

**Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет**

(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет аграрних технологій та екології

(повне найменування факультету)
Кафедра екології

(повне найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**МОЖЛИВІСТЬ ПРОВЕДЕННЯ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ
ДІЛЯНОК НЕСАНКЦІОНОВАНИХ
СМІТТЄЗВАЛИЩ ТА ПРИЛЕГЛОЇ ТЕРИТОРІЇ**

спеціальність 101 Екологія

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Екологія»

(назва освітньої програми)

Виконала: здобувачка вищої освіти
групи ЕОС - 41

АРХИПЧУК Софія Віталіївна

(підпис)

Керівник:

к.геогр.н., доцент

ФЕДОНЮК Віталіна Володимирівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«___» _____ 20__ р.

к.геогр.н., доцент

Гарант освітньої програми:

Федонюк Віталіна Володимирівна

(підпис)

Луцьк – 2026 рік

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аграрних технологій та екології

Кафедра екології

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 10 Природничі науки

Спеціальність: 101 Екологія

Освітня програма: «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«__» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Архипчук Софії Віталіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи:

Можливість проведення фітореMediaції ділянок несанкціонованих сміттєзвалищ та прилеглої території

Керівник роботи: Федонюк Віталіна Володимирівна, к. геогр. н., доцент

затверджені наказом закладу вищої освіти від «__28__» лютого 2026 р. № 102/01-02_

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи: «__01__» червня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: літературні джерела, статистична та довідкова

література, інформація з відкритих джерел, дані власних аналітичних та статистичних досліджень, практичних оцінок і розрахунків.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити): 1) Загальна фізико-географічна характеристика території дослідження 2) Особливості соціально-економічних та поведінкових чинників, які визначають поширення і утворення стихійних сміттєзвалищ 3) Особливості просторового поширення стихійних сміттєзвалищ в межах Волинської області. 4) Розробка рекомендацій щодо методів фітореMediaції ділянок під стихійними сміттєзвалищами та прилеглої території. 5) Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Схема утворення стихійного сміттєзвалища. 2. Статистичні дані щодо стихійних сміттєзвалищ у Волинській області. 3. Характеристика чинників, які визначають утворення стихійних сміттєзвалищ. Таблиці, графіки, діаграми. 4. Перспективи вирішення наявних екологічних проблем, пов'язаних із ліквідацією стихійних сміттєзвалищ. 5. Рекомендовані заходи щодо застосування методу фітореMediaції забруднених та порушених земель. 6. Висновки і рекомендації.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання « ____ » _____ 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Вибір та обґрунтування теми</i>	<i>Вересень - Жовтень 2025</i>	
2.	<i>Огляд літератури із досліджуваної проблеми</i>	<i>Листопад – Грудень 2025</i>	
3.	<i>1 розділ</i>	<i>Листопад – Грудень 2025</i>	
4.	<i>2 розділ</i>	<i>Січень – Березень 2026</i>	
5.	<i>3 розділ</i>	<i>Березень – Квітень 2026</i>	
6.	<i>Висновки та пропозиції</i>	<i>Квітень – Травень 2026</i>	
7.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>Квітень 2026</i>	
8.	<i>Формування додатків</i>	<i>Травень 2026</i>	
9.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	<i>Травень 2026</i>	
10.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>Травень 2026</i>	
11.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>До 01.06.2026</i>	
12.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>10.06.2026</i>	

Здобувачка вищої освіти _____ (_____) (підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ (_____) (підпис) (прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Архипчук С.В. Можливість проведення фіторемедіації ділянок несанкціонованих сміттєзвалищ та прилеглої території. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Екологія» спеціальності 101 Екологія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з 3 розділів, вступу, висновків, переліку посилань та додатків.

Об'єктом дослідження є стихійні сміттєзвалища як чинник екологічних загроз у Волинській області та екологічній проблеми, що виникають в процесі їх ліквідації.

Методи дослідження - збір інформації і вивчення географії розміщення, типів та особливостей екологічного стану територій розміщення стихійних сміттєзвалищ та прилеглих земельних ділянок, аналіз і синтез, порівняння і аналогія, методи аналізу та моделювання екологічної ситуації з метою оцінки перспектив оптимізації екологічного стану таких територій у межах Волинської області України

Результати виконання кваліфікаційної роботи бакалавра: визначено та проаналізовано сучасні особливості утворення, динаміки, розташування, просторового поширення, структури та особливостей стихійних сміттєзвалищ у громадах Волинської області України. Охарактеризовано механізми їх утворення та типовий склад, особливості просторового поширення. Визначено основні екологічні проблеми, пов'язані із зростаючим числом стихійних сміттєзвалищ у Волинській області та проведено пошук шляхів можливого розв'язання таких проблем, одним із яких є метод фіторемедіації порушених та забруднених земель, що перебували під сміттєзвалищем або розміщені поруч з ним.

Збудовано ряд таблиць, діаграм та інших графічних елементів, які у повній мірі характеризують стан екологічної проблеми у Волинській області України. Проаналізовано роль та значення методу фіторемедіації у комплексі заходів щодо подолання негативних наслідків появи стихійних сміттєзвалищ.

Узагальнено відомості щодо природно-ландшафтних та соціально-економічних особливостей появи і поширення стихійних сміттєзвалищ у Волинській області. Визначено пріоритетні напрямки розробки заходів по оптимізації екологічного стану земель, що потрапили під стихійні несанкціоновані сміттєзвалища або їх суміжний вплив. Розроблено рекомендації для зниження негативного впливу даних негативних екологічних антропогенних чинників у нашому регіоні.

Ключові слова: Волинська область, стихійне сміттєзвалище, фіторе mediaція, фіторе mediaнт, екологічний стан.

ANNOTATION

Arkhipchuk S.V. Possibility of phytoremediation of areas under unauthorized landfills and the surrounding area.

Qualification work of the bachelor of EP "Ecology" specialty 101 Ecology. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The bachelor's thesis consists of 3 sections, introduction, conclusions, list of references and appendices.

The object of the study is unauthorized landfills as a factor of environmental threats in the Volyn region and environmental problems that arise in the process of their elimination.

Research methods - collection of information and study of the geography of location, types and features of the ecological state of the territories of unauthorized landfills and adjacent land plots, analysis and synthesis, comparison and analogy, methods of analysis and modeling of the ecological situation in order to assess the prospects for optimizing the ecological state of such territories within the Volyn region of Ukraine

Results of the bachelor's qualification work: the modern features of the formation, dynamics, location, spatial distribution, structure and features of unauthorized landfills in the communities of the Volyn region of Ukraine are identified and analyzed. The mechanisms of their formation and typical composition, features of spatial distribution are characterized. The main environmental problems associated with the growing number of unauthorized landfills in the Volyn region have been identified and ways of possible solutions to such problems have been searched for, one of which is the method of phytoremediation of disturbed and contaminated lands that were under the landfill or located next to it.

A number of tables, diagrams and other graphic elements have been constructed that fully characterize the state of the environmental problem in the Volyn region of Ukraine. The role and significance of the phytoremediation method in the complex of

measures to overcome the negative consequences of the appearance of unauthorized landfills has been analyzed.

Information on the unauthorized landscape and socio-economic features of the appearance and spread of unauthorized landfills in the Volyn region has been summarized. Priority areas for developing measures to optimize the ecological state of lands that have fallen under unauthorized landfills or their related impact have been identified. Recommendations have been developed to reduce the negative impact of these negative environmental anthropogenic factors in our region.

Keywords: Volyn region, unauthorized landfill, phytoremediation, phytoremediant, ecological state.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ЗБІР ТА УТИЛІЗАЦІЯ ТПВ. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНУ ПРОБЛЕМИ У СВІТІ ТА В УКРАЇНІ.....	12
1.1. Постановка проблеми.....	12
1.2. Глобальні аспекти проблеми утилізації ТПВ.....	15
1.3. Структура та особливості ПЗФ Волинської області.....	19
Висновки до розділу 1.....	19
РОЗДІЛ 2. ПРОБЛЕМА СТИХІЙНИХ СМІТТЄЗВАЛИЩ В УКРАЇНІ ТА У ВОЛИНСЬКІЙ ОБЛАСТІ: МАСШТАБИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ.....	20
2.1. Причини та динаміка утворення стихійних сміттєзвалищ в Україні....	20
2.2. Регіональні особливості утворення стихійних сміттєзвалищ.....	21
2.3. Склад і характер відходів на стихійних сміттєзвалищах.....	22
2.4. Стихійні сміттєзвалища у Волинській області: сучасний стан проблеми.....	26
2.4.1. Структурні та регіональні особливості звалищ Волинської області..	27
2.4.2. Склад і екологічні ризики місцевих стихійних звалищ.....	27
2.4.3. Економічні та соціальні аспекти появи стихійних сміттєзвалищ.....	28
2.5. Моніторинг стану проблеми виявлення і ліквідації стихійних сміттєзвалищ в області.....	30
Висновки до розділу 2	38
РОЗДІЛ 3. ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ НА ДІЛЯНКАХ, ЗАБРУДНЕНИХ СТИХІЙНИМИ СМІТТЄЗВАЛИЩАМИ.....	39
3.1. Фіторемедіація. Основні поняття.....	39
3.2. Класифікація рослин-фіторемедіантів.....	40
3.3. Практичне застосування фіторемедіації.....	42
3.4. Можливості застосування фіторемедіації для нейтралізації забруднень на ділянках стихійних сміттєзвалищ.....	46
3.5. Аналіз ремедіаційних можливостей куничника наземного.....	49
Висновки до розділу 3	54
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	57

ВСТУП

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується зростанням антропогенного навантаження на довкілля, що проявляється у збільшенні обсягів твердих побутових відходів та поширенні несанкціонованих місць їх скидання або захоронення (тобто сміттєзвалищ). Особливо гостро ця проблема постає в Україні на регіональному рівні, на рівні територіальних громад, зокрема – і у Волинській області, де значна частина відходів розміщується з порушенням екологічних норм і вимог. Такі сміттєзвалища становлять загрозу для ґрунтів, підземних і поверхневих вод, атмосферного повітря, біоти та здоров'я населення. Несанкціоновані сміттєзвалища також стають осередками накопичення важких металів, нафтопродуктів, поліароматичних вуглеводнів та інших токсичних речовин, які здатні мігрувати у компоненти природного середовища й формувати довготривалі осередки техногенного забруднення.

У контексті впровадження принципів сталого розвитку, задекларованих у міжнародних документах, зокрема в Цілях сталого розвитку, ухвалених Організацією Об'єднаних Націй, прагнення України до вступу у Європейський Союз, що передбачає узгодження системи національного і міжнародного екологічного законодавства, принципів та підходів у галузі, особливої актуальності набуває пошук екологічно безпечних, економічно доцільних і природоорієнтованих технологій відновлення порушених територій. Одним із перспективних напрямів є фіторе mediaція – метод очищення та відновлення забруднених ґрунтів і вод за допомогою рослин та асоційованих із ними мікроорганізмів. На відміну від традиційних інженерно-технічних способів рекультивації, фіторе mediaція вирізняється відносно низькою вартістю, енергоощадністю, можливістю поєднання з ландшафтною реабілітацією територій та підвищенням їхньої екологічної цінності.

Для Волинської області, яка характеризується значною часткою сільськогосподарських угідь, лісових масивів і водно-болотних екосистем [31], проблема деградації земель унаслідок несанкціонованого складування відходів має як екологічний, так і соціально-економічний вимір. Забруднення ґрунтів

негативно впливає на продуктивність агроecosистем, якість сільськогосподарської продукції, стан природних біоценозів і рекреаційний потенціал регіону. У цьому контексті застосування фіторе mediaційних технологій може стати ефективним інструментом екологічної реабілітації порушених ділянок та формування екологічно безпечного простору.

Тому *актуальність теми* кваліфікаційної роботи бакалавра зумовлена необхідністю мінімізації негативного впливу несанкціонованих сміттєзвалищ на компоненти довкілля у Волинській області та потребою впровадження сучасних природоорієнтованих підходів до рекультивації забруднених земель. Недостатній рівень дослідженості регіональних особливостей застосування фіторе mediaції, відсутність систематизованих рекомендацій щодо підбору видів рослин для конкретних типів забруднення та ґрунтово-кліматичних умов області обумовлюють необхідність проведення комплексного наукового дослідження.

Мета роботи полягає в науковому обґрунтуванні можливостей застосування фіторе mediaції для відновлення ділянок несанкціонованих сміттєзвалищ та прилеглих територій у Волинській області.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких *завдань*:

- Проаналізувати сучасний стан проблеми несанкціонованих сміттєзвалищ у Волинській області та їхній вплив на компоненти довкілля.
- Охарактеризувати основні типи забруднювальних речовин, притаманних таким об'єктам, та їхню міграцію у ґрунтовому середовищі.
- Розглянути теоретичні засади та механізми фіторе mediaції (фітоекстракція, фітостабілізація, фітодеградація, ризофільтрація тощо).
- Визначити критерії добору рослин-фіторе mediaнтів з урахуванням природно-кліматичних умов Волинської області.
- Оцінити потенційну ефективність застосування фіторе mediaційних технологій на конкретних ділянках несанкціонованих сміттєзвалищ.
- Розробити практичні рекомендації щодо впровадження фіторе mediaційних заходів у системі екологічної реабілітації територій.

Об'єкт дослідження кваліфікаційної роботи бакалавра – це ділянки несанкціонованих сміттєзвалищ та прилеглі території як осередки техногенного забруднення. *Предмет дослідження* – процеси фіторе mediaції забруднених ґрунтів і можливості їх застосування для екологічної реабілітації територій. Під час виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було також використано інструменти штучного інтелекту (ШІ) для редагування і форматування тексту теоретичних розділів виключно як допоміжний засіб для уточнення формулювань, опрацювання літературних джерел, графічного представлення результатів дослідження. Усі твердження, результати та висновки належать автору і ґрунтуються на власному аналізові досліджених матеріалів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробці комплексного підходу до оцінювання потенціалу фіторе mediaції у Волинській області з урахуванням регіональних природно-кліматичних, ґрунтових і антропогенних чинників; обґрунтуванні доцільності використання окремих рослин для очищення від характерних для сміттєзвалищ забруднювачів; удосконаленні методичних підходів до оцінки ефективності фіторе mediaційних заходів.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання результатів органами місцевого самоврядування, громадами, екологічними службами для планування та реалізації заходів із рекультивації порушених земель; у розробленні рекомендацій щодо впровадження фіторе mediaції як складової регіональних програм поводження з відходами; у підвищенні екологічної безпеки територій та покращенні якості довкілля за умови нейтралізації стихійних сміттєзвалищ в межах Волинської області.

