

**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

«_____» _____ 2025 р.

Зав. кафедри _____

(підпис)

к.б.н., доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему **«Екологічна оцінка забруднення важкими металами ґрунтів,
прилеглих до головних автомагістралей Львівської області та їх
контроль»**

Виконав студент групи Еко-61

спеціальності 101 «Екологія»

Артем`як Сергій Ігорович

Керівник Андрій ДИДІВ

Консультант Лариса ГОРДІЙЧУК

Дубляни 2025

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри _____
(підпис)

к. б. н., доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ
наук. ступ., вч. зв. (ім'я та прізвище)

« » 2024 р.

1. Тема роботи: «Екологічна оцінка забруднення важкими металами ґрунтів, прилеглих до головних автомагістралей Львівської області та їх контроль»

Затверджена наказом по університету від 31.12.2024р. № 906/к-с

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 02 грудня 2025 року

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи

Теоретичні відомості, екологічні звіти, зразки ґрунту, технічні характеристики лабораторного обладнання, методики виконання лабораторних досліджень, мапи автодоріг, літературні джерела.

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які необхідно розробити)

Вступ

1. Огляд літератури

1.1. Розповсюдження важких металів в навколишньому середовищі

1.2. Екологічні аспекти трансформації та накопичення важких металів у ґрунтах

1.3. Транспортна інфраструктура Львівської області як чинник антропогенного навантаження на довкілля

2. Об'єкт та методи дослідження

2.1. Загальні відомості про об'єкт і предмет дослідження

2.2. Організація та методичне забезпечення польових і лабораторних досліджень

3. Результати досліджень

3.1. Екологічна оцінка рівня забруднення ґрунтового покриву важкими металами в придорожній зоні автомобільної траси Львів – Рава-Руська

3.2. Екологічна оцінка рівня забруднення ґрунтового покриву важкими металами в зоні впливу автомобільної траси Львів – Броди

3.3. Екологічна оцінка рівня забруднення ґрунтового покриву важкими металами в межах придорожніх територій автомобільної траси Львів – Стрий

3.4. Екологічна оцінка рівня забруднення ґрунтового покриву важкими металами вздовж автомобільної траси Львів – Краковець

4. Охорона праці та захист населення в надзвичайних ситуаціях

4.1. Аналіз стану охорони праці в транспортно-дорожнього комплексі

4.2. Правила техніки безпеки при автоперевезенні

4.3. Захист населення в умовах надзвичайних ситуацій

Зробити висновки за результатами проведених досліджень

Сформуувати список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (подається конкретний перерахунок аркушів з вказуванням їх кількості) схеми, рисунки, світлини 17 рисунків

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3	Дидів А. І., доцент кафедри екології			
4	Гордійчук Л. М., доцент кафедри інженерної механіки			

7. Дата видачі завдання 14 жовтня 2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Написання вступу та розділу «Огляд літератури»	14.10.24-31.03.25	
2	Написання розділу «Об'єкт, умови та методи дослідження»	01.04.25-31.05.24	
3	Написання розділу «Результати досліджень»	01.06.25-30.09.25	
4	Написання розділу «Охорона праці та захист населення в надзвичайних ситуаціях», формулювання висновків за результатами досліджень, укладання списку літератури	01.10.25-02.12.25	

Студент Сергій АРТЕМ'ЯК
(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи Андрій ДИДІВ
(підпис)

УДК 504.054:631.41:546.3(477.83)

Екологічна оцінка забруднення важкими металами ґрунтів, прилеглих до головних автомагістралей Львівської області та їх контроль. Артем'як С. І. – Кваліфікаційна робота. Кафедра екології та захисту довкілля. – Дубляни, Львівський НУВМБ ім. С. З. Гжицького, 2025.

63 с. текст. част., 6 табл., 17 рис., 45 джерел.

Кваліфікаційна робота присвячена комплексному дослідженню закономірностей формування та поширення забруднення ґрунтів важкими металами на притрасових територіях Львівської області під впливом викидів автомобільного транспорту. У межах дослідження проаналізовано екологічний стан ґрунтового покриву, визначено рівні акумуляції рухомих форм важких металів та обґрунтовано заходи щодо захисту ґрунтів і підвищення їх родючості.

