

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З.ГЖИЦЬКОГО

Факультет агротехнологій та охорони довкілля

Кафедра екології та захисту довкілля

Допускається до захисту

«___» _____ 2025р.

Зав. кафедри _____

(підпис)

к.б.н., доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ

(наук. ступ., вч. зв. ініціали та прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістр

(рівень вищої освіти)

**на тему «Дослідження впливу транспортно-залізничних магістралей
на стан прилеглих до них ґрунтів у межах Закарпатської області та
розробка природоохоронних заходів»**

виконав студент 6 курсу, групи Еко-61

спеціальність 101 «Екологія»

Штим Назар Степанович

Керівник

Роман ШКУМБАТЮК

Консультант

Лариса ГОРДІЙЧУК

Дубляни 2025

Міністерство освіти і науки України

Львівський національний університет природокористування

Факультет агротехнологій та екології
Кафедра екології
Рівень вищої освіти «Магістр»
Спеціальність 101 «Екологія»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри _____
доцент, к.б.н., Петро ХІРІВСЬКИЙ
« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту Штим Назару Степановичу

1. Тема роботи: **«Дослідження впливу транспортно-залізничних магістралей на стан прилеглих до них ґрунтів у межах Закарпатської області та розробка природоохоронних заходів»**

Керівник кваліфікаційної роботи Роман Шкумбатюк, кандидат хімічних наук, в.о. доцент

Затверджені наказом по університету від «31» грудня 2024 р. №906 /к-с

2. Строк подання студентом дипломної роботи 10 грудня 2025 року

3. Вихідні дані для дипломної роботи :Літературні джерела, методики виконання досліджень, звіти екологічної служби.

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які необхідно розробити

Вступ

Розділ 1. Літературний огляд

1.1. Роль транспорту у формуванні техногенного навантаження на довкілля

1.2. Особливості впливу залізничного транспорту на ґрунтовий покрив

1.3. Характеристика основних забрудників транспортного походження

1.4. Екологічні наслідки забруднення ґрунтів у зоні транспортних шляхів

Розділ 2. Об'єкти та методи дослідження

2.1. Характеристика природно-географічних умов території дослідження

2.2. Транспортно-залізнична мережа Закарпатської області як фактор техногенного навантаження

2.3. Схема відбору зразків ґрунту і характеристика об'єктів дослідження

2.4. Методи відбору та підготовки проб ґрунту

Розділ 3 Отриманні результати

3.1. Визначення вмісту важких металів у ґрунтах прилеглих до залізничних полотен

Розділ 4 Розробка природоохоронних заходів

Розділ 5 Охорона праці та захист населення

Висновки

Літературні джерела 5. Перелік графічного матеріалу (подається конкретний перерахунок аркушів з вказуванням їх кількості рисунки (5), схеми

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Примітка
		Завдання видав	Завдання прийняв	
1,2,3,4	Шкумбатюк Р. доцент			
5	Гордійчук Л.М., доцент кафедри інженерної механіки			

7. Дата видачі завдання 2 грудня 2024 р.

Календарний план

№п/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Написання вступу та розділу «Літературний огляд»	2.12.24-28.02.25	
2	Написання розділу «Об'єкт та методи досліджень»	1.03.25-20.04.25	
3	Написання розділу «Результати досліджень»	21.04.25-20.06.25	
	Написання розділу «Розробка природоохоронних заходів»	21.06.25-20.08.25	
5	Написання «Охорона праці»	21.08.25-20.11.25	

Студент _____ Назар ШТИМ
(підпис)

Керівник дипломної роботи _____ Роман ШКУМБАТЮК
(підпис)

УДК 504.5:625.1(477.87)

«Дослідження впливу транспортно-залізничних магістралей на стан прилеглих до них ґрунтів у межах Закарпатської області та розробка природоохоронних заходів» Штим Н.С. – Кваліфікаційна робота. Кафедра екології та захисту довкілля – Дубляни, Львівський НУВМБ ім.С.З.Гжицького, 2025.

63 стор. текст., 6 табл., 18 рис., 20 джерел.

У процесі дослідження проведено аналіз літературних джерел, здійснено відбір ґрунтових зразків у приузбічних зонах залізничних колій, визначено вміст важких металів (Pb, Zn, Cu, Cd), органічних речовин і кислотність середовища. Встановлено, що концентрація поллютантів суттєво зростає поблизу транспортних шляхів, а максимальні показники спостерігаються на відстані до 25 м від полотна залізниці.

На основі результатів розраховано індекс комплексного забруднення ґрунтів, визначено межі техногенного впливу та запропоновано комплекс природоохоронних заходів, що включає створення зелених смуг, фіторе mediaційні технології, застосування сорбентів та систематичний моніторинг стану ґрунтів.

Отримані результати можуть бути використані при екологічному плануванні територій, удосконаленні систем моніторингу та розробці програм сталого розвитку транспортної інфраструктури Закарпатської області.

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	6
Розділ 1. Літературний огляд	8
1.4. Роль транспорту у формуванні техногенного навантаження на довкілля	8
1.5. Особливості впливу залізничного транспорту на ґрунтовий покрив	11
1.6. Характеристика основних забрудників транспортного походження	17
1.4. Екологічні наслідки забруднення ґрунтів у зоні транспортних шляхів	22
Розділ 2. Об'єкти та методи дослідження	26
2.1. Характеристика природно-географічних умов території дослідження	26
2.2. Транспортно-залізнична мережа Закарпатської області як фактор техногенного навантаження	29
2.3. Схема відбору зразків ґрунту і характеристика об'єктів дослідження	32
2.4. Методи відбору та підготовки проб ґрунту	33
Розділ 3 Отриманні результати	34
3.1. Визначення вмісту важких металів у ґрунтах прилеглих до залізничних полотен	34
Розділ 4 Розробка природоохоронних заходів	42
Розділ 5 Охорона праці та захист населення	46
Висновки	50
Літературні джерела	52

ВСТУП

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується інтенсивним зростанням транспортної інфраструктури, що, з одного боку, сприяє соціально-економічному прогресу, а з іншого - зумовлює посилення антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище. Однією з найбільш потужних джерел забруднення компонентів довкілля є транспортно-залізничні магістралі, уздовж яких формуються техногенно змінені ландшафти.

Ґрунтовий покрив, як найбільш чутливий елемент екосистем, акумулює значну кількість поллютантів транспортного походження - важкі метали, нафтопродукти, сполуки сірки та азоту, що призводить до погіршення його екологічного стану, деградації родючості та зниження біопродуктивності територій. Особливо актуальним це питання є для Закарпатської області, територія якої характеризується складним рельєфом, різноманітністю природних умов та високою щільністю транспортних шляхів, у тому числі залізничних.

Вивчення впливу транспортно-залізничних магістралей на стан прилеглих ґрунтів дозволяє визначити масштаби та характер забруднення, виявити основні джерела техногенного навантаження та обґрунтувати ефективні природоохоронні заходи. Наукове обґрунтування шляхів зниження негативного впливу транспорту на довкілля є важливою складовою забезпечення екологічної безпеки регіону та сталого розвитку транспортної інфраструктури.

Мета роботи – дослідження впливу транспортно-залізничних магістралей на стан прилеглих ґрунтів у межах Закарпатської області та розробка природоохоронних заходів, спрямованих на зменшення техногенного навантаження на земельні ресурси.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан вивченості проблеми впливу транспортно-залізничних магістралей на компоненти навколишнього середовища.
2. Охарактеризувати природно-географічні умови території дослідження в межах Закарпатської області.
3. Провести відбір і лабораторний аналіз проб ґрунту для визначення рівня забруднення важкими металами та іншими поллютантами.
4. Оцінити просторовий розподіл та інтенсивність забруднення ґрунтів у залежності від відстані до транспортних магістралей.
5. Визначити основні чинники, що впливають на формування техногенного навантаження на ґрунтовий покрив.
6. Розробити комплекс природоохоронних заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу транспорту на стан земельних ресурсів.

Об'єкт дослідження – ґрунти, розташовані у безпосередній близькості до транспортно-залізничних магістралей Закарпатської області.

Предмет дослідження – закономірності змін фізико-хімічних властивостей і ступеня забруднення ґрунтів під впливом транспортно-залізничних магістралей.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для екологічного моніторингу стану земельних ресурсів уздовж транспортних шляхів, розроблення рекомендацій для місцевих органів влади, природоохоронних структур та транспортних підприємств щодо зниження техногенного навантаження на довкілля.

РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. Роль транспорту у формуванні техногенного навантаження на довкілля

Транспортна галузь є однією з ключових складових економіки та важливим чинником розвитку територій. Проте функціонування автомобільного та залізничного транспорту супроводжується інтенсивним техногенним впливом на навколишнє середовище. Під час експлуатації транспортних магістралей у повітря, воду та ґрунт надходять численні забруднювальні речовини, серед яких переважають оксиди азоту, вуглецю, сірки, свинець, кадмій, мідь, цинк, нафтопродукти, сажа тощо.

Транспортний комплекс є невід’ємною складовою сучасної господарської діяльності та одним із провідних джерел техногенного навантаження на навколишнє природне середовище. Його функціонування забезпечує територіальну мобільність населення, переміщення сировини, продукції та енергетичних ресурсів, однак водночас супроводжується комплексним негативним впливом на всі компоненти довкілля — атмосферу, ґрунти, поверхневі й підземні води, біоту та ландшафтні системи.

Зростання обсягів транспортних перевезень, збільшення щільності транспортних мереж і підвищення інтенсивності руху, особливо в межах урбанізованих територій і транспортних коридорів, сприяють накопиченню забруднюючих речовин у природному середовищі та формуванню локальних і регіональних осередків екологічної напруженості. За масштабами негативного впливу транспорт поступається лише промисловості та енергетиці, а в межах великих міст часто є домінуючим джерелом антропогенного навантаження.

Найбільш відчутним є вплив транспорту на стан атмосферного повітря. В процесі згоряння палива в двигунах внутрішнього згоряння утворюється

широкий спектр газоподібних і твердих забруднювачів, зокрема оксид вуглецю (CO), діоксид вуглецю (CO₂), оксиди азоту (NO_x), діоксид сірки (SO₂), леткі органічні сполуки, альдегіди, бенз(а)пірен та тверді частинки (PM₁₀ і PM_{2.5}). Особливо небезпечними є дрібнодисперсні частинки, здатні проникати в нижні відділи дихальної системи людини та накопичуватися в організмі.

Транспорт є також одним з основних джерел парникових газів, що формують глобальні кліматичні зміни. Викиди CO₂, закису азоту та метану сприяють посиленню парникового ефекту, підвищенню середньорічних температур і зміні режимів атмосферної циркуляції. У цьому контексті транспортний сектор розглядається як ключовий об'єкт для декарбонізації та впровадження екологічно безпечних технологій.

Важливим напрямом техногенного впливу транспорту є деградація ґрунтового покриву. Уздовж автомобільних і залізничних магістралей формуються зони підвищеного забруднення, де відбувається акумуляція важких металів (свинцю, кадмію, міді, цинку, хрому), нафтопродуктів, поліциклічних ароматичних вуглеводнів та мікропластиків. Джерелами цих забруднювачів є знос шин і гальмівних колодок, витіки пального й мастил, корозія металевих конструкцій та використання протиожеледних реагентів.

З ґрунтів забруднюючі речовини можуть мігрувати в поверхневі та підземні води, змінюючи їхній хімічний склад і трофічний статус. Особливо вразливими є малі річки та водотоки, розташовані в безпосередній близькості до транспортних шляхів, де підвищується концентрація нафтопродуктів, іонів важких металів та завислих речовин, що негативно впливає на гідробіоти та процеси самоочищення водних екосистем.

Окрім хімічного забруднення, транспорт спричиняє низку фізичних впливів, серед яких провідне місце займає шумове забруднення. Тривалий вплив шуму від транспортних потоків перевищує санітарно допустимі рівні, що негативно позначається на стані нервової, серцево-судинної та ендокринної систем людини. Для природних екосистем шум є фактором

стресу, який порушує репродуктивну поведінку тварин, змінює маршрути міграції та знижує біорізноманіття.