Таким чином, дослідження можливостей фіторе mediaції ділянок несанкціонованих сміттєзвалищ у Волинській області є своєчасним, науково обґрунтованим і практично значущим напрямом екологічних досліджень, спрямованим на відновлення екосистем і забезпечення сталого розвитку.

Структура роботи: кваліфікаційна робота бакалавра складається зі Вступу, трьох розділів, Висновків, Списку використаних джерел та Додатків. Загальний обсяг даної кваліфікаційної роботи бакалавра складає ____ стор.

РОЗДІЛ 1. ЗБІР ТА УТИЛІЗАЦІЯ ТПВ. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНУ ПРОБЛЕМИ У СВІТІ ТА В УКРАЇНІ

1.1. Постановка проблеми

Людина і відходи – це елементи безперервного ланцюга життєвого циклу, в якому виокремлюється питання збору, зберігання, утилізації та переробки твердих побутових відходів (далі – ТПВ), які утворюються постійно.

Проблема стихійних (несанкціонованих) сміттєзвалищ в Україні є однією з найгостріших складових загальнонаціональної кризи у сфері поводження з твердими побутовими відходами. На відміну від офіційно зареєстрованих полігонів, функціонування яких регулюється нормативно-правовими актами та підлягає екологічному контролю, стихійні звалища формуються поза межами організованої системи збору й утилізації відходів, що значно підвищує ризики забруднення довкілля та погіршення санітарно-епідеміологічної ситуації [15].

За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України станом на 2022 р., щороку в державі утворюється близько 10–12 млн тонн твердих побутових відходів, з яких понад 90 % захоронюється на полігонах та звалищах. Водночас частина відходів не потрапляє до офіційної системи збору й утилізації, а опиняється на несанкціонованих територіях – у лісосмугах, на узбіччях автомобільних доріг, у ярах, заплавах річок та на околицях населених пунктів. За оцінками фахівців Державної екологічної інспекції, щороку виявляється від 20 до 30 тисяч випадків утворення стихійних сміттєзвалищ різної площі та потужності в межах нашої країни, а їх сумарна площа (яка поки-що не облікована і динамічно змінюється) може перевищувати декілька тисяч гектарів.

Особливо загострюється проблема у сільській місцевості та невеликих громадах, де відсутня розвинена інфраструктура поводження з відходами. За статистичними даними, рівень охоплення населення централізованим вивезенням побутових відходів у містах становить понад 80 %, тоді як у сільській місцевості цей показник часто не перевищує 40–50 %. У таких умовах населення

змушене самотійно вирішувати проблему утилізації сміття, що нерідко призводить до формування стихійних звалищ [17].

Важливим фактором зростання кількості несанкціонованих сміттєзвалищ є урбанізаційні процеси та просторове розширення міст. У приміських зонах великих агломерацій спостерігається тенденція до накопичення відходів на територіях, які не мають чіткого господарського призначення або належного контролю. Особливо критичною є ситуація навколо великих міст – Києва, Харкова, Дніпра, Львова, Одеси, де значна частина відходів утворюється у приватному секторі та на нових житлових масивах.

Значний вплив на масштаби проблеми мала військова агресія російської федерації проти України. Унаслідок бойових дій, руйнування інфраструктури, обмеження доступу до окремих територій та збільшення обсягів будівельних відходів внаслідок масованої руйнації споруд та об'єктів, кількість несанкціонованих накопичень сміття тільки зростає. За оцінками експертів, у 2022–2025 роках обсяги відходів руйнування перевищили 300 млн тонн, частина яких зберігається тимчасово без належної інженерної ізоляції, що створює додаткові екологічні ризики.

Структура відходів на стихійних звалищах є різномірною. Переважають побутові органічні рештки, полімерні матеріали, папір, скло, текстиль, а також великогабаритні відходи – меблі, побутова техніка, автомобільні шини. Окрему небезпеку становлять небезпечні компоненти: використані батарейки, люмінесцентні лампи, фарби, мастила, медичні відходи. Їх потрапляння у довкілля спричиняє локальне забруднення ґрунтів важкими металами (свинець, кадмій, ртуть), нафтопродуктами та стійкими органічними забруднювачами [18].

Екологічні наслідки функціонування стихійних сміттєзвалищ проявляються у кількох напрямках: 1) забруднення ґрунтів. У результаті інфільтрації атмосферних опадів через товщу відходів утворюється фільтрат, який містить високі концентрації органічних сполук, амонійного азоту, важких металів та патогенних мікроорганізмів. За результатами польових досліджень у різних регіонах України, вміст свинцю у ґрунтах поблизу стихійних звалищ

може перевищувати гранично допустимі концентрації у 2–5 разів; 3) забруднення поверхневих і підземних вод. Розміщення сміттєзвалищ у балках, ярах та поблизу річок сприяє потраплянню забруднювальних речовин у водні об'єкти. Особливо небезпечним є розташування таких об'єктів у межах водоохоронних зон; 3) викиди парникових газів. Анаеробне розкладання органічної складової відходів супроводжується утворенням метану (CH_4), який має парниковий потенціал, що у 28–34 рази перевищує дію вуглекислого газу в горизонті 100 років. За оцінками міжнародних досліджень, сектор відходів формує до 20 % антропогенних викидів метану; 4) пожежна небезпека. Самозаймання відходів або їх навмисне підпалювання призводить до утворення токсичних продуктів горіння – діоксинів, фуранів, оксидів азоту, чадного газу. Щороку в Україні фіксуються сотні випадків горіння сміттєзвалищ, що створює ризики для здоров'я населення [17, 18, 19, 23].

Соціально-економічний вимір проблеми також є значним. Наявність стихійних сміттєзвалищ знижує рекреаційну та інвестиційну привабливість територій, негативно впливає на санітарний стан населених пунктів і формує додаткове навантаження на місцеві бюджети, пов'язане з ліквідацією наслідків забруднення.

Станом на останнє довоєнне десятиліття і наш час, в Україні реалізується реформа системи управління відходами, зокрема, було прийнято Закон України «Про управління відходами» у 2023 р. [3] та впроваджуються положення Національної стратегії управління відходами до 2030 року. Передбачається перехід до ієрархії поводження з відходами, що включає запобігання утворенню, повторне використання, переробку, відновлення енергії та лише в останню чергу – захоронення. Однак повна ліквідація стихійних звалищ потребує комплексних заходів: розвитку інфраструктури сортування та переробки, посилення екологічного контролю, економічного стимулювання роздільного збору відходів, а також підвищення рівня екологічної свідомості населення [1, 2, 3, 4].

Таким чином, проблема стихійних сміттєзвалищ в Україні має системний характер, поєднуючи екологічні, економічні та соціальні аспекти. Її вирішення є необхідною передумовою забезпечення екологічної безпеки, збереження природних ресурсів і формування засад сталого розвитку територій, у тому числі на регіональному рівні.

1.2. Глобальні аспекти проблеми утилізації ТПВ

Проблема утилізації твердих побутових відходів (ТПВ) стала однією з глобальних екологічних викликів XXI століття, що виникає на стику демографічних, соціально-економічних, технологічних і політичних процесів. Зі зростанням населення, темпів урбанізації та рівня споживання зросли і обсяги побутових відходів, які продукуються щоденно людською цивілізацією. За оцінками, загальна кількість муніципальних твердих побутових відходів у світі вже перевищила 2,1 мільярда тонн на рік, і без радикальних змін у системах управління очікується подальше її зростання до майже 3,8 мільярда тонн до 2050 року. Такий прогноз підтверджує масштабність проблеми та викликає занепокоєння щодо подальших екологічних та економічних наслідків [15].

Світова генерація великих обсягів ТПВ безпосередньо пов'язана з рівнем економічного розвитку. У країнах із високим доходом середній показник утворення муніципальних відходів на душу населення становить приблизно 1,4 кг на особу щоденно, тоді як у країнах із низьким і середнім доходом – близько 0,6 кг на особу щоденно. Регіони з високою концентрацією населення і швидкою урбанізацією, такі як Азія та Африка, демонструють найбільші абсолютні обсяги утворення відходів. За оцінками, понад 57 % усіх ТПВ генерується в містах, де мешкає близько половини населення світу.

У структурі твердих побутових відходів значну частку складають органічні компоненти – до 44–50 % загальної маси, що створює серйозні проблеми у сфері контролю метанових викидів та ґрунтового забруднення. Пластикові відходи, хоча й менш численні за масою (приблизно 12 % від загальної кількості ТПВ),

становлять одну з найсерйозніших екологічних загроз через довгий період деструкції та широку поширеність у всіх середовищах.

Глобальні тенденції також демонструють швидке зростання сектору електронних відходів (e-waste), що є окремою категорією побутових відходів, яка включає в себе відпрацьовані електронні пристрої та компоненти. Обсяги e-waste у світі вже перевищили 50 млн тонн щороку, і лише близько 20 % цих відходів переробляються на формальній основі, а решта залишається неврахованою або неконтрольовано накопиченою, що спричинює не лише екологічні, а й економічні втрати (оцінювані у десятки мільярдів доларів через знецінену цінних металів та ресурсів) [15, 37].

Одна з ключових проблем глобального рівня полягає не лише в величезних обсягах утворення відходів, але й у низькій ефективності систем збору та управління. У середньому по світу лише близько 60 % муніципальних відходів збирається системно, але лише 10 % від загальної кількості піддається належній обробці (переробка, компостування, безпечне спалювання). Близько 1,3 млрд тонн ТПВ щороку залишається необробленими, що створює серйозні ризики для громадського здоров'я та довкілля.

На рис. 1.1 представлено прогнозну динаміку зростання обсягів утворення ТПВ у перспективі до 2050 р., а на рис. 1.2 – наводиться порівняння генерації ТПВ на душу населення у різних регіонах світу, беззаперечним лідером тут є країни Північної Америки.

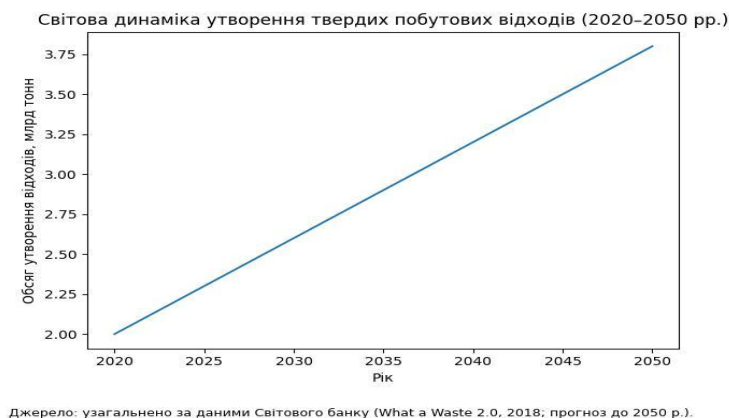
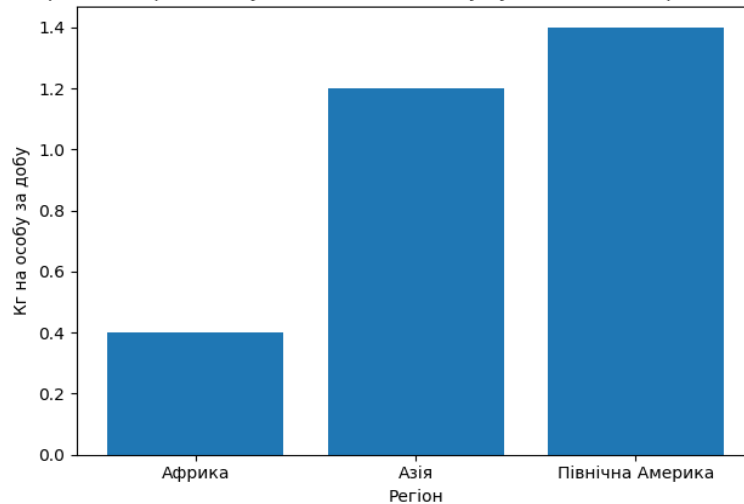


Рисунок 1.1 Динаміка глобального утворення ТПВ (2020–2050), прогноз за даними [37].

Утворення твердих побутових відходів на душу населення за регіонами світу



Джерело: узагальнено за даними Світового банку (What a Waste 2.0, 2018).

Рисунок 1.2 Порівняння генерації ТПВ на душу населення у різних регіонах світу (у кг/день на людину, за даними [37]).

Глобальний рівень переробки муніципальних відходів також залишається відносно низьким – близько 14–16 %. При цьому значні відмінності спостерігаються між країнами та регіонами: у високорозвинених країнах частка перероблених ТПВ значно вища (деякі країни ЄС мають до 45–70 % переробки для окремих фракцій), тоді як у країнах, що розвиваються, цей показник часто не перевищує 5–10 %, особливо для пластика та текстильних відходів.

Регіональні відмінності у генерації ТПВ теж є досить значними та характерними.

На даний час країни Азійського регіону є найбільшим генератором муніципальних побутових відходів у світі: близько 45 % від загального обсягу утворення ТПВ припадає на країни цього регіону. Показники на душу населення сильно варіюються: від приблизно 1,2 кг на особу щоденно у багатьох містах Азії до 0,4 кг на особу щоденно в Африці. Регіони Північної Америки та Європи демонструють одні з найвищих показників щодо кількості відходів на душу населення у світі – у частині високодохідних країн цей показник сягає понад 700–800 кг на особу на рік [37, 39].

У таблиці 1.1. наведено прогнозні дані щодо очікуваного зростання обсягів утворення твердих побутових відходів у світі в найближчі десятиліття, а у

таблиці 1.2 – осереднені показники частки різних типів ТПВ у муніципальних відходах, за категорією відходів, що утворюються.

Таблиця 1.1 – Глобальні показники утворення ТПВ (2023–2050, прогноз [39])

Показник	Оцінка (млрд тонн)
Утворення ТПВ у 2023	Близько 2.1
Прогноз до 2030	Понад 2.6
Прогноз до 2050	Понад 3.8

Таблиця 1.2 – Частка муніципальних ТПВ за видом компонентів [39]

Компонент	Частка від загальної маси (%)
Органіка	44–50
Пластик	Близько 12
Метали	Близько 4
Скло	Близько 5
Інші	Близько 18

Ці статистичні диспропорції мають суттєві наслідки для формування регіональної політики в управлінні відходами: країни з розвиненою інфраструктурою можуть спрямовувати більшу частину вторинних ресурсів у повторне використання та переробку, тоді як у країнах, що розвиваються, значна частина ТПВ все ще опиняється в несанкціонованих звалищах, створюючи довготривалі екологічні загрози.

Екологічні та соціально-економічні наслідки невірної управління у сфері поводження з відходами можуть бути значними та довготривалими.