Метою кваліфікаційної роботи було проведення екологічної оцінки вмісту та просторового розподілу важких металів у ґрунтах, прилеглих до основних автомобільних трас міжнародного значення, що проходять територією Львівської області, з урахуванням інтенсивності транспортного навантаження та природно-географічних умов регіону.

На основі отриманих експериментальних даних здійснено екологічну оцінку інтенсивності забруднення ґрунтів рухомими формами важких металів у межах притрасових зон головних міжнародних автошляхів Львівщини, визначено потенційні екологічні ризики для агроландшафтів і суміжних територій.

Практична цінність сформульованих у роботі висновків і рекомендацій полягає в можливості їх використання як науково-методичної основи для обґрунтування ефективних заходів з детоксикації та рекультивації ґрунтів, забруднених важкими металами, а також для підвищення екологічної безпеки та родючості ґрунтів, що залучені до сільськогосподарського виробництва.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
Розділ 1. ВАЖКІ МЕТАЛИ ЯК ЧИННИК АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ.....	9
1.1. Розповсюдження важких металів в навколишньому середовищі.....	9
1.2. Екологічні аспекти трансформації та накопичення важких металів у ґрунтах.....	13
1.3. Транспортна інфраструктура Львівської області як чинник антропогенного навантаження на довкілля.....	19
Розділ 2. ОБ’ЄКТ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	23
2.1. Загальні відомості про об’єкт і предмет дослідження.....	23
2.2. Організація та методичне забезпечення польових і лабораторних досліджень.....	24
Розділ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ В ЗОНІ ВПЛИВУ ОСНОВНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ МАГІСТРАЛЕЙ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	30
3.1. Екологічна оцінка рівня забруднення ґрунтового покриву важкими металами в придорожній зоні автомобільної траси Львів – Рава-Руська.....	30
3.2. Екологічна оцінка рівня забруднення ґрунтового покриву важкими металами в зоні впливу автомобільної траси Львів – Броди.....	35
3.3. Екологічна оцінка рівня забруднення ґрунтового покриву важкими металами в межах придорожніх територій автомобільної траси Львів – Стрий.....	39
3.4. Екологічна оцінка рівня забруднення ґрунтового покриву важкими металами вздовж автомобільної траси Львів – Краковець.....	43
3.5. Комплекс природоохоронних заходів, спрямованих на збереження та відновлення родючості ґрунтів.....	47

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ В

НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	52
4.1. Аналіз стану охорони праці в транспортно-дорожнього комплексі.....	52
4.2. Правила техніки безпеки при автоперевезенні.....	53
4.3. Захист населення в умовах надзвичайних ситуацій.....	55
Висновки.....	58
Список використаних джерел.....	60

ВСТУП

Актуальність проблеми. Упродовж останніх років посилюється антропогенне навантаження на довкілля автотранспортом, що спричиняє постійному надходженні в навколишнє середовище хімічних речовин, серед яких особливу небезпеку становлять важкі метали (ВМ) та їхні сполуки. Акумуляція ВМ у ґрунтах відбувається як унаслідок природних, так і техногенних процесів, зокрема викидів транспорту, корозії та зношування металевих конструкцій.

На сучасному етапі проблема забруднення агробіоценозів важкими металами набуває особливої актуальності, що зумовлено розміщенням значної частини сільськогосподарських угідь України в безпосередній близькості до магістральних автомобільних шляхів. Особливу екологічну небезпеку становлять рухомі (біодоступні) форми важких металів у ґрунті (Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{6+} , Hg^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} та ін.), які визначають рівень токсичності й доступності для рослинної продукції, а в подальшому — потенційні ризики для здоров'я людини.

Львівська область характеризується розвиненою та густою мережею автомобільних шляхів різного функціонального призначення, що проходять її територією. У безпосередній близькості до транспортних магістралей розміщені значні площі земель сільськогосподарського призначення, на яких вирощують широкий спектр сільськогосподарських культур і здійснюється тваринницька діяльність. У зв'язку з цим забруднення ґрунтів, прилеглих до автомобільних доріг, викликає підвищену тривогу, оскільки накопичення важких металів може призводити до погіршення стану ґрунтового покриву, зниження екологічної безпеки агроландшафтів і потенційної непридатності таких територій для безпечного використання у сільськогосподарському виробництві.