Вібраційне навантаження, характерне насамперед для залізничного транспорту, призводить до деградації ґрунтових структур, прискорення ерозійних процесів і пошкодження інженерних споруд. Електромагнітні поля, що утворюються в зоні електрифікованих транспортних систем, також розглядаються як додатковий фактор техногенного впливу, особливо в умовах щільної забудови.

Таблиця 1.1 Основні прояви техногенного навантаження різних видів транспорту на довкілля

Вид транспорту	Основні джерела забруднення	Характерні забруднювачі	Основні екологічні наслідки
Автомобільний	Вихлопні гази, знос шин і гальм, витоки ПММ	CO, NO _x , PM _{2.5} , бенз(а)пірен, Pb, Zn	Забруднення повітря, ґрунтів, шумове навантаження
Залізничний	Знос рейок і коліс, дизельна тяга, мастила	Fe, Cu, Mn, нафтопродукти	Забруднення ґрунтів, вібрація, фрагментація екосистем
Повітряний	Авіаційне паливо, шум двигунів	CO ₂ , NO _x , сажа	Кліматичні зміни, шумове забруднення
Водний	Паливні витоки, баластні води	Нафтопродукти, важкі метали	Забруднення вод, вплив на гідробіонти

Будівництво та експлуатація транспортної інфраструктури супроводжуються значними змінами природних ландшафтів. Прокладання шляхів сполучення спричиняє вилучення земель, знищення природної рослинності, порушення водно-балансових умов і фрагментацію екосистем. Транспортні коридори виконують роль екологічних бар'єрів, що ускладнюють міграцію диких тварин та зменшують генетичну різноманітність популяцій.

Таким чином, транспорт є багатокomпонентним джерелом техногенного навантаження на довкілля, поєднуючи хімічні, фізичні та біогеоценотичні впливи. Сучасні екологічні виклики зумовлюють необхідність переходу до

сталих транспортних систем, що базуються на енергоефективних технологіях, альтернативних видах палива, розвитку електротранспорту та посиленні екологічного контролю за станом прилеглих територій.

1.7. Особливості впливу залізничного транспорту на ґрунтовий покрив

Залізничні магістралі, як складна техногенна система, чинять комбінований вплив на довкілля. Під час експлуатації відбувається забруднення ґрунтів через:

- витік паливно-мастильних матеріалів із рухомого складу;
- розсипання вантажів (вугільного пилу, руд, мінеральних добрив);
- корозію металевих деталей та винос важких металів із шпал і колійного полотна;
- застосування хімічних реагентів для боротьби з рослинністю вздовж колій.

У результаті формуються вузькі смуги підвищеного техногенного навантаження, що поширюються на відстань до 50–200 метрів від осі колії. Найбільш небезпечними політантами у зоні залізничного транспорту є свинець, цинк, мідь, кадмій, марганець, хром, а також залишки нафтопродуктів. Вони акумулюються у верхніх горизонтах ґрунту, змінюючи кислотність, сорбційну здатність і ферментативну активність.

Дослідження вчених як вітчизняного, так і міжнародного рівня [2-5] показують, що транспорт має значний вплив на різні сфери, включаючи економіку, культуру та навколишнє середовище. У своєму розвитку транспорт різні використовують багатоцільові ресурси (простір, воду, енергію). Тому необхідно лише отримати, як максимізувати економічні вигоди від цих ресурсів, але й забезпечити стійкість екосистеми, що є необхідною умовою для довгострокового стабільного соціально-економічного розвитку. Тому екологічні принципи проектування розвитку транспортного сектору не

повинні обмежуватися вузькими екологічними заходами, а повинні охоплювати всю діяльність людини. Це призначається залізничного транспорту, що закінчується виробничою діяльністю підприємств залізничного транспорту негативно впливає на навколишнє середовище. На малюнку 1.1 показано вплив типів залізничних транспортних споруд на навколишнє середовище.

Наразі для аналізу природоохоронної діяльності в транспортному секторі та впливу транспорту на навколишнє середовище створені такі показники, як використання водних ресурсів та скидання стічних вод, викиду забруднюючих речовин у повітрі та коефіцієнти їх уловлювання та очищення, витрати на охорону навколишнього середовища, екологічні збори та орендна плата, а також витрати на природоохоронне обладнання. Вивчення закономірностей та характеристик впливу залізничного транспорту на магістральних лініях, безсумнівно, є ключовим питанням в оцінці та прогнозуванні екологічних умов цих територій та формулюванні заходів з охорони навколишнього середовища [6].

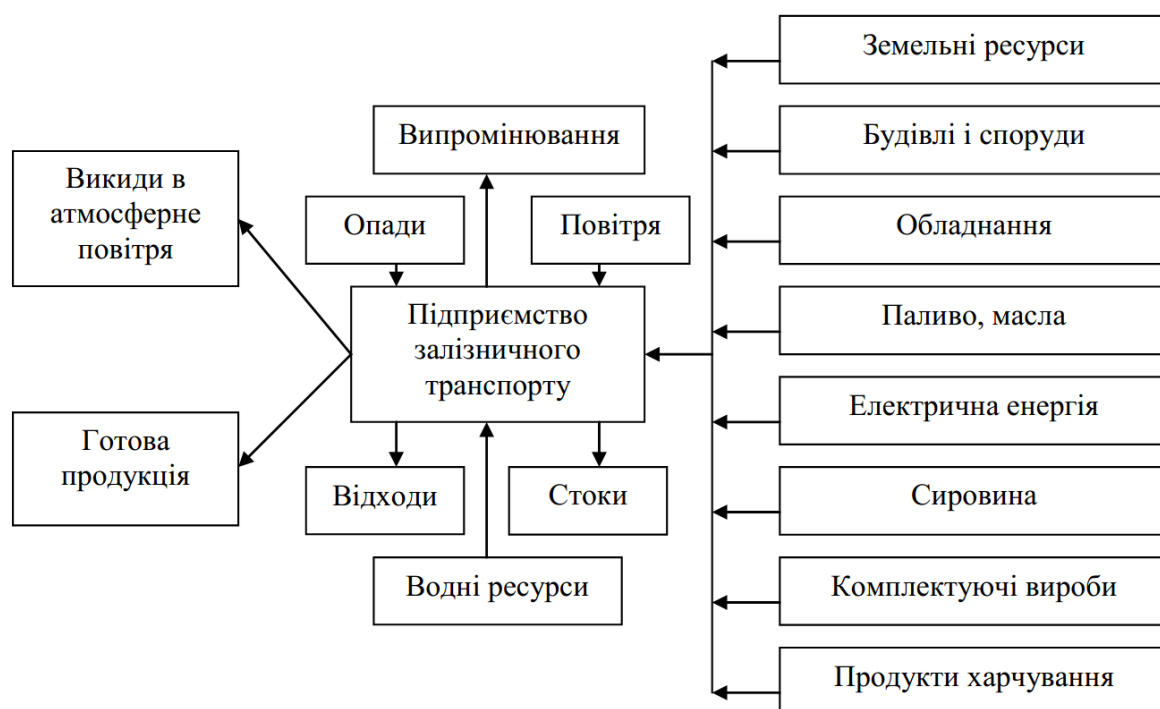


Рисунок 1.1. Вплив залізничного транспорту на довкілля

Враховуючи особливий характер залізничного транспорту, джерелами небезпечних викидів в атмосферу є залізничні транспортні засоби, пересувні та стаціонарні споруди виробничих підприємств, причому найбільшу екологічну небезпеку становлять котельні різних залізничних підприємств. Залежно від витрат палива, що використовується під час транспортування, виділяються небезпечні речовини, зокрема оксиди сірки, оксиди вуглецю, оксиди азоту та золу, що містять незгорілі частинки палива (такі як сажа, діоксид азоту та тверді продукти неповного згоряння). Зауважимо, що із загальної експлуатаційної довжини колій в Україні, яка становить 22 218,9 км, 195 150,0 км – це залізобетонні шпали, а це означає, що дерев'яні шпали все ще потрібно, а виробництво дерев'яних шпалів негативно впливає на навколишнє середовище та здоров'я людини. При цьому шпали забруднюють атмосферу під час сушіння після просочення дезінфікуючим засобом.

Під час сушіння в повітрі виділяються пил та газоподібні речовини. Сухий пісок для локомотивів готують у локомотивному депо, транспортують та завантажують на тепловози. Під час технологічних операцій, особливо зварювання, у повітрі виділяються зварювальні аерозолі, оксид марганцю, сполуки кремнію, фториди та фтористий водень. Під час нанесення фарби та лаку також виділяються пари та аерозолі розчинників, зокрема ацетон, бензол, бутилацетат, біла олія, хлорбензол, етанол, формальдегід та бензин. Очищення локомотивів та рухомого складу може призвести до потрапляння в атмосферу пилу, лужних пар (їдкого натру) та карбонату натрію. На підприємствах з ремонту локомотивів та рухомого складу виготовляють та ремонтують деталі, а потім завершують цинкування та фарбування. Здійснюється масштабна діяльність, така як зварювання та газове різання, літо кольорових металів та міді, виплавка металу, одночасно викидаючи в атмосферу оксиди вуглецю, оксиди азоту, діоксид сірки, фенол, формальдегід, свинець, високотоксичні оксиди ванадію, оксиди нікелю та пил.

Площі, що займають підприємства залізничного транспорту, різняться не лише за розміром, але й за ступенем покриття. Процеси, що вивчаються

підприємствами, починають тип та масштаби забруднення. До найпоширеніших забруднювачів на територіях залізничних підприємств належать нафта та нафтопродукти, мазут, дизельне паливо, мастило, дезінфікуючі засоби, фенольні речовини, а також залишки вантажів, що перевозяться, та виробничі відходи. Забруднена територія становить від 10% до 30% від загальної площі підприємства. Нафтопродукти забудовують залізничні колії через витоки з нафтових резервуарів, несправних котлів та зливних труб під час транспортування. Мастило пропускається на коли під час сезонної або тимчасової заправки букс, операції з колісними парами, а також коли букси не повністю закриті під час руху поїздів. Депо локомотивів та рухомого складу займають значну площу, деякі з яких діяльності містять нафтопродукти під час виробничої: дизельне паливо та дизельне паливо, що витікають під час заправки локомотивів, мастило, що витікає під час заправки букс, та мазут, що використовується в котельному депо. Станції очищення та парові станції більші за площі депо рухомого складу, приблизно тверді їх площі сильно забруднені залишками транспортованої нафти. Забруднена виробнича зона заводу з просочення шпалів утворюється навколо резервуарів для просочення та складів готової продукції. Основними забруднювачами в зоні заводу з просочення шпали є фенольна сланцева олія та газ.

Залізничні станції та депо з технічного обслуговування транспортних засобів займають велику площу землі, причому одна десятка площ містить нафтопродукти, які витікають під час обробки сипучих вантажів, експлуатацію залізничних транспортних засобів та використання вантажних поїздів. Регіональне забруднення, спричинене інфраструктурою залізничного транспорту, негативно впливає на стан навколишнього середовища. На деяких підприємствах та вздовж залізничних ліній підстава просочується на значну глибину нафтопродуктів, що створює загрозу як для поверхневих, так і для обґрунтованих вод. Під час танення снігу та опадів накопичуються поверхневі води, які змивають пил, види різного змішання, нафтопродукти та інші забруднювачі у найближчих водах. Поверхневий стік із заводу з просочення

шпал також містить фенольні речовини. Істотна різниця між поверхневим стоком та промисловими стічними водами виникає в змінному об'ємі стоку та у складі забруднюючих речовин, залежно від інтенсивності та тривалості опадів, ступеню забруднення місцевості та типу поверхні землі. До токсичних відходів, що потребують особливі уваги, належать також викинути люмінесцентні лампи та старі дерев'яні шпали. Останні складають значну кількість відходів, класифікованих за вагою.