Несанкціоновані полігони та відкриті звалища є джерелами численних негативних наслідків для довкілля і суспільства: 1) *грунтове та водне забруднення*: токсичні сполуки, важкі метали та хімічні речовини можуть

мігрувати з відходів у ґрунтові води, створюючи ризики для здоров'я людей та тварин; 2) *викиди парникових газів*: розкладання органічної фази ТПВ на полігонах супроводжується утворенням метану — потужного парникового газу, що сприяє глобальному потеплінню; 3) *соціально-економічні втрати*: оцінка збитків від неналежних практик поводження з відходами включає прямі та непрямі витрати на охорону здоров'я, деградацію земель та зниження продуктивності, що в окремих регіонах може складати до 2–3 % ВВП [21].

При відсутності ефективних заходів, до середини XXI ст. глобальні витрати на управління ТПВ можуть зрости до понад 640 млрд доларів на рік, значно перевищивши поточні рівні фінансування та створивши економічний тягар для багатьох країн.

Висновки до розділу 1: отже, проблема утворення, накопичення та зберігання і утилізації твердих побутових відходів має глобальний вимір, вона поглиблювалася в процесі розвитку людської цивілізації та матеріального виробництва. На даний час найбільш гострою ця проблема постає у межах урбанізованих територій, великих мегаполісів, проте і для сільської місцевості дана проблема є гострою, адже в невеликих населених пунктах зазвичай гірше організована чи взагалі відсутня система збору та вивезення сміття. За оцінкою статистичних даних і на основі математичного прогнозування можна очікувати лише зростання обсягів і масштабів утворення ТПВ у близькому майбутньому та загострення даної проблеми. В Україні проблема поглибилася із початком широкомасштабної війни, адже під час бойових дій та обстрілів формуються небачені раніше обсяги будівельного сміття та інших відходів (внаслідок руйнації будівель, інфраструктурних, промислових об'єктів, тощо).

Названі причини, а також – невисока екологічна культура та свідомість значної частини мешканців, призводять до утворення та розростання стихійних сміттєзвалищ, місць, куди люди вивозять відходи без дозволу, неконтрольовано та протизаконно. Ця проблема має як екологічний, так і соціально-економічний вимір, є гострою та потребує розв'язання.

РОЗДІЛ 2. ПРОБЛЕМА СТИХІЙНИХ СМІТТЄЗВАЛИЩ В УКРАЇНІ ТА У ВОЛИНСЬКІЙ ОБЛАСТІ: МАСШТАБИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ

2.1. Причини та динаміка утворення стихійних сміттєзвалищ в Україні

Проблема стихійних (несанкціонованих) сміттєзвалищ в Україні є однією з найгостріших і наймасштабніших складових сучасної кризи у сфері поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ). У країні не існує повністю сформованої національної мережі сучасних полігонів і промислових сміттєпереробних комплексів, тому значні обсяги побутового сміття накопичуються у вигляді численних несанкціонованих місць їх розміщення. Це створює тривалі екологічні ризики для здоров'я населення та довкілля, а також зумовлює серйозні проблеми регіонального розвитку.

За офіційними даними Державної служби статистики України, у 2024 році загальний обсяг утворених муніципальних твердих побутових відходів в Україні становив приблизно 10,7 млн тон. Із цього обсягу близько 9,5 млн тонн (88 %) були офіційно зібрані і спрямовані на полігони, тоді як понад 1,2 млн тонн (12 %) залишилися поза системою централізованого збору (попередні оцінки практично збігаються і з відповідними даними за 2022–2023 рр.). Частина цих неврахованих відходів потрапляє на стихійні звалища, що діють без належного технологічного контролю та без інженерної ізоляції шарів відходів [7].

За оцінками Міністерства економіки, довкілля та сільського господарства України, кількість виявлених несанкціонованих сміттєзвалищ на початок 2025 року становила 37 842 об'єктів, площа яких загалом перевищує 52 000 гектарів. Для порівняння: площа міста Луцька складає приблизно 4 200 гектарів, тобто площа звалищ в Україні більша за територію приблизно 10 великих міст. Щороку реєструється від 18 до 25 тисяч нових несанкціонованих звалищ, із яких майже 40 % розташовані за межами населених пунктів, а решта – безпосередньо в межах населених пунктів або на їхніх околицях [7, 8].

Фіксація і виявлення стихійних сміттєзвалищ можливе як методами безпосередніх польових обстежень територій, прилеглих до населених пунктів,

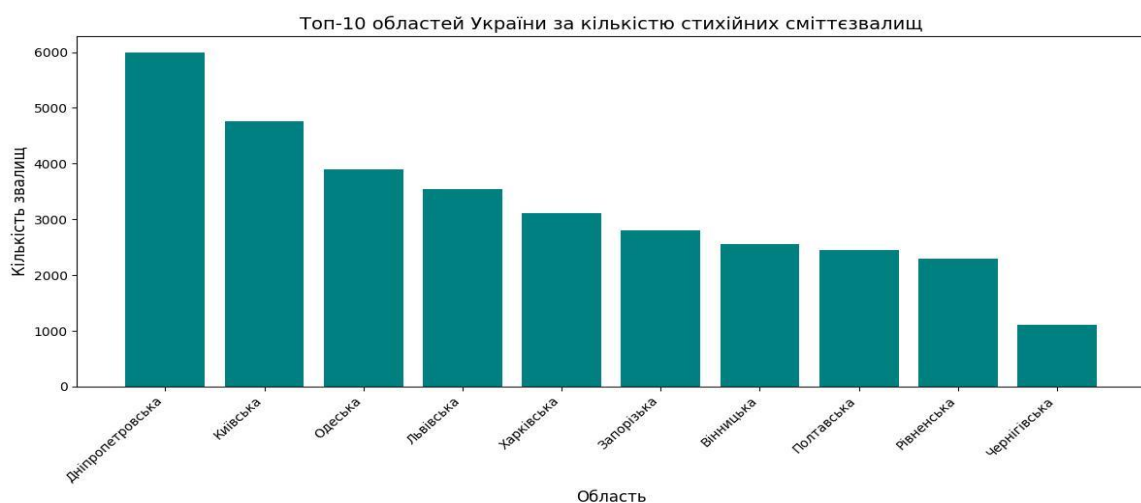
так і методами ДЗЗ, на основі аналізу космічних супутникових знімків. Проте багато стихійних сміттєзвалищ важко виявляються внаслідок їх «схованості» від застосування методик дистанційного аналізу (в лісосмугах, лісових масивах, зарослих деревами ярах, тощо).

Державна екологічна інспекція запустила кілька років назад проєкт «Екозагроза» - електронний додаток, який дозволяє повідомити про певну екологічну проблему, зокрема – і про виявлені стихійні сміттєзвалища, дистанційно. Для цього необхідно увійти в Додаток, скинути геолокацію виявленої проблеми та фото, що її підтверджують [12].

2.2. Регіональні особливості утворення стихійних сміттєзвалищ

Регіональний аналіз показує значну неоднорідність у розподілі стихійних звалищ по території України. Найбільші кількості таких об'єктів зареєстровані у Дніпропетровській області (5 987 об'єктів); Київській області (4 762 об'єкти); Одеській області (3 891 об'єкт); Львівській області (3 544 об'єкти) та Харківській області (3 112 об'єктів). Найменше в Україні зафіксовано стихійних звалищ у Чернігівській області (1 112 об'єктів) та у Херсонській області (1 027 об'єктів).

На рис. 2.1 представлено Топ – 10 областей України, в яких найбільшим є число виявлених стихійних сміттєзвалищ [12].



Джерело: Державна екологічна інспекція України, 2025 р.

Рисунок 2.1 Регіональний розподіл стихійних сміттєзвалищ в Україні (за даними [13]).

Волинська область належить до регіонів із середнім значенням даного показника (у межах близько 3 000 об'єктів).

У середньому щільність несанкціонованих звалищ у сільській місцевості України становить від 3 до 8 об'єктів на 100 км² території, в межах великих міст – від 0,9 до 1,5 об'єкта на 10 км² урбанізованої території [6, 13].

Ці дані вказують на тісний зв'язок між рівнем урбанізації, доступністю послуг із вивезення сміття та кількістю несанкціонованих місць накопичення. У сільській місцевості великий обсяг відходів залишається неврахованим через відсутність регулярного централізованого вивезення. Так, за даними місцевих органів влади, у сільській місцевості Київської та Житомирської областей послугою централізованого вивезення ТПВ користуються лише 42–48 % домогосподарств, що призводить до накопичення відходів на узбіччях доріг, біля водойм та на пустирях [13].

2.3. Склад і характер відходів на стихійних сміттєзвалищах

Структурний склад побутових відходів на стихійних звалищах відрізняється від офіційних полігонів ТПВ. Це пов'язано із тим, що значну частину відходів на таких сміттєзвалищах складають великогабаритні та небезпечні відходи.

За даними проведених моніторингових обстежень у Вінницькій, Рівненській та Київській областях (2022–2024 рр.) [6, 13, 24], типова структура відходів була такою, як вона представлена у таблиці 2.1.

Особливу екологічну загрозу становлять побутові батарейки, люмінесцентні лампи, побутова техніка та електроніка – компоненти, що містять важкі метали (ртуть, кадмій, свинець) та небезпечні сполуки. У середньому концентрація кадмію в ґрунтах поблизу таких звалищ перевищує 3–5 ГДК (гранично допустимих концентрацій), концентрація свинцю – до 4–6 ГДК, що значно перевищує нормативні показники для сільськогосподарських земель [28].

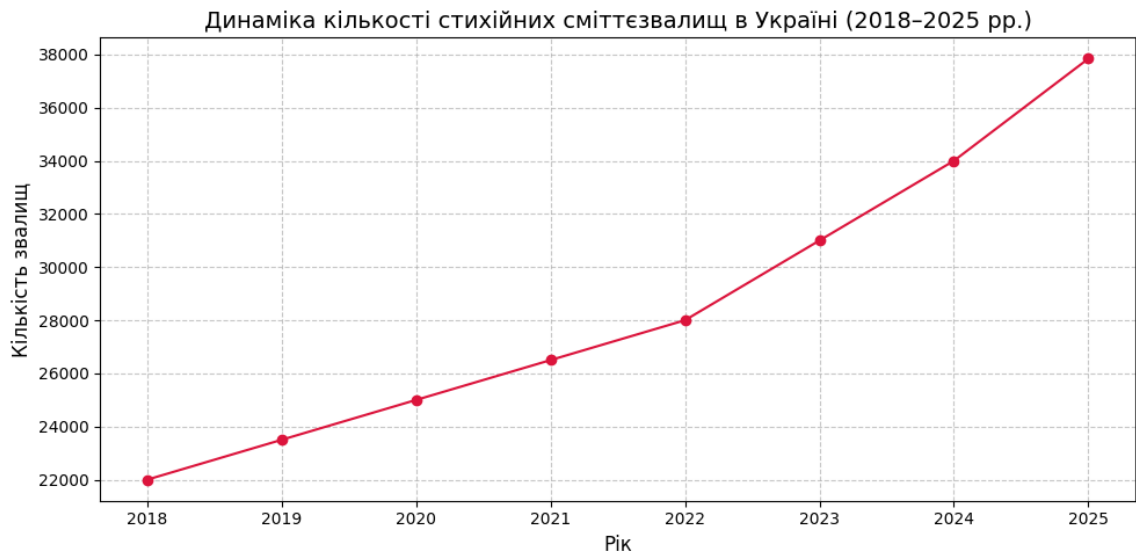
Проте усі види відходів є небезпечними, при умові їх неконтрольованого розкладання, проникнення у ґрунт, а з дощовими водами – у водойми.

Таблиця 2.1. – Структура ТПВ на стихійних сміттєзвалищах (подано за даними [34, 35])

№	Категорія відходів	Частка (%)
1	Органічні (харчові, рослинні)	32,8 %
2	Пластик	21,7 %
3	Папір і картон	11,4 %
4	Скло	5,9 %
5	Текстиль	8,0 %
6	Великогабаритні відходи	10,2 %
7	Небезпечні (електроніка, лампи, батарейки)	4,5 %
8	Інше	5,5 %

Незважаючи на домінування невеликих звалищ, на території України все частіше фіксуються так звані *надмасивні стихійні сміттєзвалища* – території площею понад 10 га, де загальна маса накопичених відходів може перевищувати 30–45 тис. тонн. Такі об’єкти найчастіше спостерігаються поблизу великих агломерацій, міст і транспортних вузлів (наприклад, в околицях міст Дніпро, Львів, Одеса) [35].

На рис. 2.2 представлено динаміку зростання числа виявлених несанкціонованих сміттєзвалищ у нашій країні протягом періоду 2018 – 2025 рр. Графік демонструє стрімке зростання їх кількості, проте фахівці Державної екологічної інспекції зауважують, що в останній час зростання виявленого числа таких об’єктів пов’язано також із більшою увагою до проблеми в контексті прийняття нових законодавчих норм, появою порталів на зразок «Екозагрози», які дозволяють усім бажаючим долучитися до виявлення стихійних сміттєзвалищ, а фахівцям Державної екоінспекції – активніше обліковувати їх та вживати заходів у співпраці з громадами і місцевими органами влади щодо ліквідації таких об’єктів.



Джерело: Державна екологічна інспекція України, 2018–2025 рр.

Рисунок 2.2 Динаміка зростання числа несанкціонованих звалищ в Україні (2018–2025). За даними [12, 35].

Несанкціоновані сміттєзвалища створюють широке коло негативних екологічних і соціально-господарських наслідків. Зупинимося на головних з них.

1. *Забруднення ґрунтів.* Під час сезонних дощів та сніготанення через масив відходів утворюється фільтрат – розчин, що містить високі концентрації органічних сполук, амонійного азоту, важких металів та фенольних сполук. Дослідження ґрунтів поблизу несанкціонованих звалищ у центральних областях України показали, що концентрація свинцю в ґрунтах перевищує ГДК у 2–5 разів, кадмію – у 3–8 разів, а міді – у 2–4 рази порівняно з нормативними значеннями [35].

2. *Забруднення водних об'єктів.* Через низьку інженерну захищеність місць розміщення відходів токсичні компоненти фільтрату мігрують у поверхневі й підземні води. В межах Полтавської, Дніпропетровської та Харківської областей частка проб води з перевищенням допустимих норм за вмістом хімічних сполук становить 21–28 % уздовж нижніх течій річок, що проходять через великі ценози стихійних звалищ [35].

3. *Викиди парникових газів і токсичних продуктів.* Анаеробне розкладання органічної частини ТПВ супроводжується утворенням

метану (CH₄), що має парниковий потенціал у 28–34 рази вище, ніж CO₂. За оцінками екологічних агентств, сектор управління відходами в Україні забезпечує близько 8–12 % загальних викидів метану, що має прямий вплив на зміну клімату [30, 35, 37].