Метою кваліфікаційної роботи було здійснення екологічної оцінки вмісту важких металів у ґрунтах, розташованих у зоні впливу основних автомобільних магістралей міжнародного значення, що проходять територією Львівської області. Для реалізації поставленої мети в роботі було передбачено виконання таких завдань:

1. проаналізувати особливості забруднення компонентів навколишнього

середовища важкими металами та їхній вплив на ґрунтовий покрив;

2. охарактеризувати сучасний стан транспортної інфраструктури Львівської області та оцінити її вплив на довкілля;

3. визначити рівні забруднення ґрунтів рухомими формами важких металів у приавтотрасових зонах Львівщини;

4. надати екологічну оцінку придатності досліджуваних ландшафтів для використання у сільськогосподарському виробництві;

5. розробити комплекс заходів, спрямованих на охорону та захист ґрунтів, підвищення їх родючості й зменшення негативного впливу автотранспортного забруднення на прилеглі до автомобільних трас території.

Об'єктом дослідження є прилеглі ландшафти Львівської області, розташовані в зоні впливу основних автомобільних доріг міжнародного значення, що зазнають підвищеного антропогенного навантаження з боку транспортної інфраструктури.

Предметом дослідження є процеси трансформації та накопичення важких металів у ґрунтах, розташованих у безпосередній близькості до автомобільних магістралей, що переважно зумовлені викидами автотранспортних засобів.

Методи дослідження. При проведенні дослідження використовували польові методи досліджень, які передбачали відбір зразків ґрунту з територій прилеглих автотрас для хімічних аналізів. Лабораторні методи досліджень передбачали визначення концентрації рухомих форм кадмію, свинцю та хрому у ґрунті методом атомно-адсорбційної спектрофотометрії.

Інформаційну базу дослідження складають монографії та науково-аналітичні статті вітчизняних та іноземних авторів; звітні та статистичні дані, надані у вільний доступ Львівським центром "Облдержродючість", Державною установою «Інститут охорони ґрунтів України», Департаментом екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації тощо.

Структура роботи. Логіка дослідження зумовила структуру кваліфікаційної роботи: вступ, 4 розділи, висновки, список використаних джерел із 45 найменувань. Загальний обсяг роботи складає 63 сторінки.

Розділ 1

ВАЖКІ МЕТАЛИ ЯК ЧИННИК АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Розповсюдження важких металів в навколишньому середовищі

На сучасному етапі антропогенний вплив на природне середовище досяг такого рівня інтенсивності, що зумовлює істотні, а подекуди й незворотні зміни в усіх компонентах біосфери. Унаслідок цього порушуються природні цикли кругообігу речовин і енергії, які є основою динамічної рівноваги та екологічної стійкості біосфери. Загострення сучасних екологічних проблем актуалізує низку ключових питань, пов'язаних із якістю атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтового покриву та безпечністю харчової продукції [9, 25].

Посилення антропогенного впливу на біосферу зумовлює інтенсивні процеси деградації як природних, так і штучно сформованих урбо- та агроєкосистем. Ці природно-антропогенні екологічні системи зазнають значного екологічного тиску внаслідок функціонування в умовах несприятливого та трансформованого середовища [7].

Упродовж останніх років спостерігається посилення антропогенного навантаження на навколишнє середовище, зумовлене функціонуванням і розвитком різних галузей промисловості, зокрема нафтопереробної, хімічної, чорної та кольорової металургії, виробництва цементу, а також діяльністю комунальних і промислових підприємств, електростанцій, об'єктів штучного волокна, процесами спалювання палива, викидами стічних вод і транспортом. Унаслідок цього відбувається безперервне надходження в довкілля значної кількості хімічних речовин аерогенним, гідрогенним і агрогенним шляхами, серед яких до пріоритетних супертоксикантів належать важкі метали та їхні сполуки.