Промислові відходи, що розташовані залізничною галуззю. Більшість відходів вивозиться на звалища. Відпрацьована олива та використані ртутні лампи надсилаються на переробку до спеціалізованих компаній. Основними джерелами шуму залізничного транспорту є рухомі поїзди, колійні механізми та промислове виробниче обладнання. Частина руху поїздів поблизу житлових районів значно погіршує акустичне середовище цих районів. Одним з основних джерел шуму від рухомих поїздів є локомотив. Найбільш сильний акустичний дискомфорт страждає в районах сортувальних станцій. На цих станціях, 43 Джерела шуму в основному виходять від майстерності з випробування локомотивних регуляторів та сортувальних жолобів, що створює несприятливе акустичне середовище. Інші сильні джерела шуму включають локомотивні депо, майстерні з ремонту локомотивів та вантажних вагонів, заводи з виробництва залізобетонних конструкцій, кар'єрні заводи, ремонтні майстерні та поїзди зі зварювання рейок.

Крім того, залізничний транспорт негативно впливає на екологічну основу екосистеми магістральних колій, значно пошкоджуючи їх функціональні характеристики та зрештою призводячи не лише до зниження родючості підстави, але й до його деградації. Будь-яка ділянка залізничної колії довжиною 1 кілометр враховується при аналізі обвинувачення. Кожен кілометр залізничної колії щорічно скидає 200 кубометрів стічних вод, 12 тонн сухих відходів та 3,5 тонни сажі.

Найбільшою загрозою для обґрунтування є хімічне забруднення відходами. Зауважимо, що лише у 2023 році залізниці випустили 243 тонни

небезпечних відходів I класу, 3050 тонн небезпечних відходів II класу, 27 800 тонн небезпечних відходів III класу та приблизно 102 000 тонн побутових відходів. Загалом утворення небезпечних відходів I-III класів на 47 залізничних лініях України збільшилося на 1359,3 тонни разом з 2012 роком, що збільшилося на 4,6% [3]. Заступене забруднення обґрунтовано можна класифікувати як сильно забруднені, помірно забруднені та слабо забруднені. У сильно забруднених обґрунтуваннях концентрація забруднюючих речовин перевищує гранично допустиму концентрацію в декількох разях. Причини мають низьку біологічну продуктивність, а хімічний склад сільськогосподарських культур перевищує норму. У помірно забруднених підставах ступінь перевищення забруднювачами гранично допустимої концентрації незначна і не втратив жодних змін властивостей підставу. У слабо забруднених підставах хімічний склад не перевищує гранично допустиму концентрацію, але перевищує фонове значення. За ступенем стійкості обґрунтування до хімічного забруднення та характер відповідної реакції обґрунтовано можна класифікувати як високостійкі, помірностійкі та низькостійкі. Ступінь стійкості ґрунту до хімічного забруднення характеризується такими показниками, як стан гумусу ґрунту, окисно-відновні властивості, біологічна активність та рівень ґрунтовних вод. При оцінці стійкості обґрунтування до хімічного пошкодження необхідні показники, які характеризують короткостроковий (2-5 років), довгостроковий (5-10 років) розвиток змінено обґрунтований та ранню діагностику. Короткострокові зміни властивостей обґрунтовано можна діагностувати за динамікою води, значенням рН, складом обґрунтованого розчину та вмістом живильних речовин. Довгострокові зміни властивостей обґрунтовано можна діагностувати за вмістом та запасами гумусу, кислотністю та засоленістю [15]. Транспортна діяльність може призвести до регіонального та навіть глобального забруднення підґрунтям. Землі підприємств залізничного транспорту також забруднені викидами та забруднювачами від нафтопродуктів, сипучих та летких компонентів вантажів, що перевозяться,

гальванічних, зварювальних, фарбувальних виробництв та мійних робіт. Забруднена територія підприємств залізничного транспорту становить від 10% до 30% їхньої загальної площі.

За допомогою аналізу залізничної діяльності ми зосередимося на факторах, що призводять до забруднення та деградації земель:

- ✓ Забруднення промисловими та побутовими відходами;
- ✓ Підприємства залізничного транспорту;
- ✓ Проектування, вибір місця, будівництво та введення в експлуатацію залізничних транспортних споруд; Вплив на обґрунтовані умови;
- ✓ Порушення екологічних вимог щодо утилізації, зберігання та обробки радіоактивних, хімічних та інших токсичних і небезпечних речовин у промислових та побутових відходах.

Отже, взаємодія між залізничними транспортними засобами та навколишнім природним середовищем створює еколого-економічну систему. У цій системі економічна підсистема представляє виробничу діяльність, яка використовується для задоволення суспільних потреб; екологічна підсистема забезпечує використання різних природних ресурсів та пошкодження потоків забруднення (відходи, викиди, стічні води тощо) від дії виробничих об'єктів. Очевидно, що стан економічної підсистеми залежить від потужності екологічної підсистеми.

1.3. Характеристика основних забрудників транспортного походження

Залізничний транспорт, незважаючи на свою енергоефективність порівняно з іншими видами транспорту, є вагомим джерелом забруднення навколишнього природного середовища. В процесі експлуатації рухомого складу, технічного обслуговування, ремонту локомотивів, вагонів, а також функціонування залізничної інфраструктури (станцій, депо, колійного господарства) у довкілля надходить значна кількість поллютантів різного

походження. Основні забруднювачі поділяються на газоподібні, тверді (пилоподібні), рідкі та органічні сполуки.

1. Викиди від дизельних локомотивів

У системах тяги залізничного транспорту основним джерелом забруднення є дизельні локомотиви. Під час згоряння дизельного палива у двигунах внутрішнього згоряння в атмосферу викидаються такі забруднювальні речовини:

- ❖ Оксиди азоту (NO і NO_2) — утворюються при високотемпературному згорянні палива. Вони беруть участь у фотохімічних реакціях з утворенням смогу, негативно впливають на дихальну систему людини, рослинність та сприяють кислотним дощам.

- ❖ Оксиди вуглецю (CO) — результат неповного згоряння палива. Цей газ зменшує здатність крові транспортувати кисень, що призводить до гіпоксії у живих організмів.

- ❖ Діоксид вуглецю (CO_2) — основний парниковий газ, що сприяє глобальному потеплінню.

- ❖ Сажа та тверді частинки ($\text{PM}_{2.5}$ і PM_{10}) — мікроскопічні частки, що містять залишки незгорілого палива, металів і смол. Вони осідають на ґрунтах та рослинності, знижують фотосинтетичну активність рослин, забруднюють повітря та водні об'єкти.

- ❖ Вуглеводні (C_xH_y) — виділяються при неповному згорянні палива, багато з них є канцерогенними (наприклад, бенз(а)пірен).

- ❖ Сірчисті сполуки (SO_2) — утворюються через наявність сірки в дизельному паливі. Вони окислюються у повітрі до сірчаної кислоти, що призводить до кислотних опадів.

2. Забруднення ґрунтів і води

Окрім газоподібних викидів, залізничний транспорт спричиняє забруднення ґрунтів і поверхневих вод. Основними джерелами цих поллютантів є зливові стоки з колій, витоки палива, мастил і гідравлічних рідин,

а також залишки мийних засобів із ремонтних депо. Найхарактернішими забруднювачами є:

- Нафтопродукти (дизельне паливо, моторні оливи) — формують на поверхні води плівку, яка порушує газообмін, знижує вміст кисню, сприяє загибелі водної флори і фауни. У ґрунті нафтопродукти знижують родючість, змінюють мікробіологічний баланс і утруднюють водопроникність.

- Важкі метали (Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni) — потрапляють у довкілля внаслідок стирання коліс і рейок, зношування контактної мережі, а також під час технічного обслуговування. Вони накопичуються у ґрунтах, рослинах і біоті, чинять токсичний вплив на живі організми, порушують метаболічні процеси.

- Поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) — утворюються при неповному згорянні дизельного палива та мастил. Вони стійкі до розкладу, мають канцерогенні властивості і накопичуються в екосистемах.

3. Шумове та вібраційне забруднення

Хоча ці фактори не є хімічними поллютантами, вони мають значний екологічний ефект. Рух потягів, особливо вантажних, супроводжується підвищеним рівнем шуму (до 90 дБ) і вібраціями, які негативно впливають на здоров'я людини, порушують поведінку тварин, а також сприяють деградації ґрунтів і споруд у приколіїних зонах.

Таблиця 1.2 Основні забрудники транспортного походження, їх джерела, ГДК та вплив на довкілля

№	Поллютант	Основне джерело утворення	ГДК у повітрі, мг/м ³ *	Основний вплив на довкілля та людину
1	2	3	4	5
1	Оксид вуглецю (CO)	Неповне згорання палива у двигунах внутрішнього згорання	5,0	Порушує транспорт кисню у крові, викликає гіпоксію, впливає на серцево-судинну систему
2	Оксиди азоту (NO, NO ₂)	Високотемпературне згорання палива у двигунах	0,04 (NO ₂)	Сприяють утворенню фотохімічного смогу,

				кислотних дощів, подразнюють дихальні шляхи
3	Вуглеводні (C _n H _m)	Незгорілі або частково згорілі компоненти палива	1,5	Утворюють фотохімічний смог, мають канцерогенну дію (зокрема бенз(а)пірен)
4	Діоксид сірки (SO ₂)	Спалювання дизельного палива з підвищеним вмістом сірки	0,05	Викликає кислотні опади, ушкоджує рослини, корозію матеріалів, подразнює слизові оболонки
5	Діоксид вуглецю (CO ₂)	Продукт повного згоряння вуглеводнів	—	Основний парниковий газ, сприяє глобальному потеплінню
6	Сажа, пил (PM ₁₀ , PM _{2.5})	Неповне згоряння палива, знос шин і гальмівних колодок	0,05 / 0,025	Проникають у легені, спричиняють респіраторні та серцево-судинні захворювання, погіршують фотосинтез рослин

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
7	Свинець (Pb)	Етилований бензин, знос шин, акумуляторів, гальм	0,0003	Накопичується у ґрунтах, уражає нервову систему, особливо у дітей
8	Кадмій (Cd)	Знос металевих деталей транспорту, мастильні матеріали	0,00005	Канцероген, уражає нирки, печінку, порушує роботу ферментних систем
9	Цинк (Zn)	Стирання шин, мастильні матеріали	0,01	У великих концентраціях токсичний для рослин і мікроорганізмів
10	Мідь (Cu)	Знос гальмівних колодок, електричних контактів	0,001	Накопичується у ґрунтах, знижує

				біологічну активність, токсична для водних організмів
11	Хром (Cr)	Корозія металевих деталей, гальмівні колодки	0,0015	Токсичний, може бути канцерогенним, накопичується у ґрунтах
12	Марганець (Mn)	Знос металевих елементів двигуна	0,001	Уражає нервову систему, знижує стійкість рослин до стресів
13	Озон (O ₃)	Вторинний фотохімічний продукт з оксидів азоту і вуглеводнів	0,16	Складова фотохімічного смогу, подразнює дихальні шляхи, ушкоджує листя рослин
14	Пероксиацетилні нітрати (PAN)	Вторинні продукти фотохімічних реакцій у повітрі	—	Подразнюють слизові оболонки, гальмують ріст рослин

*Гранично допустимі концентрації (ГДК) наведено для повітря населених місць згідно з діючими санітарними нормами України (ДСП 201–2017 та ін.).

4. Пил та частинки залізовмісних сполук

Внаслідок стирання рейок, коліс, гальмівних колодок у повітря потрапляють металеві аерозолі, що містять сполуки заліза, міді, цинку, марганцю та свинцю. Такі частки мають високу дисперсність і здатні тривалий час перебувати у повітрі, осідати на поверхні рослин, проникати в легені людини, а потім — у кров.

5. Вторинне пилове забруднення

Під час руху поїздів, особливо вантажних, піднімається пил із залізничного полотна, що містить частинки баластного щебеню, залишки мастил, сполуки важких металів і продуктів корозії. Це спричиняє локальне підвищення концентрацій пилу поблизу колій, особливо в суху пору року.

1.4. Екологічні наслідки забруднення ґрунтів у зоні транспортних шляхів

Залізничний транспорт, як важлива складова транспортної інфраструктури, справляє суттєвий антропогенний вплив на довкілля. Найвразливішими компонентами природного середовища у зоні його дії є ґрунти, які виступають своєрідним «депо» для накопичення забруднювальних речовин. Забруднення ґрунтового покриву відбувається внаслідок викидів дизельних локомотивів, стирання металевих частин колісно-рейкової системи, витоків паливно-мастильних матеріалів, просочування технічних рідин, осідання пилу та зливових стоків.