4. *Соціально-економічні ризики.* Стихійні сміттєзвалища значно зменшують естетичну привабливість територій, створюють загрозу санітарному стану населених пунктів і є джерелом соціальної напруги серед мешканців. Так, у 2023 році у місті Львові понад 23 % запитів громадян до служби ДСНС та Державної екоінспекції були пов'язані зі зверненнями щодо стихійних звалищ на околицях міста, загрозою пожеж на них, тощо.

Політичні, правові та управлінські аспекти управління відходами суттєво впливають на стан даної проблеми та пошук шляхів її розв'язання.

Станом на 2025 рік в Україні триває реалізація Національної стратегії управління відходами до 2030 року та положень Європейської зеленої угоди, що передбачають ієрархію поводження з відходами:

1. Попередження утворення ТПВ.
2. Роздільний збір.
3. Сортування.
4. Переробка та відновлення ресурсів.
5. Захоронення ТПВ лише після переробки.

За даними Державної екологічної інспекції, у 2024 році в Україні було проведено 5 725 заходів контролю у сфері поводження з відходами, що на 27 % більше, ніж у 2022 році; накладено штрафів на суму понад 9,4 млн грн, з яких 58 % стосувалися порушень щодо місць несанкціонованого складування сміття [12].

На місцевому рівні впроваджуються проекти роздільного збору та утилізації ТПВ в рамках програм «Чисте місто», «Сортуй правильно», а також через співпрацю з міжнародними партнерами (проекти ЄС, GIZ, World Bank). Проте масштаби та темпи таких змін поки що недостатні для ліквідації сотень тисяч діючих стихійних звалищ в нашій країні.

2.4. Стихійні сміттєзвалища у Волинській області: сучасний стан проблеми

Питання поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) є важливим елементом екологічної безпеки будь-якого регіону. Для Волинської області, що характеризується значним поширенням саме сільського типу забудови (близько 48 % населення проживає у сільській місцевості) та значним питомим внеском приватного сектору у генерацію відходів, проблема стихійних сміттєзвалищ має виражений локальний і регіональний характер. Незважаючи на зусилля місцевих органів влади та реалізацію загальнодержавних програм з управління відходами, кількість несанкціонованих накопичень ТПВ у регіоні не зменшується, а має тенденцію до зростання у деяких адміністративних одиницях.

За даними Головного управління Державної екологічної інспекції у Волинській області, у 2018 році на території області було зареєстровано 3 184 несанкціонованих місць накопичення ТПВ. До 2020 року їх кількість зросла до 3 768 (приріст склав 18,3 %), що було зумовлено поступовим зменшенням частки населення, охопленого централізованим вивезенням сміття, і недостатнім розвитком системи роздільного збору [12].

У 2021–2022 роках спостерігалось невелике зниження кількості зафіксованих звалищ – до 3 631 у 2021-му і 3 602 у 2022-му, що пов'язано з активізацією інспекційних перевірок та частковою ліквідацією малих несанкціонованих звалищ. Проте у 2023–2025 роках тенденція до збільшення повернулася: у 2023 р. виявлено 3 924 об'єкти (приріст на 8,9 % порівняно з 2022 р.); у 2024 р. виявлено вже 4 118 об'єктів (приріст склав 4,9 %); у 2025 р. (оцінка за перше півріччя, станом на червень) вже виявлено 4 260 об'єктів (приріст склав 3,4 %). Таким чином, загальна тенденція за період 2018–2025 свідчить про помітну динаміку збільшення кількості несанкціонованих звалищ, майже на 33,8 %, що вказує на системний характер проблеми та потребу посилення регіональної політики управління ТПВ [12].

2.4.1. Структурні та регіональні особливості звалищ Волинської області

Стихійні сміттєзвалища у Волинській області розташовані як у межах населених пунктів, так і поза ними – уздовж автомобільних доріг місцевого значення, у лісосмугах, на берегах водойм та у прилеглих до приватних ділянок територіях. За даними обстежень 2023–2024 років, на території Луцького району (без урахування міста Луцька) нараховувалося близько 1 102 несанкціонованих місць накопичення ТПВ, що становить приблизно 31,7 % загальної кількості по області. У Ковельському районі їх було зареєстровано 840 (близько 25,2 %), у Володимир-Волинському – 1170 (29,6 %), у Камінь-Каширському районі – 429 (близько 13,5 %) [12].

Характерною особливістю Волинської області є значна частка сільських несанкціонованих звалищ (68–72 % від загальної кількості), що пояснюється низьким рівнем охоплення централізованими послугами збору відходів у сільській місцевості, а також високою часткою приватного сектору. У містах обласного значення (Луцьк, Нововолинськ, Володимир, Ковель) така частка несанкціонованих накопичень також залишається суттєвою через недостатню культуру роздільного сортування та обмежену інфраструктуру переробки [40].

2.4.2. Склад і екологічні ризики місцевих стихійних звалищ

Моніторинг, проведений екологічними службами області у 2022–2024 роках, дає змогу оцінити склад ТПВ на несанкціонованих звалищах. Серед регіональних даних щодо структури побутових відходів у Волинській області можна виділити такі пропорції, які представлені у таблиці 2.2.

Представлені дані свідчать, що, як і в загальнонаціональній практиці, органічна та пластикові фракції домінують у складі ТПВ, що створює підґрунтя для утворення фільтрату з високим вмістом органічних сполук, азоту та важких металів, які мають здатність мігрувати у довкілля. Аналіз проб ґрунту, відібраних поряд із звалищами у межах Луцького та Ковельського районів, показав, що концентрації свинцю місцями перевищують нормативні у 2–4 рази,

кадмію – у 3–6 разів, а міді – до 2,5–3 разів над гранично допустимими концентраціями для ґрунтів 3 класу (сільськогосподарські угіддя) [30, 32].

Таблиця 2.2. – Структура відходів на стихійних сміттєзвалищах Волинської області (подано за даними [12]).

№	Категорія відходів	Частка у звалищах (%)
1	Органічні відходи	34,2 %
2	Пластик	23,1 %
3	Папір/картон	12,0 %
4	Текстиль	8,6 %
5	Скло	6,8 %
6	Великогабаритні	10,8 %
7	Небезпечні відходи ¹	4,5 %

¹ Небезпечні відходи включають батарейки, медичні відходи, лампи та електроніку.

Окремою екологічною загрозою є наявність небезпечних компонентів у побутових відходах – батарейок, ламп, медичного сміття, частка яких у деяких місцях перевищує 6 % загального складу, що значно ускладнює екологічну оцінку таких ділянок та потребує спеціальних заходів аналізу та класифікації при плануванні рекультиваційних робіт. На жаль, інфраструктура місць організованого збору таких відходів не має розвитку в області, навіть в м. Луцьку важко знайти точки для збору батарейок на утилізацію.

Географічні умови Волинської області, просторові та сезонні чинники також сприяють акумуляції непридатних для навколишнього середовища елементів: багаті торф'яні ґрунти мають характерні фізико-хімічні властивості, що дозволяють фільтрату швидше мігрувати у нижні горизонти ґрунту при підтопленнях весняною повінню чи після тривалих дощів. Особливо у весняно-літній період спостерігається збільшення ризику переносу забруднювачів у водні об'єкти регіону (Стир, Луга, Прип'ять), що є важливим

фактором, оскільки значна частина таких водойм використовується для господарсько-побутових потреб населення [27, 29].

2.4.3. Економічні та соціальні аспекти появи стихійних сміттєзвалищ

Збиральні служби, що забезпечують вивезення ТПВ у населених пунктах області, переважно зосереджені у великих містах, де охоплення централізованими послугами сягає 75–82 %, тоді як у селі цей показник не перевищує 45–52 %. Така ситуація зумовлює широку практику самостійного вивезення сміття мешканцями на узбіччя доріг, у балки і яри, що перетворює їх на довготривалі джерела забруднення.

Крім того, у Волинській області, внаслідок усталених традицій та низької екологічної культури і обізнаності населення в даних питаннях, відзначені численні випадки спалювання побутових відходів у приватному секторі – коефіцієнт спалювання органічної фракції ТПВ у зимовий період сягає 28–33 % у деяких районах. Це спричиняє викиди діоксинів, фуранів та інших токсичних продуктів горіння, що негативно впливає на якість повітря й здоров'я населення.

Водночас останніми роками на території Волинської області та її територіальних громад активно реалізуються заходи, спрямовані на зменшення кількості несанкціонованих звалищ:

- 1) проведення інвентаризації місць накопичення ТПВ із залученням територіальних громад;
- 2) встановлення пунктів прийому вторинної сировини у містах і деяких селах;
- 3) інформаційно-освітні програми щодо роздільного збору відходів.

Проте, на думку екологів регіону, ці заходи є недостатніми через низький рівень фінансування, обмежену кількість пунктів прийому сировини та відсутність дієвих механізмів стимулювання мешканців до сортування відходів у приватному секторі [14, 18, 19].

З урахуванням загальної тенденції щорічного зростання кількості несанкціонованих сміттєзвалищ у Волинській області, посилення контролю за

місцями накопичення ТПВ, розширення мереж роздільного збору, а також використання сучасних технологій (включно з еколого-орієнтованими підходами фіторемедіації) є ключовими складовими регіональної політики управління відходами.

2.5. Моніторинг стану проблеми виявлення і ліквідації стихійних сміттєзвалищ в області

Нами було проведено аналіз інформації у ЗМІ, в соцмережах та інших відкритих джерелах (оприлюднені звіти державних органів, територіальних громад, тощо), яка стосувалася актуальності проблеми виявлення та ліквідації стихійних сміттєзвалищ у Волинській області протягом 5 років (2021 – 2025 рр.). Цей моніторинг дозволив узагальнити отриману інформацію у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. – Статистичне опрацювання результатів моніторингу інформації про стихійні сміттєзвалища у Волинській області в 2021 – 2025 рр.

№	Джерело інформації	Кількість інформаційних повідомлень	Задіяні стейкхолдери (державні установи, управлінські органи, громадські організації, наукові та навчальні установи, громади, окремі громадяни)
1	ЗМІ (преса, новинні вебсайти, телебачення)	207	Редакції ЗМІ, Державна екологічна інспекція у Волинській області, фахівці органів екологічного управління, представники громад, наукові експерти, громадяни
2	Соцмережі (фейсбук, інстаграм, ютуб)	496	Окремі громадяни, громади, тематичні та територіальні об'єднання громадян, громадські організації, установи ПЗФ, лісгосподарські установи
3	Інше (звіти, оголошення, тендери, аналітика)	35	Державні установи, територіальні громади, органи державного екологічного управління

Наведемо типові приклади опису стану проблеми, що отримали оприлюднення за період проведеного дослідження.

Дата: 06.09.2021. Джерело: офіційний сайт Держекоінспекції у Волинській області [12].

Державна екологічна інспекція у Волинській області повідомляє, що під час планових перевірок об'єднаних територіальних громад Волинської області спеціалістами інспекції виявляється велика кількість непаспортизованих сміттєзвалищ, що в свою чергу призводить до проблем зростання числа, займаної площі і стихійного виникнення сміттєзвалищ на Волині (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 Приклад несанкціонованого сміттєзвалища в межах Волинської області (подано за даними офіційного сайту Держекоінспекції у Волинській області: [12]).

Утворення та стихійне виникнення сміттєзвалищ твердих побутових відходів без будівництва та облаштування спеціальних полігонів є незаконним та небезпечним.

Несанкціоновані сміттєзвалища є джерелом інтенсивного забруднення земель, атмосфери та підземних вод. Вплив на територію, умови землекористування і геологічне середовище проявляється у відчуженні земель,

порушені території й зміні рельєфу під час будівництва, можливій активізації екзогенних процесів, зміні гідрогеологічних характеристик і умов поверхневого стоку, небезпеці розвитку ерозії, збільшенні навантажень на ґрунти, формуванні специфічних техногенних зон, забрудненні ґрунтів нафтопродуктами.

На стихійних сміттєзвалищах не ведеться облік відходів, що унеможливорює забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення, екологічної безпеки навколишнього природного середовища, запобігання розвитку небезпечних геологічних процесів і явищ.

Відповідно до статей 20, 21 Закону України «Про управління відходами» [3], обов'язки щодо забезпечення ліквідації несанкціонованих і неконтрольованих звалищ відходів, здійснення контролю за діяльністю об'єктів поводження з відходами, складання й ведення реєстру об'єктів утворення відходів та видача дозволів на здійснення операцій у сфері поводження з відходами покладено на районні та обласні державні адміністрації та органи місцевого самоврядування. Зазначаємо, що відповідно до Кодексу України про адміністративні правопорушення, ст. 52 «Псування і забруднення сільськогосподарських та інших земель» передбачає накладення штрафу на громадян від двадцяти до вісімдесяти неоподатковуваних мінімумів доходів громадян і на посадових осіб, громадян – суб'єктів підприємницької діяльності – від п'ятдесяти до ста неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

З огляду на це, Державна екологічна інспекція у Волинській області, здійснює відповідні заходи щодо виявлення та ліквідації несанкціонованих і неконтрольованих сміттєзвалищ та негайного припинення негативного й руйнівного впливу на довкілля.

Дата: 13.11.2025. Джерело: Волинські новини [7].

«Майже в кожній громаді на Волині фіксують стихійні сміттєзвалища. Після їх ліквідації, вони часто виникають знову. Про це Суспільному повідомив начальник Державної екологічної інспекції у Волинській області Віктор Барчук.

З його слів, така проблема виникає через відсутність у багатьох громадах централізованого збору твердих побутових відходів та організованих пунктів

збору. У громадах, де створені комунальні підприємства з вивезення твердих побутових відходів, стихійних сміттєзвалищ фіксується менше, а де, їх немає стихійні сміттєзвалища є і площі їх великі – каже Віктор Барчук» [7].

«У більшості випадків за вимогами екоінспекції стихійні сміттєзвалища ліквідовуються громадами. Якщо ж ні, то відповідальна людина притягується до адміністративної відповідальності. Матеріали по таких громадах направляються в прокуратуру для зобов'язання в судовому порядку виконати дану вимогу та ліквідувати стихійне сміттєзвалище» [7].

«Відповідно до статті 82 Кодексу України про адміністративні правопорушення, порушення вимог щодо поводження з відходами під час їх збирання, перевезення, зберігання, оброблення, утилізації, знешкодження, видалення або захоронення тягне за собою штраф на громадян від 340 до 1360 гривень і на посадових осіб, суб'єктів підприємницької діяльності – від 850 до 1700 гривень» [7].