Забруднення ґрунтового покриву важкими металами є процесом кумулятивного накопичення поллютантів, що має як регіональний, так і глобальний масштаби. Акумуляція в ґрунтах кадмію, свинцю, ртуті, хрому,

міді та інших важких металів відбувається різними шляхами — як природного, так і техногенного походження. Антропогенне надходження важких металів у компоненти довкілля зумовлюється процесами зношування і тертя металевих конструкцій, корозійними явищами, викидами двигунів внутрішнього згоряння, а також емісіями підприємств хімічної промисловості.

Важкі метали швидко мігрують по харчових трофічних ланцюгах у системі “повітря-грунт-вода-рослина-тварина-людина”. Можливі такі схеми надходження ВМ: грунт → рослина → людина; повітря → людина; вода → рослина → тварина → людина та ін. (рис. 1.1).

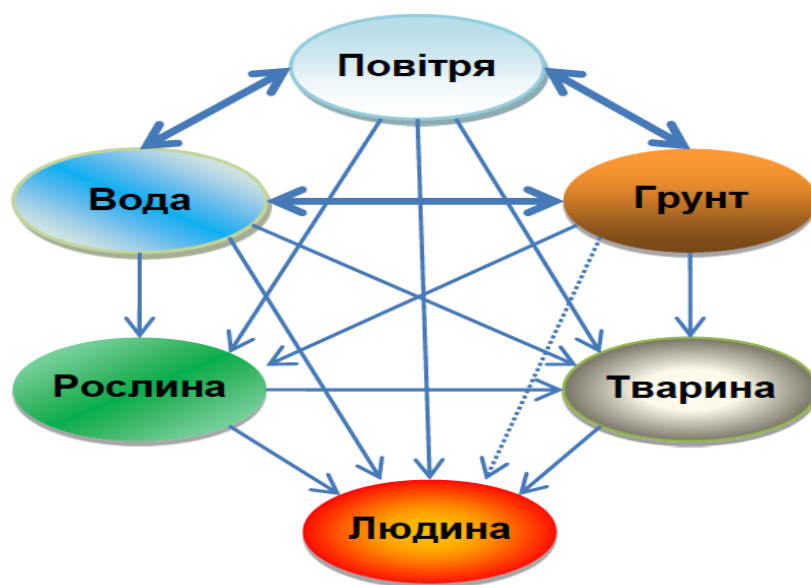


Рис. 1.1. Шляхи надходження важких металів до організму людини

Крім того, важкі метали, які розглядаються як одні з найбільш небезпечних забруднювачів довкілля та характеризуються високою токсичністю, у тому числі канцерогенною й мутагенною дією [14]. На відміну від багатьох інших хімічних елементів, важкі метали характеризуються здатністю до інтенсивної акумуляції в живих організмах, порушують перебіг метаболічних процесів, активно залучаються до біогеохімічних циклів та зумовлюють деградацію й порушення функціонування природних екосистем [19].

У науковій термінології під важкими металами розуміють групу

хімічних елементів, концентрація яких у природних компонентах довкілля, як правило, не перевищує 0,01 %. До цієї групи відносять понад 40 елементів, що характеризуються підвищеною щільністю (понад 5 г/см³) та відносно великою атомною масою — більше 50 атомних одиниць.

Серед найбільш поширених і екологічно значущих важких металів виділяють кадмій (Cd), ртуть (Hg), свинець (Pb), ванадій (V), хром (Cr), марганець (Mn), кобальт (Co), нікель (Ni), мідь (Cu), цинк (Zn), молібден (Mo), олово (Sn), вісмут (Bi), а також низку рідкоземельних і розсіяних елементів, які здатні накопичуватися в компонентах екосистем і чинити токсичний вплив [43].

У наукових джерелах до групи важких металів нерідко зараховують також окремі елементи неметалічної природи, а в окремих випадках — елементи з атомною масою меншою за 50 атомних одиниць. Значна частина важких металів належить до мікроелементів, які є необхідними та незамінними складовими біокаталізаторів і біорегуляторів ключових фізіологічних процесів, входять до складу окремих білкових комплексів (ферментів) або активують їх функціональну активність і, відповідно, є життєво необхідними для живих організмів за умови надходження в надзвичайно малих кількостях. Водночас підвищені концентрації важких металів у різних компонентах біосфери зумовлюють пригнічувальну, а в ряді випадків — виражену токсичну дію на біоту [11].