Постійне надходження токсичних речовин у приколіїні території призводить до низки екологічних наслідків, що охоплюють фізико-хімічні, біологічні та санітарно-гігієнічні аспекти деградації ґрунтів.

Погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунтів

Під впливом залізничного транспорту у ґрунтах накопичуються важкі метали (Pb, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr, Mn, Fe), нафтопродукти, солі, сажа та поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ). Ці речовини змінюють основні параметри ґрунту:

- Підвищується кислотність (знижується pH) унаслідок потрапляння оксидів сірки й азоту, які в ґрунтовому середовищі утворюють відповідні кислоти.
- Знижується пористість і водопроникність через заповнення ґрунтових пор частками пилу, сажі та мастильних речовин.
- Змінюється окисно-відновний потенціал, що порушує біохімічні процеси, у тому числі мінералізацію органічних решток.
- Порушується гранулометричний склад, особливо в зонах ремонту колій, де накопичується техногенний пил і уламки щебеню.

Як наслідок, ґрунти втрачають природну структуру, зменшується їхня водоутримувальна здатність і повітропроникність, що обмежує розвиток рослинності.

Накопичення важких металів і токсичних елементів

Однією з найсерйозніших екологічних проблем у зоні залізничних шляхів є накопичення важких металів.

- Свинцем (Pb) забруднюються ґрунти внаслідок зносу гальмівних колодок, рейок і коліс. Свинець є сильним нейротоксикантом, що гальмує ріст рослин і порушує обмін речовин у біоті.
- Мідь (Cu) і цинк (Zn) надходять у середовище при зношуванні контактних дротів і електричних з'єднань. Ці елементи, хоч і є мікроелементами, у високих концентраціях токсичні для мікрофлори.
- Кадмій (Cd) і нікель (Ni) потрапляють у ґрунт з вихлопами дизельних двигунів та мастильних матеріалів; вони мають кумулятивний ефект і накопичуються у харчових ланцюгах.
- Хром (Cr), що надходить із технічних рідин та фарб, є канцерогеном і може змінювати мікробіологічну активність ґрунту.

Розподіл концентрацій важких металів характеризується різкою градієнтністю: найвищі показники спостерігаються в межах 10–50 метрів від колії, після чого вміст поллютантів знижується. Однак, навіть у віддалених ділянках (до 200 м), дещо підвищені концентрації можуть зберігатися десятиліттями через низьку міграційну здатність металів у ґрунті.

Забруднення органічними речовинами та нафтопродуктами

Нафтопродукти надходять у ґрунт при витоках дизельного палива, моторних і гідравлічних олив, а також при митті локомотивів. Утворюється плівка на поверхні ґрунту, що перешкоджає газообміну й водообміну, сприяє анаеробним процесам розкладу та накопиченню токсичних сполук.

Органічні поллютанти, такі як бенз(а)пірен, фенантрен, антрацен, характеризуються стійкістю до біодеградації, накопичуються у ґрунтових горизонтах і мають канцерогенні властивості.

Такі ґрунти втрачають родючість, порушується діяльність мікроорганізмів, зменшується вміст гумусу. Відновлення природної якості ґрунту в подібних умовах потребує десятиліть навіть після припинення забруднення.

Біологічні наслідки

Біота ґрунтів дуже чутлива до дії техногенних забруднень.

- Мікроорганізми: Зменшується кількість нітрифікуючих і целюлозоруйнівних бактерій, що сповільнює кругообіг азоту та вуглецю.
- Рослинність: Рослини поблизу колій часто мають ознаки хлорозу, некрозу листя, деформації коренів і зниження біомаси. Деякі метали (особливо Cd і Pb) гальмують фотосинтез і активність ферментів.
- Тварини: Через біоаккумуляцію важких металів у ланцюгах живлення вони потрапляють у тканини дрібних ссавців, птахів, комах, що призводить до порушень репродуктивної функції та скорочення популяцій.

Таким чином, у зоні дії залізничного транспорту формується змінена біогеоценотична структура, де знижується видовий склад і стійкість екосистем.

Вторинне розповсюдження забруднення

Ґрунт є не лише приймачем, а й джерелом вторинного забруднення. Під час вітрової ерозії або руху поїздів піднімаються пилові частки, насичені металами та органічними сполуками, що осідають на прилеглі території та потрапляють у водні об'єкти. При зливових опадах токсиканти вимиваються у поверхневі та ґрунтові води, спричиняючи їхнє вторинне забруднення.

Таким чином, зона впливу залізничного транспорту виходить далеко за межі полотна, формуючи довготривалі осередки техногенного забруднення.

Соціально-екологічні наслідки

Забруднення ґрунтів у залізничних коридорах має і **соціальне значення**, оскільки:

- на таких землях часто розташовані сільськогосподарські угіддя, пасовища або дачні ділянки,
- токсичні речовини можуть накопичуватись у продуктах харчування, що становить ризик для здоров'я населення,
- погіршується санітарно-гігієнічний стан територій, знижується естетична й рекреаційна цінність ландшафтів.

У результаті тривалого забруднення відбувається деградація ґрунтового покриву, втрата родючості, порушення екологічної рівноваги й біорізноманіття, що потребує впровадження системи природоохоронних і рекультиваційних заходів.

Отже, забруднення ґрунтів у зоні залізничних транспортних шляхів має комплексний негативний характер. Воно проявляється у зміні фізико-хімічних властивостей, нагромадженні важких металів та органічних токсикантів, деградації біоти і поширенні токсичних речовин у суміжні середовища. Ці процеси є довготривалими і кумулятивними, а відновлення екологічного стану ґрунтів можливе лише за умови застосування заходів з ремедіації, моніторингу та обмеження техногенного навантаження.

РОЗДІЛ 2.

ОБЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Характеристика природно-географічних умов території дослідження

Закарпатська область розташована на крайньому заході України в межах Карпатського регіону та частково Закарпатської низовини. Територія характеризується складним гірським рельєфом, різноманітністю ландшафтів і значною вертикальною поясністю. Клімат області помірно континентальний, із м'якою зимою та теплим вологим літом. Середньорічна температура повітря становить $+8...+9^{\circ}\text{C}$, середньорічна кількість опадів — 700–1000 мм.



Рисунок 2.1. Географічна карта Закарпатської області

Ґрунтовий покрив представлений бурими гірсько-лісовими, дерново-підзолистими, алювіальними та чорноземними ґрунтами. Їхній склад і властивості суттєво залежать від геоморфологічних і кліматичних умов. У межах низовини розташовані найбільш освоєні землі сільськогосподарського призначення, тоді як гірські райони характеризуються переважно лісовими екосистемами.

Значна частина залізничних шляхів прокладена вздовж долин річок і у передгірських районах, де зосереджені сільськогосподарські угіддя, що підвищує ризик забруднення прилеглих ґрунтів продуктами транспортної діяльності.

Рельєф Закарпатської області є переважно гірським (Карпатська складчаста система), із чітким поділом на гірську та рівнинну частини. У гірських районах залізничні колії прокладені на схилах і терасах, що сприяє:

- активізації ерозійних процесів;
- вторинному перенесенню забруднювачів із залізничного полотна у ґрунтовий покрив;
- акумуляції важких металів у нижчих елементах рельєфу.

У межах Закарпатської низовини поширені акумулятивні процеси, що зумовлюють накопичення поллютантів у верхніх горизонтах ґрунтів поблизу залізничних вузлів.

Клімат області помірно континентальний з підвищеною вологістю. Значна кількість атмосферних опадів, особливо у гірських районах, сприяє:

- вертикальній та горизонтальній міграції важких металів у ґрунтах;
- вимиванню нафтопродуктів та техногенних домішок у прилеглі агроландшафти;
- підвищенню ризику забруднення ґрунтових і поверхневих вод.

Таким чином, кліматичні умови Закарпаття посилюють негативний вплив транспортно-залізничної інфраструктури на ґрунтовий покрив.

Ґрунтовий покрив Закарпатської області відзначається значною різноманітністю. У зоні впливу залізничних магістралей переважають:

- бурі гірсько-лісові ґрунти;
- дерново-підзолисті ґрунти;
- лучні та алювіальні ґрунти долин річок.
-

Таблиця 2.1 Типи ґрунтів Закарпатської області та їхня вразливість до транспортного забруднення

Тип ґрунту	Поширення	Основні властивості	Чутливість до забруднення
Бурі лісові	Гірські райони	Кислі, середньогумусні	Висока
Дерново-буроземні	Передгір'я	Слабкокислі, добре дреновані	Середня
Алювіальні	Заплави річок	Висока вологість, шаруватість	Дуже висока
Лучно-буроземні	Низовина	Високий вміст органіки	Середня
Опідзолені чорноземи	Закарпатська низовина	Висока родючість	Середня–висока

Ці ґрунти характеризуються різною здатністю до акумуляції важких металів (Pb, Cd, Zn, Cu), нафтопродуктів та продуктів зношування рейкового рухомого складу. Найбільш уразливими є алювіальні та дернові ґрунти, що формуються у зонах активного водного режиму.

Залізничні магістралі часто проходять уздовж річкових долин (басейн р. Тиса та її приток), що створює умови для вторинного забруднення ґрунтів унаслідок:

- змиву забруднювачів з поверхні залізничного полотна;
- підтоплення заплавлених ґрунтів під час паводків;
- перенесення техногенних домішок на значні відстані.

Будівництво та експлуатація залізничних шляхів супроводжуються ущільненням ґрунтів, порушенням їхньої структури та зміною фізико-хімічних властивостей. Найбільші трансформації спостерігаються у зонах:

- залізничних станцій і вузлів;
- депо та ремонтних майданчиків;
- місць перевантаження вантажів.

Ці ділянки характеризуються підвищеним техногенним навантаженням і потребують першочергового екологічного контролю.

Особливості природно-географічних умов Закарпатської області визначають необхідність впровадження таких природоохоронних заходів:

- ґрунтозахисні та протиерозійні заходи вздовж залізничних колій;
- створення буферних захисних смуг;
- рекультивація порушених земель;
- моніторинг вмісту важких металів у ґрунтах зони впливу залізниць.

Природно-географічні умови Закарпатської області суттєво впливають на характер і масштаби забруднення ґрунтів у зоні дії транспортно-залізничних магістралей. Поєднання гірського рельєфу, значної кількості опадів і різноманітного ґрунтового покриву зумовлює високу вразливість ґрунтів до техногенного навантаження, що обґрунтовує актуальність дослідження та розробки ефективних природоохоронних заходів.

2.2. Транспортно-залізнична мережа Закарпатської області як фактор техногенного навантаження

Закарпатська область має важливе транзитне значення, оскільки межує з чотирма державами Європейського Союзу. Через її територію проходять міжнародні та регіональні залізничні магістралі, що забезпечують вантажні та пасажирські перевезення у напрямках Словаччини, Угорщини та Румунії. Найбільш інтенсивно експлуатуються ділянки залізниць у долинах річок Уж, Латориця, Боржава та Тиса.

Через територію області проходить розгалужена мережа автомобільних і залізничних шляхів державного та регіонального значення. Найбільші залізничні магістралі пролягають через міста Ужгород, Мукачево, Свалява, Воловець, Чоп. Саме ці ділянки були обрані для детального дослідження впливу транспортної діяльності на стан прилеглих ґрунтів.

Закарпатська область розташована на заході України та характеризується вигідним транзитним положенням, що зумовило формування розгалуженої мережі транспортно-залізничних магістралей. Через територію області проходять міжнародні та регіональні залізничні коридори, які з'єднують Україну з країнами Центральної та Східної Європи.



Рисунок 2.2. Схема транспортних шляхів Закарпатської області

Залізничний транспорт є джерелом постійного техногенного впливу на прилеглі до колій ґрунти. Основними чинниками такого впливу є:

- викиди продуктів згоряння дизельного палива;
- зношування рейок, колісних пар і гальмівних систем;
- розсипи сипучих вантажів (руди, вугілля, будівельні матеріали);
- використання мастил, антикорозійних і протиожеледних матеріалів.

У результаті в ґрунтах уздовж залізничних колій накопичуються важкі метали (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni), нафтопродукти та інші токсичні сполуки,

концентрація яких зазвичай зменшується зі збільшенням відстані від полотна залізниці.