Дата: 03.10.2025 р. Джерело: СуспільнеНовини [33].

«На Волині інспектори Держекоінспекції виявили порушення на полігоні твердих побутових відходів біля села Цегів Мар'янівської громади на суму понад 4 мільйони гривень. Йдеться про перевищення екологічних норм на цьому полігоні. Про це в телефонному коментарі Суспільному повідомив начальник відділу природно-заповідного фонду лісів Держекоінспекції в області А. Філюк. Спеціалісти інспекції у рамках кримінального провадження залучалися спільно із поліцією для проведення огляду місця події» [33]. (рис. 2.4).

«У рамках кримінального провадження були відібрані зразки ґрунту, проведені лабораторні дослідження. Триває кримінальне провадження, триває досудове розслідування. Розголошувати ми не маємо права – сказав фахівець» [33].



Рисунок 2.4 Сміттєзвалище біля села Цегів Луцького району (подано за даними [33])

«Житель села Цегів Олександр Скопик розповів авторам інформаційного репортажу на новинному сайті про те, що сміття сюди почали звозити вже дуже давно, ще наприкінці 60-х років ХХ століття. Колись були грузіни, робили асфальт: видобули глину, витягали, то провалля було. – Тільки ваші односельчани скидають сміття? – Свої, своє село. Де хто зібрав, той тачкою везе, той несе на плечах. Захаращено, розумієте?! Їздив трактор раніше. Зараз не бачив. Селищна рада вирішує, як воно там зараз – розповів кореспондентам новинного сайту житель села» [33].

Дата: 29.08.2025. Джерело: ВолиньПост [10].

«У одній з громад на Волині екологи виявили стихійні сміттєзвалища площа яких сягнула тисяч квадратних метрів. Про це йдеться на сайті Державної екоінспекції у Волинській області.

За результатами планової перевірки на території Горохівської громади Державною екологічною інспекцією у Волинській області було виявлено стихійні сміттєзвалища, площа яких сягала тисяч квадратних метрів.

Загальний розмір шкоди, завданої довкіллю, становив 456 478 грн» [10].

Після звернення Луцької окружної прокуратури, в інтересах Державної екологічної інспекції у Волинській області, до суду - Горохівську міську раду зобов'язано відшкодувати завдані збитки. На сьогодні кошти у повному обсязі вже сплачені.

Порушені вимоги : ст.55 Закону України « Про охорону навколишнього природного середовища», ст.96 Земельного кодексу України, ст.26 Закону України « Про управління відходами».

Дата: 12.08. 2025 р. Джерело: ЕкоРайон [14].

«У селах Жорнище та Чемерин Олицької громади Волинської області екологічні інспектори виявили незаконні сміттєзвалища. Перевірка триває, відповідальні особи отримують вимогу щодо усунення порушень. Про це повідомляє екоінспекція» [14].

«Станом на 12 серпня 2025 року в Олицькій міській громаді триває планова перевірка дотримання екологічного законодавства, яку проводить відділ екологічного нагляду у сфері запобігання утворенню та управлінню відходами.

Під час перевірки інспектори вже зафіксували факти незаконного розміщення твердих побутових відходів, пластику, поліетилену та картону на територіях двох населених пунктів – сіл Жорнище та Чемерин.

Екологи підкреслюють, що подібні несанкціоновані сміттєзвалища завдають шкоди довкіллю та несуть реальні загрози для здоров'я місцевих жителів. Таке накопичення відходів може призводити до забруднення ґрунтів, води, а також до зростання популяції шкідників та поширення хвороб» [14].

Перевірка триває. Після її завершення голові Олицької міської ради буде направлено офіційний лист-вимогу щодо ліквідації виявлених сміттєзвалищ і усунення інших порушень (рис. 2.5).

Державна екологічна інспекція у Волинській області закликає жителів громади бути свідомими та відповідальними. У разі виявлення фактів незаконного викидання сміття громадянам радять повідомляти про це до відповідних органів



Рисунок 2.5 Фото стихійних сміттєзвалищ поблизу с. Жорнище та Чемерин (подано за даними [14]).

Дата: 22.08. 2019 р. Джерело: Волинська обласна державна адміністрація, офіційний сайт [8].

«Ряд районних центрів Волині гостро потребують будівництва полігонів твердих побутових відходів. У Волинській області під сміттєзвалищами знаходиться близько 390 гектарів земель, на яких накопичено понад 1,4 мільйона тонн сміття. Окрім того, існують закриті полігони та сміттєзвалища, де накопичено більше двох мільйонів тонн твердих побутових відходів на площі 85 гектарів. Про це стало відомо під час чергового засідання комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій під керівництвом т.в.о

голови обласної державної адміністрації Олександра Киричука, яке відбулося сьогодні, 22 серпня 2019 року» [8].

«За словами першого заступника начальника Державної екологічної інспекції в області – першого заступника Головного державного інспектора з охорони навколишнього природного середовища Волинської області Сергія Шеремети, із 482 діючих місць видалення відходів, а це 11 полігонів твердих побутових відходів та 471 сміттєзвалище, паспортизовано лише близько 20 відсотків, а ще менше мають оформлені державні акти на земельні ділянки або договори оренди землі. Номінально в області існує тринадцять полігонів твердих побутових відходів, однак функціонує лише десять. Три полігони (в Луцьку, Шацьку та Любешові) переповнені, полігони в Нововолинську, Ковелі, Локачах заповнені від 80 до 95 %, решта п'ять полігонів спроможні на певний період (від двох до семи років) забезпечити потребу своїх населених пунктів у розміщенні побутових відходів – зазначив Сергій Шеремета» [8].

«Окрім того, стало відомо, що на сьогоднішній день потребують будівництва полігони ТПВ в 5 районних центрах: Іваничах, Турійську, Горохові, Любомлі, Рожищі.

Що стосується паспортизації полігонів, то за словами начальника управління екології та природних ресурсів облдержадміністрації Дмитра Новохатського, щороку подає документи лише Нововолинських полігон. Разом з тим, не паспортизовано жодного сміттєзвалища у Горохівському, Камінь-Каширському, Локачинському, Любешівському, Шацькому та Луцькому районах. Варто зазначити, що у 2018 році в області ліквідовано 1100 несанкціонованих сміттєзвалищ, у тому числі: в межах смуг вулиць та доріг населених пунктів – 506, на прибудинкових територіях – 88, на пустирях в межах населених пунктів – 506» [8].

«У підсумку, голова комісії Олександр Киричук серед іншого запропонував доручити Ківерцівській та Маневицькій владі забезпечити введення в експлуатацію полігонів твердих побутових відходів на територіях своїх громад. Окрім того, районам, які потребують будівництва полігонів ТПВ,

забезпечити вирішення питання щодо поводження з твердими побутовими відходами (захоронення) на відповідних територіях» [8].

Дата: 19.09. 2025. Джерело: ВолиньОнлайн. Новинний ресурс [9].

«19 вересня під час проведення заходів державного нагляду за дотриманням природоохоронного законодавства на території Устилузької територіальної громади, Володимирського району, інспектори Державної екологічної інспекції у Волинській області спільно з представниками Устилузької міської ради виявили незаконне сміттєзвалище. Про це у «Фейсбук» повідомляє Державна екологічна інспекція у Волинській області. Силами Устилузького ВУЖКГ сміттєзвалище ліквідували. Створення стихійних сміттєзвалищ є порушенням вимог: Закону України Про управління відходами, який зобов'язує здійснювати збирання, перевезення та утилізацію відходів лише у визначених місцях; Закону України Про охорону навколишнього природного середовища, що передбачає обов'язок кожного не завдавати шкоди довкіллю та утримуватися від дій, які погіршують екологічний стан» [2, 3, 4, 9].

Висновки до розділу 2: отже, проблема стихійних несанкціонованих сміттєзвалищ в Україні є однією з найгостріших і наймасштабніших складових сучасної кризи у сфері поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ). У країні не існує повністю сформованої національної мережі сучасних полігонів і промислових сміттєпереробних комплексів, тому значні обсяги побутового сміття накопичуються у вигляді численних несанкціонованих місць їх розміщення. Це створює тривалі екологічні ризики для здоров'я населення та довкілля, а також зумовлює серйозні проблеми регіонального розвитку.

В Україні кратно зросли обсяги утворення відходів у зв'язку з широкомасштабною війною (зруйнованими є цілі міста), і проблема утилізації будівельних відходів та відходів інших типів, утворених в процесі ведення бойових дій, вже стоїть гостро і особливої уваги потребуватиме в процесі повоєнного відновлення. Гостро стоїть дана проблема і в межах Волинської області. Тому питання, пов'язані із утворенням та необхідністю ліквідації стихійних сміттєзвалищ, є гострими і потребують пошуку шляхів вирішення.

РОЗДІЛ 3. ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ НА ДІЛЯНКАХ, ЗАБРУДНЕНИХ СТИХІЙНИМИ СМІТТЄЗВАЛИЩАМИ

3.1. Фіторемедіація. Основні поняття

Фіторемедіація – це екологічно чистий, ефективний і відносно недорогий метод очищення забруднених ґрунтів, води та повітря за допомогою рослин, які здатні поглинати, накопичувати, виводити з ґрунту токсиканти і забруднюючі речовини різного типу [35].

Фіторемедіація сьогодні розглядається як один із найекологічніших та “м’яких” методів очищення навколишнього середовища. В її основі лежить здатність рослин взаємодіяти з токсичними речовинами, нейтралізуючи або акумулюючи їх у своїх тканинах. Ця здатність відкриває унікальні можливості для відновлення забруднених ґрунтів, водних об’єктів і навіть повітря, при цьому мінімізуючи втручання людини та хімічні витрати [20, 22].

В Україні проблема забруднення середовища набуває гострого характеру через інтенсивне промислове освоєння територій, накопичення відходів на сміттєзвалищах та наслідки бойових дій у певних регіонах. Саме тому фіторемедіація стає не лише науковим, а й соціально значущим напрямом, здатним поєднувати очищення довкілля з відновленням біорізноманіття.

Фіторемедіація ділиться на ряд підвидів, які можуть застосовуватися також і одночасно чи паралельно [28, 30].

Фіторемедіація реалізується через кілька взаємопов’язаних процесів, або методів фіторемедіації:

Фітоекстракція

Сутність методу – у тому, що живі рослини поглинають розчинені у ґрунті або воді важкі метали та накопичують їх у стеблах, листках або насінні. Наприклад, гірчиця індійська (*Brassica juncea*) може концентрувати кадмій і свинець у надземних частинах, перетворюючи біомасу на своєрідний “біоакумулятор” токсичних елементів.

Фітостабілізація

Метод полягає у тому, що частина рослин “затримує” забруднювачі у своїх коренях, зменшуючи їх рухливість і ризик потрапляння у воду або харчові ланцюги. Це схоже на природний фільтр: токсини залишаються в ґрунті, але стають менш доступними для інших організмів [30].

Фітодетоксикація

Сутність методу – у тому, що деякі рослини здатні перетворювати органічні забруднювачі, наприклад пестициди чи нафтові залишки, у менш токсичні сполуки за допомогою ферментних систем. Цей механізм дозволяє не просто накопичувати, а й “перетворювати” небезпечні речовини [34].

Ризофільтрація

Метод спрямований на активне поглинання токсинів водними рослинами через корені, що занурені у воду. Наприклад, водяний гіацинт (*Eichhornia crassipes*) може за кілька тижнів зменшити концентрацію кадмію у стічній воді на 60–70 % [34].

Фітоволатилізація

Методика ґрунтується на здатності деяких видів рослин виводити токсини через листя у газоподібній формі, тим самим зменшуючи їх концентрацію в ґрунті. Це, власне, “дихання очищенням”, коли рослина фізіологічно перетворює небезпечні речовини у менш шкідливі форми [34].

3. 2. Класифікація рослин-фіторемедіантів

Залежно від функцій і здатності до накопичення забруднювачів, рослини поділяють на кілька категорій:

Гіперакумулятори – здатні концентрувати токсини в надземних частинах без шкоди для росту. Приклад: *Thlaspi caerulescens*, який акумулює цинк і кадмій. *Brassica juncea* (гірчиця індійська) здатна акумулювати кадмій та свинець.

Токсичні індикатори – швидко реагують на забруднення зміною кольору листя або росту, служать своєрідними “біологічними датчиками” забруднення.

Біоконверсори – трансформують органічні токсини у менш небезпечні сполуки, стимулюючи активність мікроорганізмів у ґрунті [35].

Ризофільтратори – ефективні у водних середовищах, поглинаючи і концентруючи забруднювачі через кореневу систему [35].

Детальна класифікація рослин – фіторемедіантів, складена на основі аналізу наукових джерел, представлена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Типи рослин – фіторемедіантів та їх застосування (узагальнено за [35, 36]).

Група рослин	Вид	Основні забруднювачі, що поглинаються	Механізм фіторемедіації	Особливості та застосування
Гіперакумулятори	<i>Brassica juncea</i> (гірчиця індійська)	Свинець, кадмій, нікель	Фітоекстракція	Накопичує токсини у листках і стеблах, ефективна для промислових ґрунтів
	<i>Thlaspi caerulescens</i>	Цинк, кадмій	Фітоекстракція	Високий рівень накопичення металів, використовується на забруднених територіях
Стабілізатори ґрунту	<i>Populus spp.</i> (тополя)	Свинець, кадмій, органіка	Фітостабілізація	Закріплює ґрунт, зменшує ерозію, створює зелені смуги
	<i>Salix spp.</i> (верба)	Свинець, кадмій, органіка	Фітостабілізація	Використовується для стабілізації схилів та берегів водойм
Біоконверсори органіки	<i>Phragmites australis</i> (тростина звичайна)	Нафтопродукти, органічні забруднювачі	Фітодетоксикація	Стимулює мікробіологічну деградацію, очищає ґрунт і воду
	<i>Miscanthus spp.</i> (мискантус)	Органіка	Фітодетоксикація	Підвищує активність ризосферних мікроорганізмів
Ризофільтратори (водні рослини)	<i>Eichhornia crassipes</i> (водяний гіацинт)	Свинець, кадмій, нітрати, фосфати	Ризофільтрація	Ефективно очищає стічні води, швидко росте, потребує контрольованого збору
	<i>Lemna minor</i> (ряска малолиста)	Свинець, кадмій, нітрати, фосфати	Ризофільтрація	Використовується у ставках та басейнах для очистки води

Так, у промислових регіонах України, таких як Запоріжжя та Дніпро, застосування гіперакумуляторів *Brassica juncea* та *Thlaspi caerulescens* дозволяє

знизити концентрації свинцю та кадмію у верхньому шарі ґрунту на 30–50 % за 2–3 вегетаційні сезони.