Водночас численні мікроелементи, у тому числі життєво необхідні для функціонування живих організмів, за умов накопичення в аномально високих концентраціях проявляють токсичну дію на рослинні, тваринні організми та людину, що підкреслює визначальну роль як рівня їх умісту в ґрунті, так і хімічних форм сполук.

Згідно з ДСТУ 7875:2015 «Охорона ґрунтів. Екологічне нормування антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив. Основні положення» [42], важкі метали за ступенем небезпечності для живих організмів поділяють на три класи (табл. 1.1.)

Таблиця 1.1. – Класи небезпечності забруднюючих речовин

№ класу	Назва класу	Елемент
I	Високо небезпечні	Hg, Cd, Pb, Zn, As, Se, F
II	Помірно небезпечні	Cu, Co, Ni, Mo, Cr, B, Sb
III	Мало небезпечні	V, W, Mn, Sr, Ba

Серед групи важких металів особливу екологічну небезпеку становлять кадмій (Cd), свинець (Pb) та хром (Cr), які відносять до пріоритетних супертоксикантів, саме тому за рівнем небезпечності належать до першого та другого класів [3, 11].

Токсична дія кадмію, свинцю та хрому щодо біологічних об'єктів зумовлюється їх високою здатністю до акумуляції в тканинах живих організмів, а також комплементарною взаємодією з біологічними рецепторами та функціонально важливими макромолекулами клітин. Зазначені властивості передусім визначаються фізико-хімічними характеристиками важких металів, зокрема валентним станом, іонною формою, розчинністю та здатністю утворювати стійкі комплекси, що обумовлює їх токсичність для широкого спектра реципієнтів [37, 43].

Важкі метали характеризуються високою мобільністю в довкіллі та здатністю до швидкої міграції вздовж трофічних ланцюгів у системі «повітря – ґрунт – вода – рослина – тварина – людина», що зумовлює їх біоаккумуляцію та біомагніфікацію на вищих трофічних рівнях [12].

Джерела емісії важких металів і шляхи їх надходження в навколишнє середовище мають як антропогенне, так і природне походження [7, 25]. До природних джерел належать процеси вивітрювання гірських порід і мінералів, ерозія ґрунтів, вулканічна діяльність, дим лісових пожеж, морські аерозолі та метеоритний пил, які формують фонові концентрації важких металів у природних екосистемах [43].

Серед антропогенних джерел надходження важких металів у навколишнє середовище провідну роль відіграє діяльність підприємств

хімічної та гірничодобувної промисловості, а також викиди диму й пилю підприємств чорної та кольорової металургії. Значний внесок у формування техногенного навантаження здійснюють теплові електростанції, цементні та скловарні заводи, лакофарбова промисловість, а також автотранспорт, який є одним із основних джерел забруднення приавтотрасних територій. Важливими шляхами надходження важких металів є комунальні та промислові відходи, стічні води міських каналізаційних систем і тваринницьких комплексів, а також виробництво гальванічних елементів і акумуляторів. Крім того, застосування та виготовлення мінеральних добрив, пестицидів і інших хімічних препаратів сприяє накопиченню важких металів у ґрунтовому покриві й водних об'єктах, що зумовлює тривале техногенне забруднення екосистем [11, 15, 43].

1.2. Екологічні аспекти трансформації та накопичення важких металів у ґрунтах

Усі основні цикли міграції важких металів у біосфері, зокрема водний, атмосферний і біологічний, мають ґрунт як початкову та ключову ланку. Саме ґрунтовий покрив виступає провідним акумулятором і регулятором їх просторового перерозподілу, де відбуваються процеси мобілізації, трансформації та формування різних міграційно активних і біодоступних форм важких металів. Фізико-хімічні властивості ґрунту — гранулометричний склад, реакція середовища, вміст органічної речовини та сорбційна здатність — значною мірою визначають інтенсивність міграції металів і їх подальше залучення до біогеохімічних циклів [3, 9].