Таблиця 2.2. Характеристика основних забруднювальних речовин у ґрунтах уздовж транспортно-залізничних магістралей Закарпатської області

Полутант	Основне джерело надходження	Типові форми в ґрунті	Екологічний вплив	Орієнтовне зменшення концентрації з віддаленням від колії
Свинець (Pb)	Зношування гальмівних колодок, вихлопні гази дизельних локомотивів	Обмінні та карбонатні форми	Токсичний для мікроорганізмів і рослин, акумулюється в харчових ланцюгах	20–30 м
Кадмій (Cd)	Знос металевих елементів, мастильні матеріали	Легкодоступні рухомі форми	Висока фітотоксичність, канцерогенний ефект	15–25 м
Цинк (Zn)	Зношування рейок і колісних пар	Адсорбований органічною речовиною	У малих дозах — мікроелемент, у надлишку — токсичний	30–50 м
Мідь (Cu)	Контактні дроти, мастила	Комплекси з гумусовими кислотами	Пригнічує ґрунтову мікрофлору	25–40 м
Нікель (Ni)	Металевий знос рухомого складу	Окисні та гідроксидні форми	Алергенний, токсичний для рослин	20–35 м
Нафтопродукти	Витоки пального, мастил, аварійні ситуації	Плівкові та сорбовані форми	Порушення газообміну ґрунту, зниження родючості	До 50 м
Поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ)	Неповне згоряння пального	Стійкі органічні сполуки	Канцерогенна дія, тривала персистентність	30–60 м

Специфіка природних умов Закарпатської області зумовлює підвищену чутливість ґрунтів до транспортного забруднення. У гірських районах круті схили та значна кількість опадів сприяють швидкому змиву забруднювальних речовин у нижчі елементи рельєфу, тоді як у низовинній частині області можливе їхнє тривале акумулювання в орному шарі ґрунту.

Накопичення важких металів і нафтопродуктів призводить до:

- порушення мікробіологічної активності ґрунтів;
- зниження родючості та деградації ґрунтового покриву;
- вторинного забруднення рослинності та сільськогосподарської продукції;
- потенційної загрози для здоров'я населення.

Особливу небезпеку становить забруднення ґрунтів у межах населених пунктів і сільськогосподарських угідь, розташованих у безпосередній близькості до залізничних магістралей.

2.3. Схема відбору зразків ґрунту і характеристика об'єктів дослідження

Для оцінки впливу залізничного транспорту на стан ґрунтів доцільно виділяти зони екологічного впливу, сформовані за відстанню від осі колії:

- **I зона (0–25 м)** – зона прямого техногенного впливу. Характеризується максимальними концентраціями важких металів (Pb, Cd, Zn, Cu), нафтопродуктів, продуктів зношування рейок і гальмівних систем.
- **II зона (25–100 м)** – зона активного розсіювання забруднювачів. Вміст поліутантів знижується, однак залишається вищим за фонові значення, особливо в умовах складного рельєфу та високої зволоженості.
- **III зона (100–300 м)** – зона опосередкованого впливу. Забруднення формується переважно внаслідок вторинного перенесення (поверхневий стік, ерозія, паводки).

Саме в цих межах доцільно здійснювати ґрунтово-екологічний моніторинг.

Для дослідження було відібрано ділянки ґрунтів, розташовані уздовж основних залізничних колій у межах таких адміністративних районів:

- **Ужгородський район (ПП№1)** – зона інтенсивного руху пасажирських і вантажних поїздів, наявність локомотивного депо;
- **Мукачівський район (ПП№2)**– транзитна ділянка з активним транспортним навантаженням;

На кожній ділянці проби відбиралися на різній відстані від осі колії: **5 м, 25 м, 50 м і 100 м**, що дозволило оцінити ступінь просторового зниження забруднення. Контрольні проби відбиралися за межами техногенного впливу (на відстані понад 300 м від колії).

2.4. Методи відбору та підготовки проб ґрунту

Відбір проб ґрунту проводився відповідно до вимог ДСТУ ISO 10381-5:2002 та ГОСТ 17.4.4.02–84. Зразки відбирали з верхнього шару (0–20 см), оскільки саме він є найбільш забрудненим. На кожній ділянці формували змішану пробу з 5–7 точкових відборів, після чого матеріал висушували за кімнатної температури, подрібнювали, просівали через сито 1 мм і поміщали в герметичні пакети для подальшого аналізу.

Розділ 3

ОТРИМАННІ РЕЗУЛЬТАТИ

3.1. Визначення вмісту важких металів у ґрунтах прилеглих до залізничних полотен

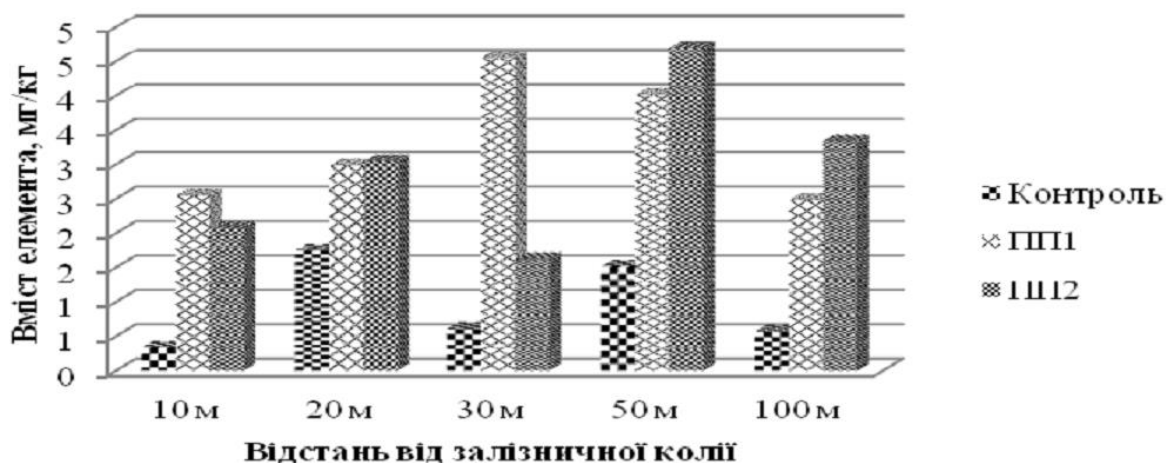


Рисунок 3.1. Вміст рухомих сполук свинцю у досліджуваних зразках ґрунту в залежності від відстані до залізниці

Свинець – важкий метал I класу небезпеки і його вважають одним із найтоксичніших хімічних елементів, навіть у незначних кількостях. Забруднення свинцем атмосферного повітря, ґрунту і води поблизу транспортних магістралей створює загрозу ураження цим хімічним елементом населення, що проживає в цих районах, і насамперед дітей, які більш чутливі до впливу важких металів. У ґрунтах найвищий вміст свинцю досягав 4,7 мг/кг на відстані 50 м від залізничної колії на ППІ №2. На ППІ №1 на відстані 30 м від магістра лі кількість майже однакова – 4,55 мг/кг, проте на такій же відстані на ППІ №2 було виявлено найменшу кількість – 1,615 мг/кг (рис. 3.1).

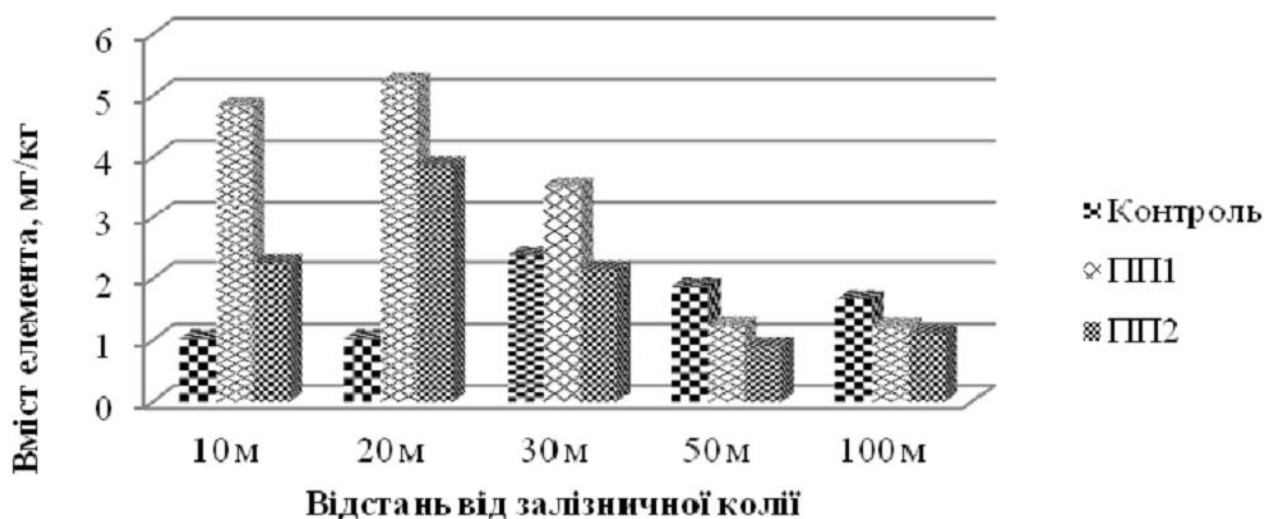


Рисунок 3.2. Вміст рухомих сполук цинку у досліджуваних зразках ґрунту в залежності від відстані до залізниці

Цинк – важкий метал I класу небезпеки. В умовах підвищеної вологості характерна висока міграція цинку у ґрунті. Для розподілу рухомих форм цинку виявлено тенденцію максимального вмісту у ґрунтах на відстані 10 і 20 м від залізничної колії ПП №1 відповідно – 4,82 мг/кг і 5,22 мг/кг, а мінімальну кількість виявлено на 50м ПП №2 – 0,89 мг/кг (рис. 3.2).

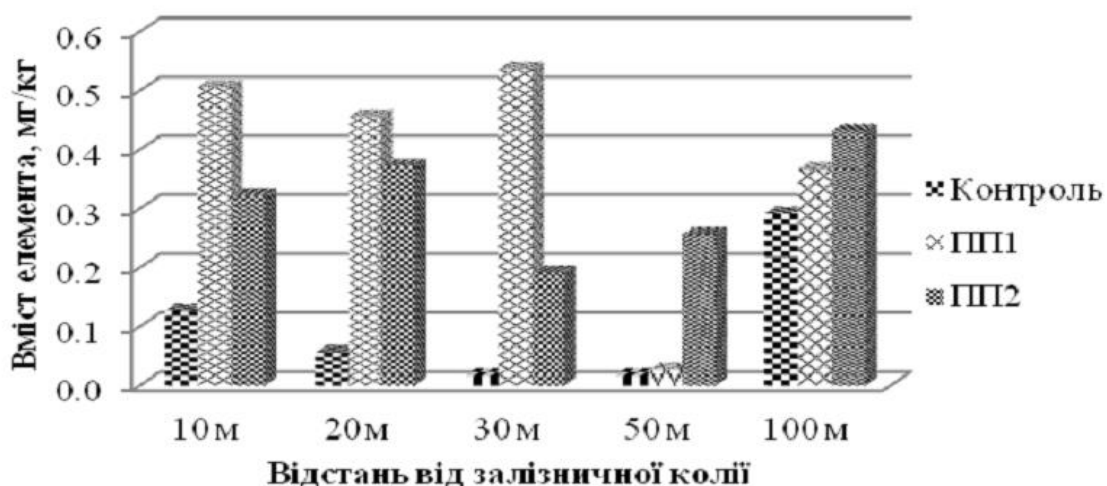


Рисунок 3.3. Вміст рухомих сполук кадмію у досліджуваних зразках ґрунту в залежності від відстані до залізниці

Кадмій є одним із залишків металів для вивчення в дослідженнях забруднення, крім того, він широко поширений у всьому світі та є токсичним: він накопичується в організмах та екосистемах. Також у низьких концентраціях сполуки кадмію надзвичайно токсичні та класифікуються як небезпечні речовини I групи (Рисунок 3.3).