Водяний гіацинт та ряска малолиста (*Lemna minor*) очищують стічні води та здатні ефективно видаляти з них нітрати, фосфати та важкі метали. Ці рослини створюють “живі фільтри”, які очищають воду природним шляхом.

Тростина звичайна (*Phragmites australis*) та верба (*Salix spp.*) активно застосовуються для рекультивації ґрунтів, забруднених нафтою, завдяки стимуляції мікробіологічних процесів у ризосфері [36].

3.3. Практичне застосування фітореMediaції

У містах Волинської області фітореMediaційні насадження тополь та верб використовують для стабілізації ґрунтів і акумуляції важких металів із вихлопних газів. Це допомагає не лише очищати довкілля, а й створювати зелені “острови” серед міського простору.

Перевагами застосування рослин-фітореMediaнтів є мінімальне втручання людини і відсутність хімічних реагентів; відновлення біотопів і підвищення біорізноманіття; потенційне використання біомаси для промислових цілей або енергетики.

Водночас є і ряд проблем, які пов’язані із використанням даного методу: значна тривалість очищення – такий процес може займати роки; видова специфіка фітореMediaнтів – не всі рослини придатні для певних токсинів; значна залежність від клімату і ґрунтових умов; небезпечність біомаси з накопиченими токсинами, яка сама по собі потім потребує безпечного утилізації або переробки.

Майбутнє фітореMediaції в Україні пов’язане з розробкою нових гіперакумуляторів та генетично модифікованих рослин; інтеграцією з мікробіологічними методами; створенням енергетичних плантацій, що одночасно очищають ґрунт і виробляють біомасу; впровадженням у міській інфраструктурі як частини “зеленого урбанізму”. комбінування фітореMediaції з мікробіологічними методами та інтеграцію з агроекологічними системами,

наприклад створення енергетичних плантацій, які одночасно очищають ґрунт і виробляють біомасу для біоенергетики (див. рис. 3.1).

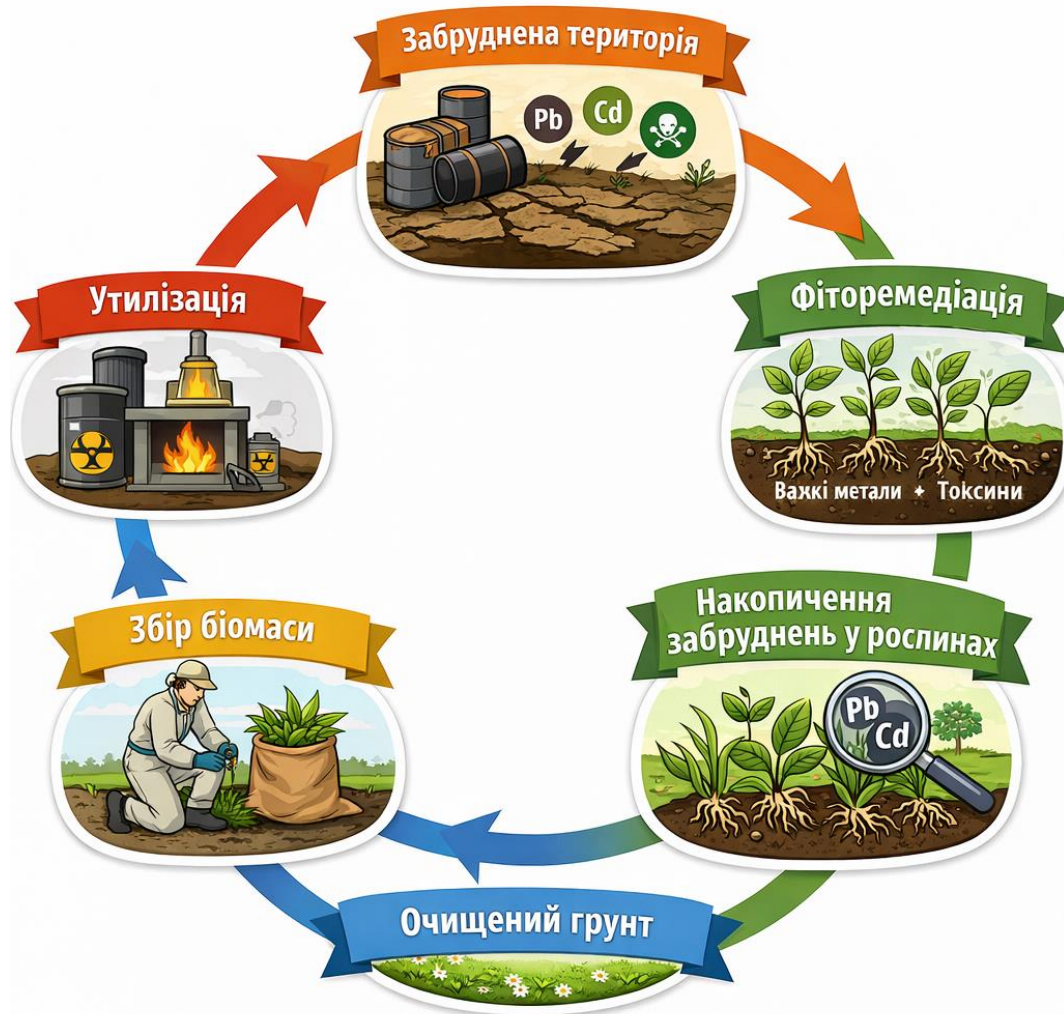


Рисунок 3.1 Принципова схема циклічної фітореMediaції забруднених ділянок (розроблено авторкою із використанням технічних інструментів ChatGPT).

Таким чином, фітореMediaція – це не лише спосіб очистки ґрунту та води, а й стратегія відновлення природної гармонії екосистеми. Використання рослин-фітореMediaнтів в Україні дозволяє зменшити забруднення важкими металами та органічними токсинами, відновлювати порушені території та підвищувати екологічну свідомість суспільства. Інтеграція наукових досягнень із практичними методами відкриває шлях до сталого розвитку і збереження біорізноманіття [37].

Основна ідея фіторе mediaції полягає у використанні здатності певних видів рослин накопичувати, трансформувати або стабілізувати токсичні речовини у середовищі. Цей метод належить до біоінженерних технологій, які інтегрують біологічні та екологічні процеси для відновлення порушених екосистем.

За даними сучасних досліджень, фіторе mediaція демонструє високу ефективність при очищенні середовищ, забруднених важкими металами, органічними сполуками, нафтопродуктами, пестицидами та іншими токсичними речовинами. Цей метод особливо актуальний у контексті забруднення міських ландшафтів та, зокрема, ділянок, які перебували під стихійними сміттєзвалищами.

Розглянемо ефективність окремих методів фіторе mediaції стосовно очищення таких ділянок.

Фітоекстракція (phytoextraction). Фітоекстракція передбачає поглинання рослинами розчинених у ґрунті або воді токсичних елементів і їх накопичення у надземних частинах (стебла, листя). Після досягнення певної концентрації рослини збирають і переробляють як біомасу, що містить забруднювачі. Цей механізм особливо ефективний для важких металів, таких як кадмій, свинець, нікель та цинк [22].

Фітостабілізація (phytostabilization). Рослини фіксують токсичні речовини у кореневій системі або трансформують їх у менш розчинні форми, що обмежує міграцію забруднювачів у ґрунті та воді. Фітостабілізація використовується для контролю ерозії та запобігання переносу забруднювачів в інші частини екосистеми.

Фітодетоксикація або фітотрансформація (phytotransformation). Деякі рослини здатні метаболізувати органічні забруднювачі, перетворюючи їх на менш токсичні сполуки. Цей процес відбувається за участю ферментних систем рослин – цитохром P450, оксингенази та глутатіон-S-трансферази [22, 37].

Ризофільтрація (rhizofiltration). Використовується переважно для очищення водних середовищ. Коренева система рослин поглинає і концентрує

токсичні елементи, які згодом видаляють разом із рослинною біомасою. Цей метод особливо ефективний для очищення стічних вод від важких металів.

Фітоволатилізація (phytovolatilization). Окремі рослини здатні поглинати забруднювачі і виділяти їх у газоподібній формі через листя. Наприклад, селен і ртуть можуть випаровуватися після метаболічної трансформації в рослині, що зменшує концентрацію забруднювача у ґрунті або воді [22].

Дослідження показують, що види родини Brassicaceae, такі як *Brassica juncea* та *Thlaspi caerulescens*, ефективно видаляють свинець, кадмій та цинк із забруднених ґрунтів. У промислових регіонах України, наприклад у Дніпропетровській та Запорізькій областях, використання гіперакумуляторів дозволило значно знизити концентрації металів у верхньому шарі ґрунту за 2–3

Водні рослини, такі як *Eichhornia crassipes* та *Lemna minor*, використовуються для очищення стічних вод від нітратів, фосфатів та важких металів. За даними досліджень, водяний гіацинт може видаляти до 60–70% кадмію та нікелю з води протягом 2 тижнів [35].

Phragmites australis та *Salix* spp. (верби) застосовуються для фіторе mediaції ґрунтів, забруднених нафтопродуктами. Їх коренева система стимулює мікробіологічну активність у ризосфері, що сприяє біодеградації органічних забруднювачів [36].

У містах України фіторе mediaційні насадження використовують для стабілізації ґрунтів на сміттєзвалищах, захисту від пилу та поглинання важких металів, що виділяються з вихлопних газів автотранспорту. Наприклад, тополя (*Populus* spp.) та верба (*Salix* spp.) ефективно акумулюють свинець і кадмій із забрудненого ґрунту поруч із дорогами.

В Україні впровадження фіторе mediaції є актуальним у зв'язку з забрудненням ґрунтів важкими металами, нафтопродуктами та на сміттєзвалищах, особливо у промислових та прифронтових регіонах. Ефективне використання цього методу сприятиме відновленню екологічної рівноваги та підвищенню біорізноманіття [36].

Фіторемедіація є перспективним біоінженерним методом очищення забруднених середовищ. Використання рослин-фіторемедіантів дозволяє не лише видаляти токсичні елементи з ґрунтів, води та повітря, а й відновлювати порушені екосистеми. Вибір конкретного виду рослин залежить від типу забруднювача, умов середовища та мети очищення. Подальші дослідження і впровадження фіторемедіації в Україні сприятимуть підвищенню ефективності рекультивації та сталого розвитку регіонів.

3.4. Можливості застосування фіторемедіації для нейтралізації забруднень на ділянках стихійних сміттєзвалищ

Фіторемедіація як напрям екологічної біотехнології, що ґрунтується на використанні рослин для відновлення порушених екосистем, упродовж останніх десятиліть привертає значну увагу науковців і практиків у різних країнах світу саме в контексті очищення земель, на яких розміщувалися полігони ТПВ або стихійні сміттєзвалища (див. рис. 3.2).

Такий інтерес зумовлений здатністю цієї технології забезпечувати очищення верхніх горизонтів забруднених ґрунтів із мінімальним втручанням у природні процеси. Наукові дослідження підтверджують, що вищі рослини можуть ефективно вилучати з довкілля токсичні метали, акумулюючи їх у своїх органах або трансформуючи у менш небезпечні форми. У зв'язку з цим фіторемедіацію розглядають як природоорієнтований підхід до детоксикації орного шару ґрунту, що поступово інтегрується у практику охорони навколишнього середовища [35, 36].

Одним із ключових механізмів є вирощування рослин-акумуляторів і гіперакумуляторів важких металів (ВМ) на забруднених територіях. Важкі метали – один із найнебезпечніших забрудників у місцях складування ТПВ. Такі види здатні поглинати підвищені концентрації металів із ґрунтового розчину та накопичувати їх у надземній біомасі, забезпечуючи поступове зменшення техногенного навантаження на ґрунтове середовище. Перевагами методу фіторемедіації є його економічна доступність, відносна простота впровадження

та можливість застосування в різних типах екологічно несприятливих ландшафтів. Технології фітореMediaції активно розробляються та впроваджуються у країнах Європи, Північної Америки та Азії, що свідчить про їхню наукову й практичну значущість [35].



Група рослин	Вид	Основні забруднювачі	Механізм фітореMediaції	Особливості та застосування
● Гіперакумулятори	<i>Brassica juncea</i> (гірчиця індійська)	Свинець, кадмій, нікель	Фітоекстракція	Накопичує токсини у листках і стеблах, ефективна для пронислих ґрунтів
● Стабілізатори ґрунту	<i>Thlaspi caerulescens</i>	Цинк, кадмій	Фітоекстракція	Високий рівень накопичення металів, використовується на забруднених територіях
● Біоконверсори ґрунту	<i>Populus spp.</i> (тополя)	Свинець, кадмій, органіка	Фітостабілізація	Закріплює ґрунт, зменшує ерозію, створює зелені смуги
● Біоконверсори органіки	<i>Salix spp.</i> (верба)	Свинець, кадмій, органіка	Фітостабілізація	Використовується для стабілізації склів та берегів водойм
● Біоконверсори органіки	<i>Phragmites australis</i> (тростина звичайна)	Нафтопродукти, органіка	Фітодетоксикація	Підвищує активність ризосферних мікроорганізмів
● Біоконверсори органіки		Свинець, кадмій, нітрати, фосфати	Ризофільтрація	Ефективно очищає стічні води, швидко росте, потребує контролюючогобору

Рисунок 3.2 Підбір рослин для рекультивації ділянок, що перебували під стихійними сміттєзвалищами (розроблено авторкою із використанням технічних інструментів ChatGPT).

В Україні поширення фітореMediaційних підходів при вирішенні екологічних проблем у зонах полігонів ТПВ та сміттєзвалищ певною мірою стримується необхідністю добору біологічних видів-фітореMediaнтів, адаптованих до локальних ґрунтово-кліматичних умов, або ж інтродукції перспективних видів із подальшою оцінкою їх екологічної пластичності. Особливої актуальності набуває застосування фітореMediaції для екологічної реабілітації полігонів захоронення твердих побутових відходів (ТПВ) в наш час, коли такі полігони стрімко розростаються. Біологічна рекультивація (якою по

суті і є фіторе mediaція) небезпечних техногенних об'єктів такого типу в Україні перебуває на початковій стадії розвитку та значною мірою спирається на досвід відновлення земель у промислових зонах та великих агломераціях [30, 32, 35].

Ґрунти, що використовуються для ізоляції масиву відходів, повинні відповідати екологічним вимогам і не містити надлишкових концентрацій важких металів. Проте внаслідок формування багатошарової товщі відбувається міграція токсичних сполук із тіла полігону до перекривного шару, що з часом може призводити до вторинного забруднення поверхневих горизонтів. За таких умов традиційне створення газонів із використанням звичайних багаторічних трав стає проблематичним. Тому в процесі рекультивації доцільно застосовувати види з підвищеним фіторе mediaційним потенціалом [30].

