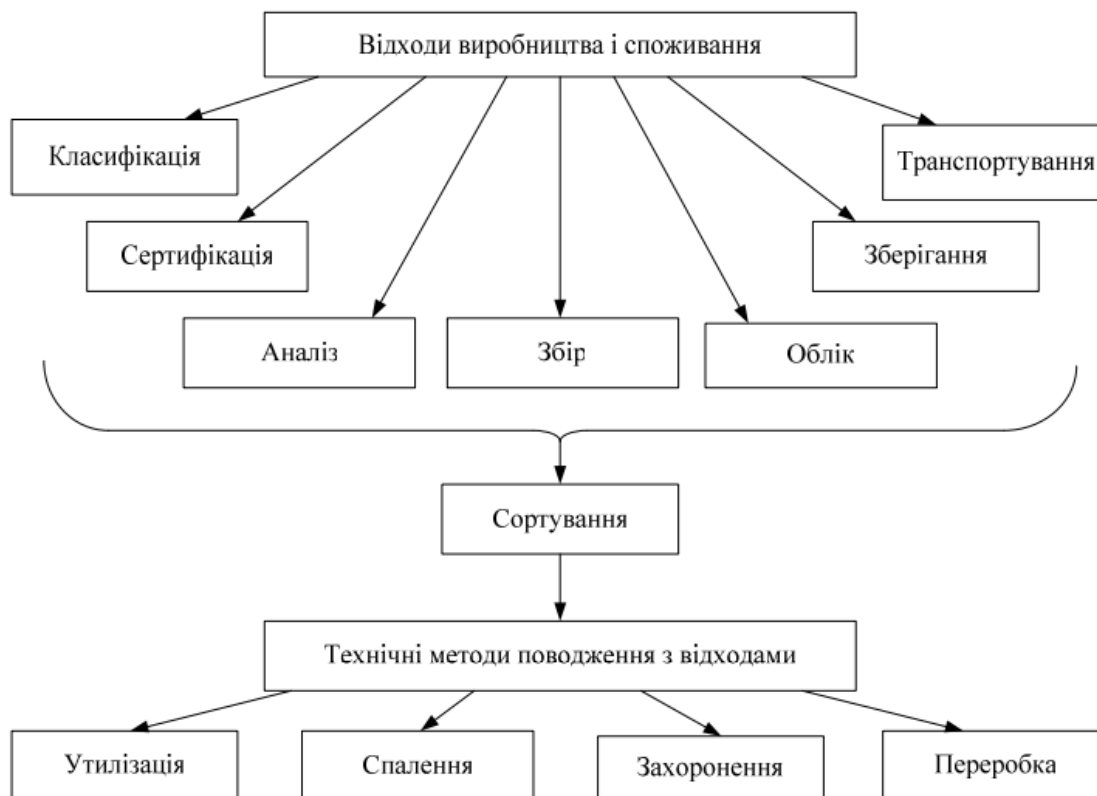


Рисунок Г.1 - Структурна схема обігу відходів виробництва і споживання

ДОДАТОК Д

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА РОЗЗОСЕРЕДЖЕНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

Таблиця Д.1 - Класифікація основних СОЗ, що потребують роззосередженої утилізації

Клас СОЗ	Приклади	Джерела	Небезпека
Хлоровані пестициди	ДДТ, альдрин, хлордан	Сільське господарство	Висока
Поліхлоровані біфеніли (ПХБ)	Arochlor, Clophen	Трансформатори, конденсатори	Дуже висока
Діоксини та фурани	TCDD, PCDF	Спалювання пластику, медвідходів	Дуже висока
Поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ)	Бензапірен, антрацен	Спалювання палива, нафта	Висока
Фармацевтичні СОЗ	Естрогени, антибіотики	Ліки, стічні води	Висока

Таблиця Д.2 – Технології розсосередженої утилізації CO₂

Метод	Принцип	Переваги	Недоліки
Фотокаталітичний розклад	UV + TiO ₂	Висока ефективність, дешевизна	Необхідність UV-джерела
Біоремедіація	Розклад мікроорганізмами	Екологічність	Повільність, специфічність
Піроліз	Термічний розклад без O ₂	Повне знищення CO ₂	Потреба у мобільних установках
Хімічне окиснення	H ₂ O ₂ , KMnO ₄ , Fenton-система	Простота	Ризик утворення побічних продуктів
Сорбція + інкапсуляція	Адсорбція на вугіллі + фіксація	Придатне для твердих CO ₂	Не усуває, а ізолює