У точці моніторингу було обґрунтовано виявлено 1 найвищий вміст кадмію в межах 30 метрів від залізничних колій, коливаючись від 0,455 до 0,535 мг/кг. Найнижчий вміст кадмію виявлено в точці моніторингу 1, за 50 метрів від дороги, на рівні 0,025 мг/кг.

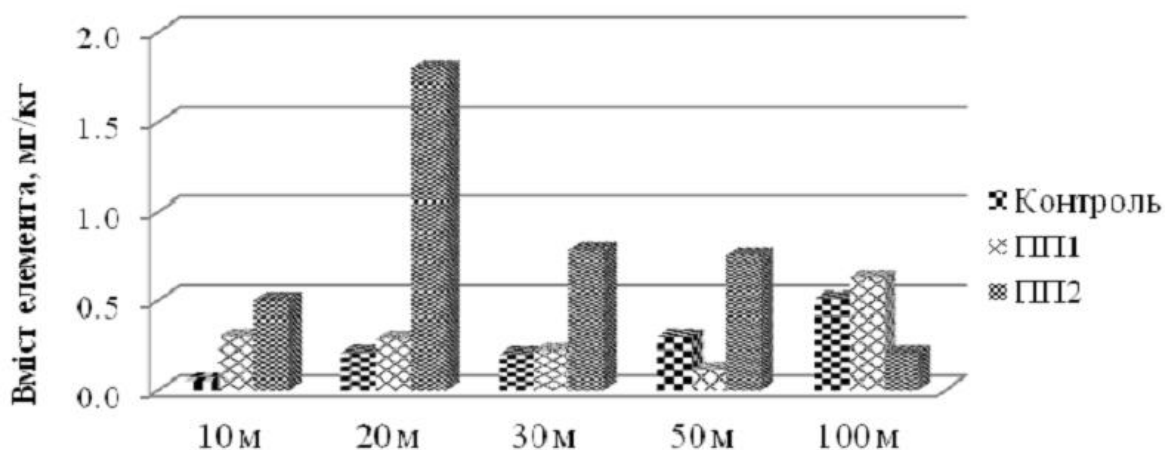


Рисунок 3.4. Вміст рухомих сполук міді у досліджуваних зразках ґрунту в залежності від відстані до залізниці

Мідь – хімічний елемент, який належить до важких металів II класу небезпеки. Вміст рухомих форм Cu у ґрунтах захисних лісонасаджень призалізничних територій досягав максимального значення на відстані 20 м від залізничної колії на ПП №2 – 1,795 мг/кг, а на ПП №1 аж на відстані 100 м – 0,625 мг/кг. Мінімальну кількість міді виявлено на відстані 10 м від колійного полотна ПП №1 – 0,11 мг/кг (рис. 3.4).

Нікель – це токсичний хімічний елемент, особливо його розчинні сполуки, які допомагають в організм людини через питну воду. Нікель належить до

небезпечних важких металів II класу. Найвищий вміст нікелю, 2,72 мг/кг, було виявлено за 100 метрів від колії електростанції № 2; найвищий вміст нікелю, 2,56 мг/кг, виявлено за 30 метрів від колії електростанції № 1. Найнижчий вміст нікелю, виявлено за 20 метрів від колії електростанції № 2 – 1,035 мг/кг (Рисунок 3.5).

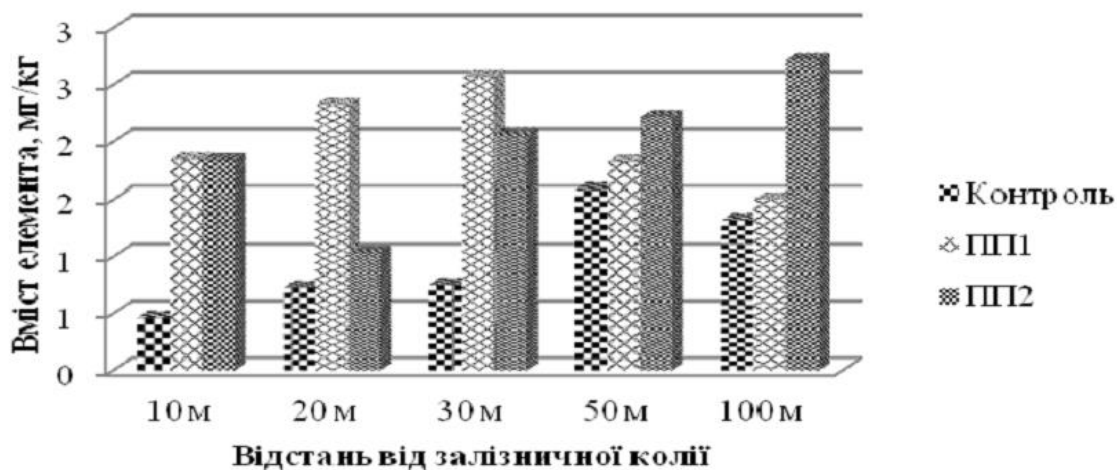


Рисунок 3.5. Вміст рухомих сполук нікелю у досліджуваних зразках ґрунту в залежності від відстані до залізниці

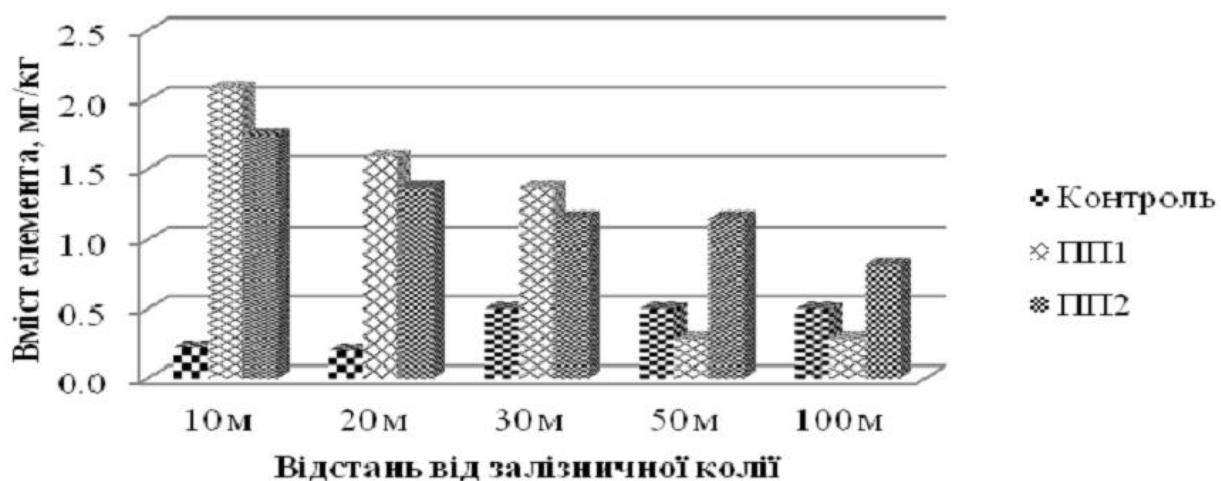


Рисунок 3.6. Вміст рухомих сполук Кобальту у досліджуваних зразках ґрунту в залежності від відстані до залізниці

Кобальт – це хімічний елемент, який відно ситься до II класу небезпеки. Його пил токсич ний. Також кобальт входить до складу жароміц них, затверділих корозієстійких сплавів (рис. 3.6). У ґрунтах на ПП №1 найвищий вміст кобальту досягав 2,085 мг/кг на відстані 10 м від залізничної колії, а найменший показник однаковий – на відста ні 50 і 100 м від магістралі кількість – 0,285 мг/кг.

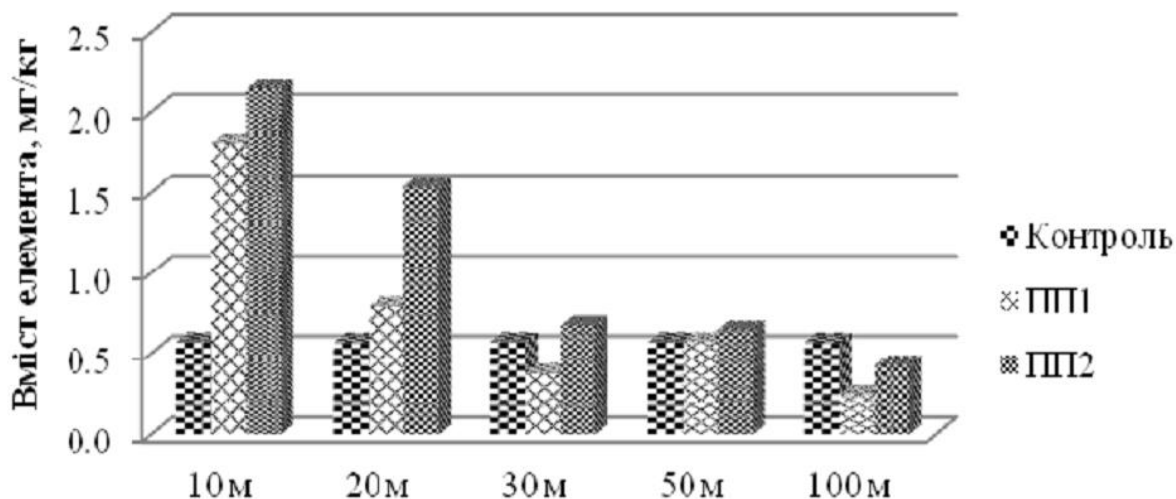


Рисунок 3.7. Вміст рухомих сполук хрому у досліджуваних зразках ґрунту в залежності від відстані до залізниці

Хром відноситься до II класу небезпеки. Його сполуки належать до групи найсильніших канцерогенних речовин. Аналізуючи розподіл рухомих форм хрому виявлено, що максимальний вміст у ґрунтах на відстані 10 м від залізничної колії ПП №2 і ПП №1 становить 2,15 мг/кг і 1,80 мг/кг відповідно, а мінімальну кількість виявлено на 100 м ПП №1 – 0,245 мг/кг (рис. 3.7).

Залізо є одним із найпоширеніших елементів у природі та класифікується як небезпечний елемент III групи.

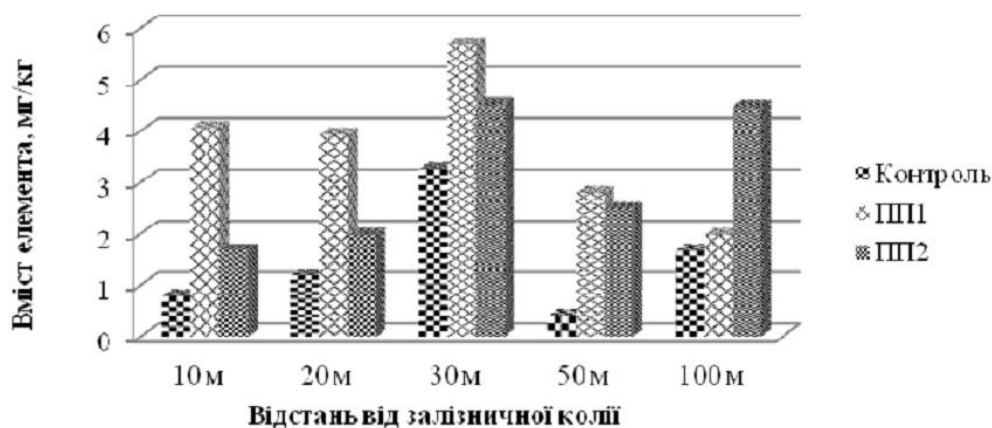


Рисунок 3.8. Вміст рухомих сполук заліза у досліджуваних зразках ґрунту в залежності від відстані до залізниці

Залізо існує в природі в трьох формах. найбільш шкідливим станом металу є іржа (Рисунок 8). Вміст рухомого заліза в обґрунтованості захисного лісу збільшився зі збільшенням відстані від залізниці, досягаючи свого максимального значення в обох тестових зонах: 5,68 мг/кг на відстані 30 метрів від тестової зони залізниці 1, та 4,52 мг/кг на відстані 2. Найнижчий вміст заліза був виявлений на відстані 10 метрів від тестової зони залізниці 2 – 1,665. мг/кг.