Результати попередніх досліджень, виконаних у межах оцінки стану ґрунтів прилеглих до сміттєзвалищ територій, засвідчили ефективність окремих методик очищення ґрунтів від важких металів. Враховуючи ці напрацювання, розглядалася в свій час доцільність використання їхніх основних положень для розроблення комплексу фіторе mediaційних заходів на полігоні ТПВ у с. Брище Луцького району.

Під час геоботанічних обстежень полігонів захоронення ТПВ було встановлено, що рудеральні рослинні угруповання відіграють суттєву роль у процесах природного самовідновлення. Серед виявлених видів особливу увагу привернув куничник наземний (*Calamagrostis epigeios*, в народі інколи його називають війником), який продемонстрував здатність зростати в умовах підвищеного техногенного навантаження та виносити важкі метали із надземною масою. Дослідження його фізіолого-біохімічних показників (вміст хлорофілу, акумуляція проліну як осмопротектора, стійкість на етапі проростання насіння та вегетації, здатність накопичувати важкі метали у коренях і пагонах) дозволили розглядати цей біологічний рослинний вид як один із найбільш перспективних фіторе mediaнтів. Важливою перевагою є стійкість куничника, трав'янистої рослини, до багаторазового скошування, що забезпечує можливість регулярного вилучення забрудненої біомаси [30, 32].

Куничник наземний – це багаторічна злакова трав'яниста рослина із добре розвиненим повзучим кореневищем, заввишки 80–150 см, з розлогою волоттю до 30 см. Вид характеризується значною насіннєвою продуктивністю (до 6000 зернівок із суцвіття) та ефективним вітровим розповсюдженням. Він поширений на піщаних і супіщаних ґрунтах, сухих луках, схилах, у лісових та чагарникових угрупованнях. Висока екологічна пластичність і стійкість до дії хімічних чинників, зокрема важкі метали, зумовлюють його придатність до використання в умовах техногенного забруднення [30, 32, 35].

Геоботанічний аналіз засвідчив, що рівні накопичення важких металів у забруднених ґрунтах різних ділянок полігонів ТПВ корелюються із ступенем їх заростання куничником наземним та видовим складом іншої супутної рослинності. Практично всі виявлені види акумулювали у вегетативних і генеративних органах Zn та Ni, причому концентрації часто наближалися до критичних значень для культурних рослин. Популяції куничника наземного вирізнялися найвищим вмістом Ni у листках і суцвіттях (до 700 мг/кг сухої маси), що істотно перевищує типовий рівень для більшості культурних видів [35].

Фізіологічні дослідження включали аналіз інтенсивності проростання насіння, реакції на засолення та вплив солей важких металів, а також здатності до регенерації після скошування. Особливу увагу приділено визначенню вмісту проліну як індикатора стресових реакцій рослин на водний дефіцит і токсичну дію металів. Враховуючи комплексний характер забруднення (засолення, важкі метали, органічні полютанти), було проведено порівняльну оцінку акумуляції проліну за різних типів засолення (NaCl, CaCl₂) та присутності металів у живильному середовищі [35].

3.5. Аналіз ремедіаційних можливостей куничника наземного

Для визначення доцільності використання куничника наземного у рекультивації важливо оцінити його стійкість до систематичного скошування та ефективність виносення важких металів із надземною масою. Експериментальні дослідження показали, що рослини зберігають здатність до повторного

відростання навіть після багаторазового видалення пагонів. За умов підвищених концентрацій нітрату нікелю (300 мг/кг ґрунту) сумарна наземна маса за чотири цикли скошування зменшувалася майже удвічі, що свідчить про токсичний ефект Ni, більш виражений порівняно з солями міді. Ймовірно, це пов'язано з вищою рухомістю нікелю у субстраті та його більшою доступністю для рослин.

Винесення Ni зі скошеною біомасою становило понад 170 мг/м², що підтверджує практичну придатність виду для очищення забруднених ґрунтів. Водночас слід враховувати, що більшість відомих гіперакумуляторів характеризуються низькою продуктивністю зеленої маси, що обмежує їх комерційне застосування. Тому для ефективної фітореMediaції необхідно добирати види, які поєднують здатність накопичувати ВМ із формуванням значної біомаси [35].

У межах проведених досліджень здійснено пошук таких видів серед рудеральної флори полігону ТПВ у с. Брище. Куничник наземний продемонстрував здатність акумулювати Pb, Cu, Cd, проте найвищі показники спостерігалися щодо Ni. Хоча рівень його накопичення (до 700 мг/кг сухої маси) не дозволяє віднести вид до класичних гіперакумуляторів ($\geq 0,1$ % сухої маси), він відзначається тривалою життєздатністю в умовах змішаного забруднення, формуванням щільного травостою та здатністю перехоплювати метали з нижчих шарів субстрату.

Таким чином, куничник наземний може бути рекомендований як компонент довгострокових програм біологічної рекультивації полігонів ТПВ із використанням механізмів природної фітореMediaції. Разом із тим, для застосування цього виду на сільськогосподарських угіддях доцільним є створення селекційних форм із підвищеною інтенсивністю нарощування надземної маси та більшою ефективністю винесення ВМ із ґрунту [35].

Рекомендації щодо фітореMediaції територій стихійних сміттєзвалищ:

1. Попередня оцінка та картографування території: провести детальний геохімічний аналіз ґрунту та стічних вод, щоб визначити основні забруднювачі: важкі метали, органічні сполуки, пестициди, мікропластик; виконати

топографічне та ґрунтове картографування, визначивши зони найбільшої концентрації токсинів та рівень потенційної ерозії; визначити ризики для населення та біоти, створивши екологічний паспорт сміттєзвалища.

2. Вибір рослин для фіторе mediaції; гіперакумулятори важких металів – для зон, забруднених свинцем, кадмієм, нікелем. Приклади: *Brassica juncea* (гірчиця індійська) – ефективна проти свинцю та кадмію; *Thlaspi caerulescens* – високий накопичувач цинку. Рослини для ризофільтрації – для очищення забруднених стічних вод та фільтратів, наприклад, *Eichhornia crassipes* (водяний гіацинт); *Lemna minor* (ряска малолиста). Рослини для стабілізації ґрунту та запобігання ерозії – утримують ґрунт, зменшують розповсюдження пилу та токсинів: наприклад, *Populus* spp. (тополя); *Salix* spp. (верба); *Phragmites australis* (тростина звичайна). Біоконверсори органічних забруднювачів – для деградації залишків органіки та нафтопродуктів: наприклад, *Phragmites australis*; *Miscanthus* spp. (мискантус) – стимулює мікробіологічну активність [32, 35].

3. Розробка методів та технології їх впровадження: посадка багаторічних насаджень – поєднання гіперакумуляторів та стабілізаторів ґрунту дозволяє одночасно видаляти токсини та закріплювати ґрунт; створення захисних зелених смуг навколо сміттєзвалища для запобігання переносу пилу та забруднювачів в довколишні території; контроль вологості ґрунту – використання дощувальних систем або мульчування для підтримки оптимальних умов росту рослин; регулярний моніторинг біомаси – збір рослин після накопичення токсинів, безпечне утилізування або переробка (наприклад, в енергетику або металургію, якщо акумульовані метали цінні); застосування мікоризних та ризосферних мікроорганізмів – для стимуляції деградації органічних забруднювачів та підвищення поглинальної здатності рослин [35].

4. Основні етапи реалізації проекту фіторе mediaції в умовах Волинської області: пілотне дослідження – на невеликій ділянці сміттєзвалища протестувати обрані види рослин та методи посадки; масштабне впровадження – після оцінки ефективності пілоту, розширити посадки на всю територію; моніторинг та адаптація – щорічний контроль концентрацій забруднювачів у ґрунті та воді,

коригування видів рослин та технологій посадки; інформаційна складова – встановлення знаків та інформаційних табличок для населення про екологічну роль фіторе mediaційних насаджень.

5. Очікувані ефекти: зменшення концентрацій важких металів та органічних забруднювачів у верхньому шарі ґрунту; стабілізація ґрунту та зменшення пилових буревіїв, що переносять токсини в довколишні райони; відновлення біорізноманіття – створення нових біотопів для птахів, комах та мікроорганізмів; соціальний ефект – покращення естетики та екологічної свідомості населення [35].

На рис. 3.3 представлено розроблену схему проведення технічної рекультивації ділянок, що тривалий час перебували під стихійними сміттєзвалищами або полігонами ТПВ, із використанням придатних рослин – фіторе mediaнтів різних типів.

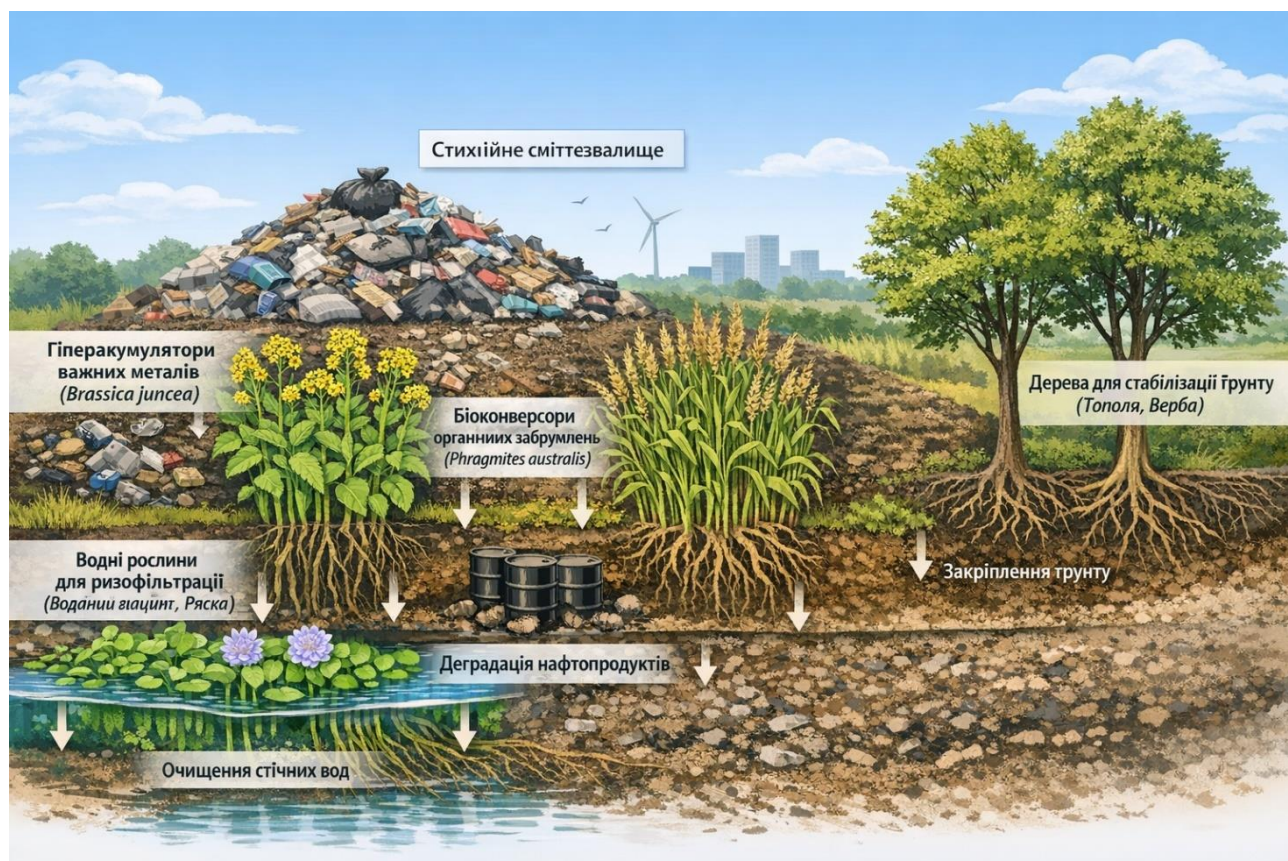


Рисунок 3.3 Схема фіторе mediaції території стихійного сміттєзвалища та прилеглих земель (розроблено авторкою із використанням технічних інструментів ChatGPT).

Комплексна фіторе mediaція сміттєзвалищ – це біологічно безпечний метод, який може бути поєднаний з іншими рекультиваційними заходами (технічною рекультивацією на першому етапі, тощо), і, попри потребу у тривалому часі для повного очищення ґрунту, може дати ефект біоконверсії та повернення забруднених ділянок до їх первинного природного стану у ландшафтах Волинської області.

Для природно-ландшафтних умов Волинської області (зона мішаних лісів, дерново-підзолисті ґрунти, висока вологість, помірний клімат) рекомендовано використання комбінованого підходу із застосуванням таких видів: деревні види: Верба прутовидна (*Salix viminalis*) та Тополя чорна (*Populus nigra*), які мають високу транспіраційну здатність та здатні до інтенсивної фітоекстракції важких металів; трав'янисті види: Міскантус гігантський (*Miscanthus x giganteus*) та Гірчиця біла (*Sinapis alba*); ці рослини мають високу стійкість до токсикантів і забезпечують швидке покриття поверхні ґрунту, запобігаючи ерозії; специфічні акумулятори: наприклад, соняшник однорічний (*Helianthus annuus*), який ефективно вилучає радіонукліди та свинець [32, 35].

Для досягнення максимального ефекту очищення запропоновано ярусно-блокову схему посадки: 1) зовнішній контур: верба (3–4 ряди) з кроком посадки $0,5 \times 1,5$ м; це створює біологічний бар'єр для поширення пилу та вимивання речовин; 2) центральна зона (епіцентр сміттєзвалища): щільний посів куничника наземного або гірчиці (норма висіву збільшена на 20% від стандартної) для стабілізації субстрату [36].

Можливим є також застосування комбінованої схеми: для ділянок зі змішаним забрудненням рекомендується схема "шаховий порядок", де чергуються саджанці тополі та чагарникових форм верби, що дозволяє рівномірно охопити різні горизонти ґрунту кореневою системою [36].

Впровадження методу фіторе mediaції на стихійних сміттєзвалищах Волинської області є економічно доцільною альтернативою традиційній інженерній рекультивації. Прямі витрати на очищення 1 га забруднених земель методом фіторе mediaції (включаючи підготовку ґрунту, закупівлю саджанців

енергетичної верби чи тополі, висів трав та догляд) становлять у середньому 45 000 – 80 000 грн. Для порівняння, вартість механічного видалення та вивезення верхнього шару ґрунту на полігон аналогічної площі варіюється від 400 000 до 650 000 грн, що робить біологічний метод у 6–8 разів дешевшим. Основна частка витрат (до 60%) припадає на перший рік: це придбання посадкового матеріалу (наприклад, саджанців верби *Salix viminalis*), при щільності посадки 10–15 тис. од./га; механізована підготовка ділянки та внесення меліорантів (вапнування для кислих ґрунтів Волині) для стабілізації важких металів у ґрунті.