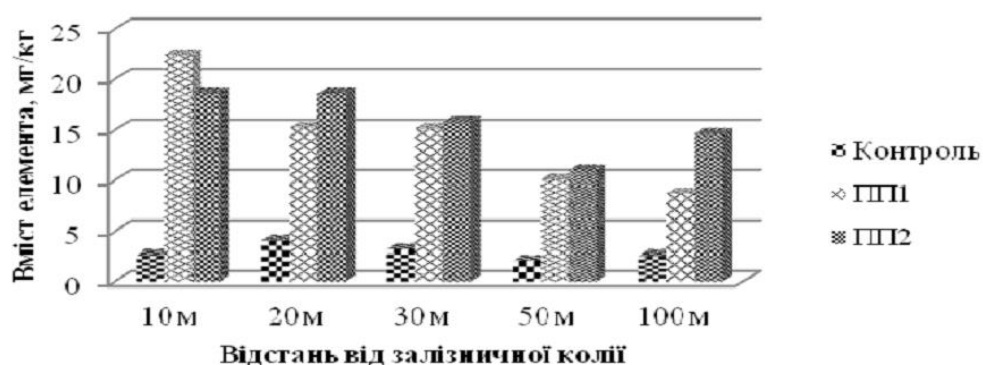


Рисунок 3.9. Вміст рухомих сполук марганцю у досліджуваних зразках ґрунту в залежності від відстані до залізниці

Марганець – це важкий метал, який відноситься до III класу небезпеки. Присутність марганцю понад норму шкідливо впливає на організм людини,

що виражається в руйнуванні центральної нервової системи (рис. 9). Найвищий вміст марганцю у ґрунтах на ПП №1 та ПП №2 досягав відповідно 22,41 та 18,615 мг/кг в 10 метрах від залізничної колії. А най меншу кількість – 8,73 мг/кг було встановлено на ПП №1 в 100 м від магістралі. Показники марганцю перевищують рівень ГДК (>3000 мг/кг) в 7 разів. Показники хімічного елементу відно ситься до небезпечного рівня забруднення ґрунтів третьої категорії, навіть на контрольній ділянці.

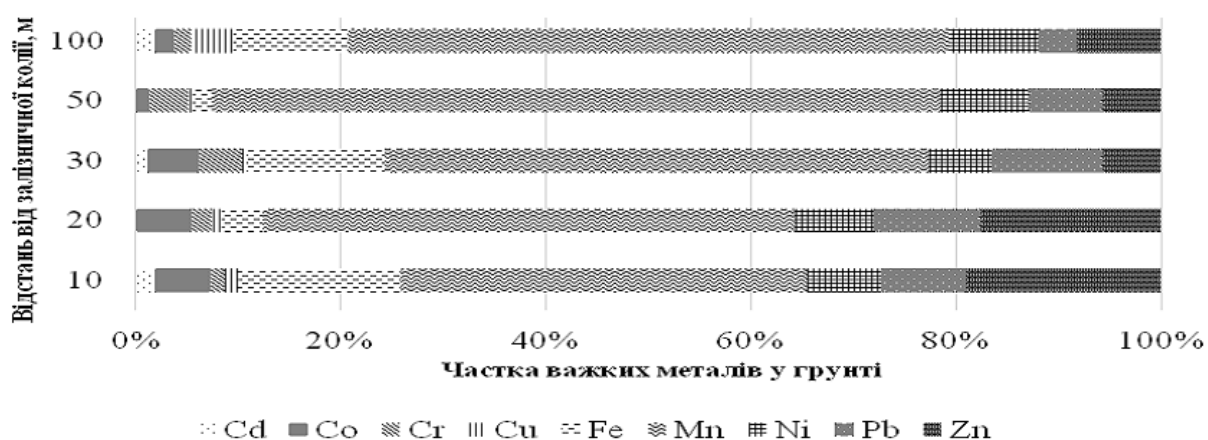


Рисунок 3.10. Вміст рухомих форм важких металів у досліджуваних зразках ґрунту в ПП1

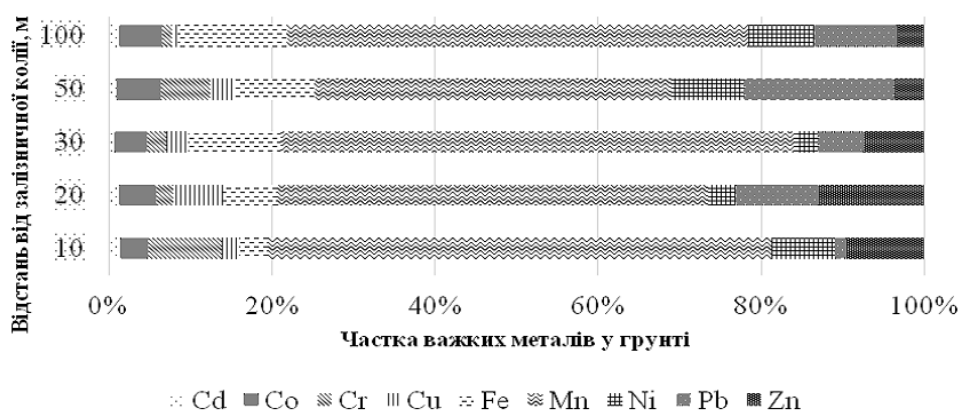


Рисунок 3.11. Вміст рухомих форм важких металів у досліджуваних зразках ґрунту в ПП1

На рис. 3.10 і 3.11 зображено частки всіх хімічних елементів у ґрунті приколіїних захисних насаджень за даними пробних площ. Проаналізувавши дані двох пробних площ, ми встановили, що частка Mn на них найбільша, яка в середньому становить 55 %, а цинк, свинець і залізо коливається близько 9 %, що в 6 разів менше вмісту марганцю. Решта важких металів (Cd, Cu, Co, Ni, Cr) займають незначні відсотки вмісту в ґрунті, які коливаються до 5 %.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ

Головним принципом визначення майбутнього екологічно орієнтованого розвитку залізничного транспорту є пріоритетність вимог екологічної безпеки та превентивного характеру заходів охорони навколишнього середовища, а не усунення наслідків порушення екологічного законодавства. Підприємства залізничного транспорту під час здійснення природоохоронних заходів повинні проводити довгострокові прогнози стану навколишнього середовища та екологічних та економічних вигод від заходів охорони навколишнього середовища.

Загалом, заходи охорони навколишнього середовища підприємств залізничного транспорту класифікуються за елементами біосфери (атмосфера, гідросфера, надра, ґрунт тощо) [17]. Вважаємо доцільним поглиблення та розширити систематизацію заходів охорони навколишнього середовища, класифікуючи їх на сім категорій за їх призначенням (рис. 4.1).

Вважаємо, що заходи, які будуть реалізовані в рамках запропонованої стратегії сталого розвитку навколишнього середовища залізничного транспорту, слід розділити на три категорії:

- ✓ еколого-організаційні;
- ✓ Еколого-економічні;
- ✓ Соціально-економічні.

Реалізація стратегії сталого розвитку залізничного транспорту повинна досягти таких результатів:

- ✓ Зменшення негативного впливу на навколишнє середовище;
- ✓ Підвищення інвестиційної привабливості залізничного транспорту (у сучасному світовому інвестиційному співтоваристві також стурбовано екологічними питаннями, як і економічними);
- ✓ Інтеграція в європейську транспортну систему та досягнення світових стандартів безпеки залізниці;

- ✓ підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту відповідно до інших видів транспорту;
- ✓ Підвищення економічної ефективності Української залізниці;
- ✓ Формування відповідного екологічного іміджу Української залізниці.

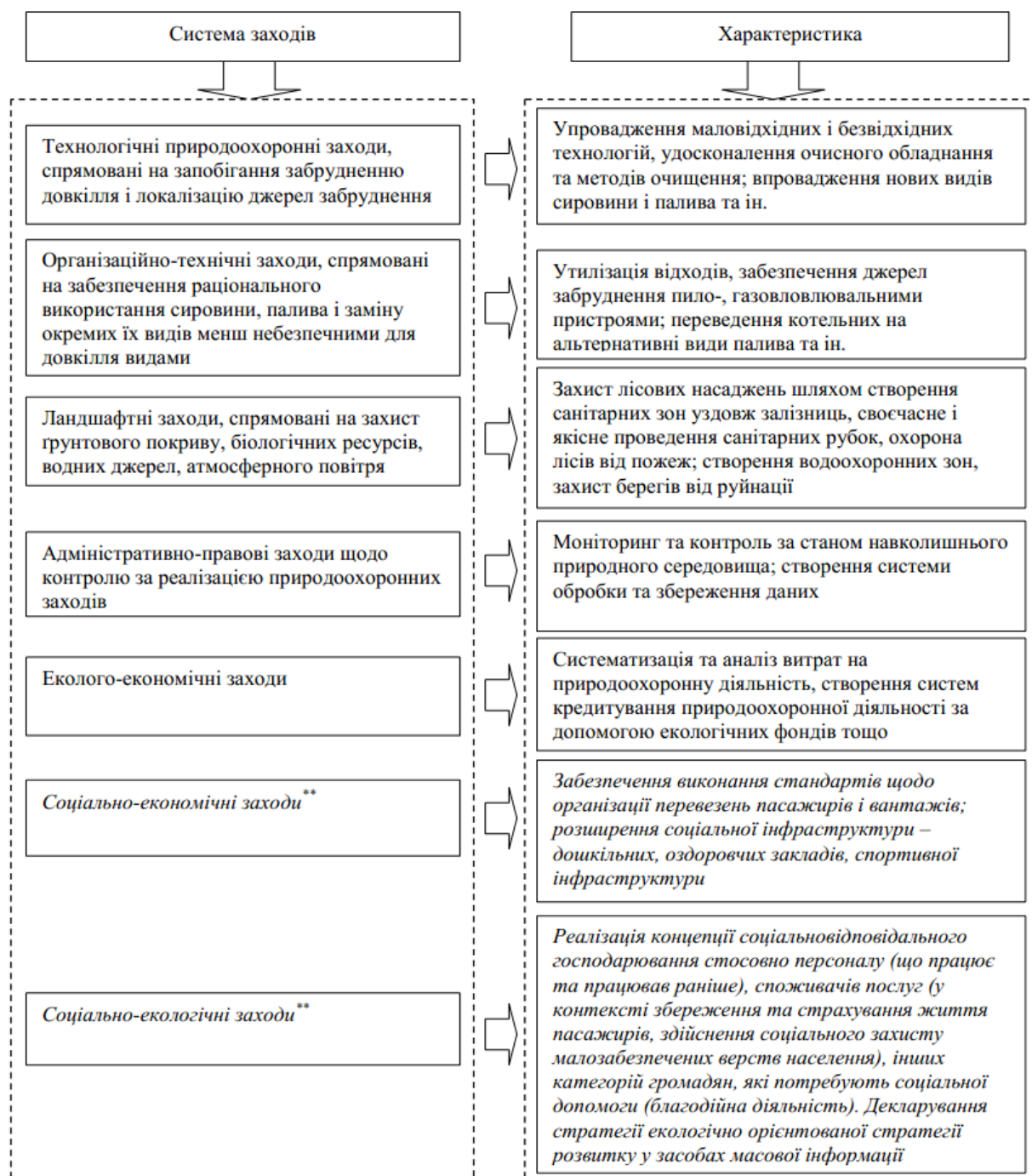


Рисунок 4.1 Систематизація природоохоронних заходів

На основі отриманих результатів розроблено комплекс природоохоронних заходів, спрямованих на зниження рівня техногенного навантаження на ґрунтовий покрив у зонах залізничного транспорту.

1. Інженерно-технічні заходи:

- облаштування **смуг-бар'єрів** із фітомеліоративних рослин (кущі ліщини, акації, бузини, тополі, верби) уздовж залізничних полотен;
- спорудження **водозахисних валів і фільтраційних каналів** для запобігання стоку забруднених вод у прилеглі землі;
- регулярне очищення колій від розлитих паливно-мастильних матеріалів і відходів.

2. Біотехнічні заходи:

- проведення **фітореMediaції** забруднених ділянок із використанням рослин-аккумуляторів важких металів (гірчак, щавель, конюшина, люцерна, соняшник);
- внесення **органомінеральних добрив та сорбентів** (торф, цеоліти, бентоніт, вапнякове борошно) для зниження рухомості поллютантів;
- відновлення рослинного покриву з використанням місцевих стійких видів трав.