Схема циклічної фіторемедіації включатиме такі фази: фаза фітоекстракції (центральна ланка): рослини (верба, тополя) поглинають корінням іони важких металів і транспортують їх у надземну частину (пагони, листя). Циклічність: Процес повторюється щороку або раз на кілька років (залежно від виду рослини). З кожним циклом концентрація токсикантів у ґрунті зменшується. Вилучення забруднювача: важливо підкреслити, що без збору та вивезення біомаси очищення не відбувається (метали просто повернуться в ґрунт з опалим листям), тому потрібна утилізація вилученої біомаси.

Утилізація біомаси може здійснюватися такими методами: 1) методом піролізу, чи високотемпературного спалювання. Це – найсучасніший метод, що дозволяє отримати енергію та сконцентрувати вилучені важкі метали у невеликому об'ємі попелу, який легше утилізувати, ніж тонни забрудненого ґрунту; 2) методом енергетичного використання: для Волинської області актуальним є спалювання біомаси у спеціалізованих котлах з фільтрами, чи виготовлення з неї технічних пелетів.

Висновки до розділу 3: отже, фіторемедіація є перспективним біоінженерним методом очищення забруднених середовищ. Використання рослин-фіторемедіантів дозволяє не лише видаляти токсичні елементи з ґрунтів, води та повітря, а й відновлювати порушені екосистеми. Вибір конкретного виду рослин залежить від типу забруднювача, умов середовища та мети очищення. Подальші дослідження і впровадження фіторемедіації в Україні сприятимуть підвищенню ефективності рекультивації та сталого розвитку регіонів.

ВИСНОВКИ

1. Отже, в результаті аналізу проведеного дослідження щодо застосування фіторе mediaції для відновлення територій, зайнятих стихійними сміттєзвалищами у Волинській області, було сформульовано наступні висновки:

2. Оцінка сучасного стану та проблем у галузі поводження з відходами у Волинській області свідчить про значну кількість несанкціонованих сміттєзвалищ, що зосереджені переважно поблизу міст, сільських населених пунктів та в рекреаційних зонах. Основними забруднювачами ґрунтів на цих територіях є важкі метали (Pb, Cd, Zn, Cu), надлишок нітратів та залишкові нафтопродукти, що створює загрозу для підземних вод та локальних екосистем.

3. Для природно-ландшафтних умов Волинської області (зона мішаних лісів, дерново-підзолисті ґрунти, висока вологість, помірний клімат) рекомендовано використання комбінованого підходу із застосуванням таких видів: деревні види: Верба прутовидна (*Salix viminalis*) та Тополя чорна (*Populus nigra*), які мають високу транспіраційну здатність та здатні до інтенсивної фітоекстракції важких металів; трав'янисті види: Міскантус гігантський (*Miscanthus x giganteus*) та Гірчиця біла (*Sinapis alba*); ці рослини мають високу стійкість до токсикантів і забезпечують швидке покриття поверхні ґрунту, запобігаючи ерозії; специфічні акумулятори: наприклад, соняшник однорічний (*Helianthus annuus*), який ефективно вилучає радіонукліди та свинець.

4. Для досягнення максимального ефекту очищення запропоновано ярусно-блокову схему посадки: 1) зовнішній контур: верба (3–4 ряди) з кроком посадки $0,5 \times 1,5$ м; це створює біологічний бар'єр для поширення пилу та вимивання речовин; 2) центральна зона (епіцентр сміттєзвалища): щільний посів куничника наземного або гірчиці (норма висіву збільшена на 20% від стандартної) для стабілізації субстрату.

5. Можливим є також застосування комбінованої схеми: для ділянок зі змішаним забрудненням рекомендується схема "шаховий порядок", де чергуються саджанці тополі та чагарникових форм верби, що дозволяє рівномірно охопити різні горизонти ґрунту кореневою системою.

6. Впровадження методу фітореMediaції на стихійних сміттєзвалищах Волинської області є економічно доцільною альтернативою традиційній інженерній рекультивації. Прямі витрати на очищення 1 га забруднених земель методом фітореMediaції (включаючи підготовку ґрунту, закупівлю саджанців енергетичної верби чи тополі, висів трав та догляд) становлять у середньому 45 000 – 80 000 грн. Для порівняння, вартість механічного видалення та вивезення верхнього шару ґрунту на полігон аналогічної площі варіюється від 400 000 до 650 000 грн, що робить біологічний метод у 6–8 разів дешевшим. Основна частка витрат (до 60%) припадає на перший рік: це придбання посадкового матеріалу (наприклад, саджанців верби *Salix viminalis*), при щільності посадки 10–15 тис. од./га; механізована підготовка ділянки та внесення меліорантів (вапнування для кислих ґрунтів Волині) для стабілізації важких металів у ґрунті.

7. Окупність та додаткові вигоди: на відміну від консервації звалищ, фітореMediaція дозволяє отримувати прибуток, наприклад, за рахунок використання приросту сухої біомаси верби, який на забруднених землях становить 8–12 т/га щорічно. Використання такої біомаси як палива для місцевих котелень дозволяє досягти терміну окупності проекту за 4–5 років.

8. Ліквідація стихійних сміттєзвалищ та зниження концентрації токсикантів у ґрунті дозволяє громадам уникнути штрафних санкцій та нарахувань за заподіяння шкоди навколишньому середовищу, сума яких для одного стихійного звалища середнього розміру може перевищувати 100 000 грн.

9. Значними є також соціально-економічні ефекти вказаних заходів: реалізація методу сприяє створенню додаткових робочих місць у сільській місцевості для догляду за плантаціями фітореMediaнтів та покращує інвестиційну привабливість регіону через оздоровлення його ландшафтів.

10. Застосування фітореMediaції у Волинській області дозволить не лише очистити території від токсичних сполук, а й інтегрувати деградовані землі у господарський обіг, створюючи енергетичні плантації та покращуючи ландшафтне різноманіття нашого регіону.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

Законодавчі документи:

1. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України // Відомості Верховної Ради України. 1991. № 41. С. 546. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
2. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України // Відомості Верховної Ради України. 2019. № 16. С.70. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>
3. Про управління відходами : Закон України // Відомості Верховної Ради України. 2023, № 17, ст. 75. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#n802>
4. Регіональна екологічна програма «Екологія 2023 - 2026» // Волинська державна обласна адміністрація. 2023. [Електронний ресурс]/ URL: <https://voladm.gov.ua/category/regionalna-ekologichna-programa-ekologiya-2023-2026/1/>

Наукова література:

5. Агроекологія / За ред. М.М. Городнього. К.: Вища школа, 1993. С. 156 – 160.
6. Богачева В.Л. Вплив техногенного забруднення ґрунту важкими металами на елементи його родючості, урожай та якість сільськогосподарської продукції. Автореф. дис. канд. с.-г. наук. Х.: 2006. 26 с.
7. Волинські новини. Новинний вебсайт. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.volynnews.com/news/all/na-volyni-mayzhe-v-kozhniy-hromadi-vyivliaiut-stykhiyni-smittyezvalyshcha/>
8. Волинська обласна державна адміністрація. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. URL: <https://voladm.gov.ua/new/yaki-rayonni-centri-volini-potrebuyut-budivnictva-poligoniv-tverdih-pobutovih-vidhodiv/>

9. ВолиньОнлайн. Новинний вебсайт. [Електронний ресурс]. URL: <https://volynonline.com/v-ustyluzkij-gromadi-likviduvaly-styhijne-smittyezvalyshhe-2/>
10. ВолиньПост. Новинний вебсайт. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.volynpost.com/news/256118-u-gromadi-na-volyni-styhijni-smittiezvalyscha-rozkynulasia-na-tysiachi-kvadratnyh-metriv>
11. Ґрунти Волинської області / за ред. М.Й. Шевчука. Луцьк: Вежа, 1999. 160 с.
12. Державна екологічна інспекція у Волинській області. Офіційний сайт [Електронний ресурс] URL: <https://voln.dei.gov.ua/post/285>
13. Домусчи С.В., Тригуб В.І. Негативний вплив несанкціонованих смітєзвалищ на ґрунтовий покрив: оцінка та шляхи мінімізації. *Слобожанський науковий вісник. Серія: Природничі науки*, 2025. № 1. С. 64 – 70.
14. ЕкоРайон. Новинний вебсайт [Електронний ресурс] URL: <https://eco.rayon.in.ua/news/827546-nesanktsionovani-smittezvalishcha-viyavili-v-olitskiy-gromadi>
15. Зінчук П.Й., Зінчук М.І., Мерленко І.М. Основи екології: навчальний посібник (на допомогу студенту). Луцьк: ПП Іванюк В.П. 2009. 92 с.
16. Картава О. Ф. Екологічні зміни стану ґрунтів урбанізованих територій. *Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія: географія*. 2000. № 2 (7). С. 98-102.
17. Картава О. Ф. Вплив техногенних навантажень на ландшафтно-геохімічний стан міських агломерацій. *Людина і довкілля: Проблеми неоекології*. Харків: ХДУ, 2001. № 2. С. 170 – 172.
18. Картава О. Ф. Ландшафтно-екологічні зміни урбанізованих територій в умовах інтенсивного природокористування. *Проблеми раціонального використання соціально-екологічного та природно-ресурсного потенціалу регіону; фінансова політика та інвестиції*. Серія: Природокористування та ресурсозбереження. Збірник наукових праць. Випуск VI, № 4. Луцьк: Надстир'я, 2000. С. 33 – 38.

19. Картава О. Ф. Ландшафтно-гідрохімічний аналіз території міських агломерацій. *Географічні проблеми розвитку півдня України у ХХІ столітті: Збірник наукових праць*. Одеса-Мелітополь, 2000. Частина 1. С. 107 – 111.
20. Корсун С. Г., Давидюк Г. В., Клименко І. І., Довбаш Н. І., Хмара Т. М. Спосіб фіторе mediaції сільськогосподарських земель, забруднених важкими металами. *Землеробство*, 2014. Вип. 1-2. С. 51 – 53.
21. Картава О. Ф. Еколого-гідрохімічне районування території за умов техногенних навантажень. *Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія: географія*. 2001. № 1. С. 85 – 88.
22. Кураєва В.І. Геохімія міді, цинку, кобальту і нікелю у ґрунтах України. Автореф. дис. на здоб. вчен. ступ. докт. геолог. наук. Київ, 1999. 31 с.
23. Малишева Л.Л. Геохімія ландшафтів. К.: Либідь, 2000. 427 с.
24. Малишева Л.Л. Ландшафтно-геохімічна оцінка екологічного стану території: Монографія. К.: РВЦ “Київський університет”, 2007. 246 с.
25. Мерленко І.М. Пестициди та забруднення ними ґрунтів Луцького району Волинської області. *Науковий вісник Волинського державного університету ім. Лесі Українки*. Луцьк: РВВ «Вежа», № 7. 2003. С. 142 – 158.
26. Методичні вказівки щодо утилізації пестицидів на території Волинської області / за ред. Мерленка І.М., Зінчука М.І. Луцьк: ДП «Макропол – Графіка», 2008. 44 с.
27. Мольчак Я., Картава О., Мисковець І. Еколого-географічні дослідження ерозії ґрунтів в умовах інтенсивних антропогенних навантажень. *Україна та глобальні процеси: Географічний вимір*. Київ – Луцьк, 2000. Том 2. С. 127 – 129.
28. Мороко С. О. Екологічні аспекти використання біологічних методів очищення ґрунтів від важких металів : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра : спец. 101 - екологія / наук. кер. О. М. Яхненко. Суми : Сумський державний університет, 2023. 52 с.

29. Непридатні пестициди та їх утилізація з територій басейну річки Західний Буг: Методичні вказівки / за редакцією І.М. Мерленка, М.І. Зінчука. Луцьк, 2009. 60 с.
30. Петренко В. Г. Фіторе mediaція як метод рекультивації ґрунтів після впливу сміттєзвалищ. *Науковий вісник екології та агробіології*. 2022. Т. 2, № 3. С. 45–53.
31. Природа Волинської області / за ред. К.І. Геренчука. Львів: Вища шк. 1975. 314 с.
32. Пузняк О.М. Екологічна оцінка відновлювальних систем удобрення на токсичних дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах західного Полісся України. *Вісник ДАУ*. Житомир: 2008. С. 108 – 110.
33. СуспільнеНовини. Новинний вебсайт. [Електронний ресурс] URL: <https://suspilne.media/lutsk/1130236-ekologichni-zbitki-na-4-mln-grn-na-volini-viavili-smittezvalise-so-zabrudnue-grunt-hto-i-ak-reague-na-problemu/>
34. Фесенко А.В. Біотехнологічні аспекти та вимоги до рекультивації земель при ліквідації полігонів твердих побутових відходів та сміттєзвалищ : кваліф. робота магістра зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Полтава : Нац. ун-т ім. Юрія Кондратюка, 2025. 107 с.
35. Цицюра Я. Г., Шкатула Ю. М., Забарна Т. А., Пелех Л. В. Інноваційні підходи до фіторе mediaції та фіторе культивації у сучасних системах землеробства. Вінниця: ТОВ «Друк», 2022. 1200 с.
36. Шевель Д.О., Дьяконов В.І. Особливості використання верби для фіторе mediaції ґрунтів, забруднених важкими металами. Актуальні проблеми та наукові звершення молоді на початку третього тисячоліття : зб. матеріалів V Наук.-практ. конф. студентів, магістрантів та аспірантів, 19 листоп. 2020 р., м. Слов'янськ. ЛНАУ, 2020. С. 342 – 345.
37. Khan S., Rehman S., Khan A. Z., Khan M. A., Tahir Shah M. Phytoremediation potential of plants for heavy metals. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. Vol. 27. P. 13655–13675.

38. Chaoui A., El. Fergani E. Nickel toxin: Effect on growth and metabolism of maize. *I. Plant Nutr.* 1998. 21, № 3. P. 557 – 558.
39. Smith S. R. Long-term effects of municipal solid waste landfills on soil properties. *Waste Management.* 2018. Vol. 80. P. 207–219.
40. Fedoniuk V.V., Volianskyi V.O., Fedoniuk M.A. Comparative economic analysis of reclamation of various species on disturbed lands. *Actual problems of the economy.* 2016. № 9 (183). P. 203-212.