3. Організаційно-екологічні заходи:

- запровадження **постійного моніторингу** стану ґрунтів уздовж залізничних колій;
- розробка **екологічних паспортів ділянок** з високим рівнем техногенного забруднення;
- проведення **екологічної експертизи** при проектуванні нових або реконструкції існуючих магістралей;
- організація **навчання персоналу** залізничного транспорту з питань екологічної безпеки.

Запропоновані заходи дозволять:

- зменшити надходження поллютантів у ґрунтовий покрив на **25–40%**;
- стабілізувати фізико-хімічні властивості ґрунтів;

- підвищити біологічну активність і здатність до самоочищення;
- знизити ризики вторинного забруднення поверхневих і підземних вод.

Реалізація комплексу природоохоронних заходів сприятиме підвищенню екологічної безпеки транспортних територій Закарпатської області та збереженню природного потенціалу земельних ресурсів регіону.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

Служба охорони, створена на підприємстві згідно з Законом України «Про охорону праці» для організації виконання правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на запобігання нещасних випадкам, професійним захворюванням і аваріям в процесі праці [11,15].

Служба охорони праці входить до структури підприємства, як одна з основних виробничо-технічних служб.

Вона комплектується спеціалістами, які мають вищу освіту та стаж роботи за профілем виробництва не менше 3 років. Особи з середньою спеціальною освітою приймаються в службу праці у виняткових випадках.

Перевірка знань з питань охорони праці працівників служби охорони праці проводиться в установленому порядку до початку виконання ними своїх функціональних обов'язків та періодично, один раз на три роки.

Управління охороною праці це сукупність дій посадових осіб, що здійснюються на підставі постійного аналізу інформації про стан охорони праці на усіх робочих місцях в усіх структурних підрозділах підприємства для поліпшення цього стану, або підтримання його на певному рівні, відповідно до встановлених вимог. У підготовці, прийнятті і реалізації управлінських рішень беруть участь всі посадові особи: керівник підприємства, заступники керівника підприємства, керівники структурних підрозділів та дільниць підприємства, служба охорони праці. Управління охороною праці вводиться для того, щоб надати охороні праці комплексності і плановості з метою докорінного поліпшення роботи щодо запобігання виробничого травматизму, професійним захворюванням, пожежам, аваріям, дорожно-транспортним пригодам тощо. В системі управління охороною праці реалізуються наступні функції: організація і координація роботи з охорони праці, планування роботи, контроль за станом охорони праці, облік і аналіз показників стану охорони праці.

Загальне керівництво і відповідальність за стан охорони праці покладається на керівника підприємства. Керівники структурних підрозділів та дільниць підприємства несуть відповідальність за безпечну організацію виконання робіт, експлуатацію обладнання, машин, механізмів, створення нормальних санітарно-гігієнічних умов праці у підпорядкованих підрозділах. Вони повинні забезпечити дотримання всіма працівниками правил, інструкцій з охорони праці, проведення встановлених видів інструктажів та практичного навчання безпечним методам праці. Кожна посадова особа повинна бути ознайомлена з посадовою інструкцією, у якій визначені її права та обов'язки з охорони праці.

Всі працівники, які щойно прийняті на роботу (постійно або тимчасово) незалежно від їх освіти, стажу роботи за цією професією; працівники, які знаходяться у відрядженні на підприємстві і беруть безпосередню участь у виробничому процесі, водії транспортних засобів, які вперше заїжджають на територію підприємства; учні та студенти, які прибули на підприємство для проходження практики - обов'язково повинні пройти вступний інструктаж з питань охорони праці в кабінеті охорони праці.

Первинний інструктаж проводиться на робочому місці до початку роботи з:

- працівником, новоприйнятим (постійно чи тимчасово) на підприємство;
- працівником, який переводиться з однієї дільниці виробництва на іншу;
- працівником, який буде виконувати нову для нього роботу;
- відрядженим працівником, який бере безпосередню участь у виробничому процесі на підприємстві;
- студентом, учнем, який прибув на виробничу практику.

Первинний інструктаж проводиться індивідуально або з групою осіб спільного фаху за програмою, складеною з урахуванням вимог відповідних інструкцій з охорони праці для працівників, інших нормативних актів про охорону праці, технологічної документації.

Після первинного інструктажу начальник зміни обов'язково призначає стажування працівникам під керівництвом досвідчених осіб протягом 2-15 змін з записом в журналі.

Повторний інструктаж проводиться на робочому місці з усіма працівниками: на роботах з підвищеною небезпекою - 1 раз в квартал, на інших роботах – 1 раз на півріччя.

До роботи потрібно приступайте у спецодязі, упевнившись, що він чистий, не має пошкоджень, елементів, що звисають, не прилягають. Волосся потрібно сховати під сітчасту шапочку.

Необхідно користуватися засобами індивідуального захисту (респіраторами, берушами, окулярами, рукавицями) там, де це вимагається.

Бути обачним на сходах, пам'ятайте, що сходинки можуть бути слизькими. Спускаючись сходами, необхідно триматись за поруччя. Носити безпечне взуття на неслизкій підошві. Перевірити стан взуття та постійно очищати його від бруду, жирів.

Перед тим, як приступити до роботи, потрібно перевірити робоче місце та справність робочого інструменту.

Працювати дозволяється тільки справним інструментом і на справному обладнанні. Всі обертові частини обладнання (зубчасті колеса, шків, ремінні та ланцюгові передачі) повинні мати міцно укріплені захисні огороження.

Перед тим, як включити машину чи агрегат, необхідно впевнитись у наявності справного захисного огороження і запобіжних пристроїв, перевірити чи немає зайвих предметів, які заважають запуску і роботі машини, тільки після цього перевірити справність машини чи агрегату в режимі неробочого ходу.

Не торкатись електропроводів і струмоведучих частин електрообладнання і електроприладів. Необхідно впевнитись в наявності і справності захисного заземлення агрегату, машини, а при його відсутності негайно повідомити керівника підрозділу. Електропроводи і відкриті металеві струмоведучі частини повинні бути огорожені та ізольовані.

Всі роботи в електричних мережах, на розподільчих щитах, в електромережі різного роду струмоприймачів, а також з стаціонарними або переносними апаратами і електроінструментами повинні проводитись тільки особами, які пройшли навчання, перевірку знань “Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів” і не мають медичних протипоказань для роботи з електроустановками.

Неелектротехнічному персоналу заборонено проводити будь-які роботи в електроустановках, незалежно від їх розмірів і складності схеми. Забороняється працювати з ручним електроінструментом особам, які не пройшли спеціального навчання.

Заміну робочого інструменту, налагодження машин та механізмів, прибирання та чищення проводити тільки після їх зупинки. Не можна доторкатись до обертових частин обладнання, передавати або брати заготовки чи інші матеріали через обладнання під час його роботи.

Робоче місце необхідно утримувати в чистоті і порядку. Для робочого і вимірювального інструменту повинно бути відведене визначене місце. Вироби слід вкладати так, щоб вони не загороджували прохід не заважали роботі.

Нормалізація умов праці досягається зниженням рівнів небезпечних і шкідливих виробничих факторів до нормативних значень.

Забезпечення оптимальних режимів праці і відпочинку досягається:

- виявленням робочих місць з шкідливими умовами праці;
- дотриманням встановлених трудовим законодавством режиму праці і відпочинку;
- постійним контролем режиму праці і відпочинку осіб, що працюють у шкідливих умовах праці та жінок;
- організацією лікувально-профілактичного обслуговування працівників.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи проведено комплексне дослідження впливу транспортно-залізничних магістралей на стан прилеглих ґрунтів у межах Закарпатської області, визначено основні закономірності забруднення та запропоновано природоохоронні заходи для зниження техногенного навантаження.

1. На основі аналізу літературних джерел встановлено, що транспортна діяльність є одним із провідних чинників формування техногенного навантаження на компоненти навколишнього середовища. У приузбічних зонах залізниць відбувається накопичення важких металів, нафтопродуктів і поліциклічних сполук, що негативно впливають на фізико-хімічні та біологічні властивості ґрунтів.

2. Закарпатська область характеризується складними природно-географічними умовами, різноманітністю ґрунтового покриву та значною щільністю транспортних шляхів. Це зумовлює високу чутливість екосистем регіону до техногенного навантаження, зокрема у зонах інтенсивного залізничного руху.

3. Проведені польові та лабораторні дослідження показали, що рівень забруднення ґрунтів суттєво зростає у безпосередній близькості до колій. Максимальні концентрації важких металів (Pb, Zn, Cu, Cd) спостерігаються на відстані до 25 м від осі залізничного полотна. На цій відстані показники перевищують гранично допустимі концентрації у 1,5–3,5 рази.

4. Встановлено закономірне зниження рівня забруднення зі збільшенням відстані від колії. На ділянках понад 50 м концентрації більшості полютантів наближаються до фонових значень, що свідчить про локальний характер техногенного впливу.

5. Розроблено комплекс природоохоронних заходів, який включає інженерно-технічні, біотехнічні та організаційно-екологічні рішення: створення зелених захисних смуг, застосування фіторе mediaційних

технологій, використання сорбентів для зв'язування важких металів, удосконалення систем моніторингу стану ґрунтів і екологічну паспортизацію територій.

6. Реалізація запропонованих заходів дасть можливість знизити рівень забруднення ґрунтів важкими металами на 25–40%, покращити їх фізико-хімічні показники, відновити біологічну активність та підвищити екологічну безпеку транспортних територій Закарпатської області.

Літературні джерела

1. Бойченко С. В. Екологія транспорту : навч. посіб. Київ : Либідь, 2019. 312 с.
2. Дорогунцов С. І., Міщенко В. С. Техногенне навантаження на навколишнє середовище України : монографія. Київ : Наук. думка, 2018. 284с.
3. Шмандій В. М. Екологічна безпека транспортних систем : навч. посіб. Харків : ХНАДУ, 2020. 256 с.
4. Запольський А. К. Основи екології : підручник. Київ : Вища школа, 2017. 358 с.
5. Яцик А. В. Антропогенний вплив транспорту на довкілля. Екологія та природокористування. 2018. № 22. С. 45–52.
6. Ковальчук І. П. Ландшафтно-екологічні наслідки функціонування транспортних коридорів. Український географічний журнал. 2019. № 3. С. 32–41.
7. Гринчишин Н. М., Кузик А. Д., Пастухов П. В. Екологічна оцінка забруднення ґрунтів у зоні транспортних магістралей. Вісник Львівського національного університету. Серія географічна. 2022. Вип. 56. С. 118–126.
8. Малишев В. В. Забруднення ґрунтів важкими металами в зоні впливу залізничного транспорту. Вісник ХНАУ. 2020. № 1. С. 87–94.
9. Malawska M., Wilkomirski B. An analysis of soil and plant contamination with heavy metals in areas adjacent to railway lines. Water, Air, and Soil Pollution. 2001. Vol. 127. P. 281–295.
10. Werkenthin M., Kluge B., Wessolek G. Metals in European roadside soils and soil solution — A review. Environmental Pollution. 2014. Vol. 189. P. 98–110.
11. Liu H., Chen L., Ai Y. Heavy metal pollution characteristics of soils along railway lines. Science of the Total Environment. 2020. Vol. 748. 141251.
12. Zhang X., Yang L., Li Y. Traffic-related soil pollution and ecological risk assessment. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2019. Vol. 170. P. 631–639.

13. Burrough P. A., McDonnell R. A. Principles of Geographical Information Systems. Oxford : Oxford University Press, 2015. 432 p.
14. European Environment Agency. Transport and environment report 2022. Copenhagen : EEA, 2022. 96 p.
15. World Health Organization. Health effects of transport-related pollution. Geneva : WHO, 2021. 88 p.
16. United Nations Environment Programme. Pollution from transport corridors. Nairobi : UNEP, 2020. 74 p.
17. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII. Дата оновлення: 2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення: 22.12.2025).
18. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с.
19. ДСП 201-97. Державні санітарні правила охорони ґрунтів. Київ : МОЗ України, 1998. 28 с.
20. Методика оцінки екологічного ризику забруднення ґрунтів. Київ : Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2021. 42 с.