Переважає більшість важких металів, що потрапляють на поверхню ґрунту, утримуються в його верхніх гумусових горизонтах, де вони активно взаємодіють із різними компонентами ґрунтової матриці. Важкі метали сорбуються на поверхні ґрунтових часток, зв'язуються з органічною речовиною ґрунту, утворюючи комплекси з гумусовими кислотами, а також акумулюються у гідроксидах заліза і алюмінію, що присутні в ґрунтах. Окрім того, вони

можуть входити до складу кристалічних решіток глинистих мінералів, де зазвичай знаходяться у вигляді стабільних інтеркаляційних сполук. Частина важких металів перебуває в розчинному стані у ґрунтовій воді, де вони можуть бути легко доступними для рослин. Інші метали можуть існувати у газоподібній формі в ґрунтовому повітрі, утворюючи летючі сполуки, що здатні переміщуватися в атмосферу. Крім того, важкі метали є важливою складовою частиною ґрунтової біоти, де вони можуть накопичуватися в організмах, що активно взаємодіють з ґрунтовим середовищем [19].

У екології зазвичай виділяють чотири основні форми знаходження важких металів у ґрунті, кожна з яких має різний ступінь біодоступності та токсичності. До них відносяться: нерозчинні форми, що входять до складу ґрунтових мінералів і мають обмежену біологічну доступність; обмінні форми, які перебувають у динамічній рівновазі з іонами відповідного металу в ґрунтовому розчині, що визначає їх здатність до мобілізації в результаті змін рН або інших факторів; рухомі форми, що відображають ступінь доступності важких металів для кореневої системи рослин та їх здатність переходити в біологічно доступну форму; розчинні форми, які перебувають у ґрунтовому розчині та можуть бути безпосередньо засвоєні рослинами або іншими організмами. На практиці найчастіше визначають рухомі та валові форми важких металів у ґрунті, оскільки саме ці форми є найбільш біодоступними та мають найбільший вплив на рослинний та тваринний світ. З огляду на це, найбільш небезпечними для екосистем є рухомі форми важких металів, оскільки вони можуть швидко потрапити в харчові ланцюги та накопичуватися в живих організмах [14].

Потенційна рухомість важких металів у природних системах визначається низкою фізико-хімічних чинників, серед яких провідну роль відіграє величина іонного потенціалу. З урахуванням цього показника важкі метали можна впорядкувати за ступенем їх міграційної здатності, розташувавши у відповідній послідовності, що відображає тенденцію до зростання або зменшення їх рухомості в ґрунтах та інших компонентах довкілля: $\text{Cu}^{1+}_{(1,02)} > \text{Pb}^{2+}_{(1,59)} >$

$\text{Hg}^{2+}_{(1,78)} > \text{Cd}^{2+}_{(2,02)} > \text{Zn}^{2+}_{(2,40)} > \text{Cu}^{2+}_{(2,50)} > \text{Co}^{2+}_{(2,56)} > \text{Ni}^{2+}_{(2,70)} > \text{Ni}^{3+} > \text{Co}^{3+}_{(4,68)} > \text{Pb}^{4+}_{(5,26)} > \text{Cr}^{6+}_{(17,14)}$ [43].

За наявними даними, в Україні понад 23 % орних земель різною мірою зазнають забруднення важкими металами [4, 14]. Ґрунтовий покрив при цьому виконує роль одного з найбільших природних біоаккумуляторів поллютантів, водночас виступаючи важливим природним буфером, який регулює процеси міграції хімічних елементів і їхніх сполук між основними компонентами довкілля — гідросферою, атмосферою та біотою [12]. Завдяки своїм фізико-хімічним властивостям ґрунти здатні тимчасово утримувати забруднювальні речовини, обмежуючи їх поширення, однак за умов перевищення буферної ємності вони можуть перетворюватися на вторинне джерело забруднення навколишнього середовища.

Ступінь негативного впливу важких металів на ґрунтовий покрив визначається як характеристиками самого забруднення, так і властивостями ґрунту. До параметрів забруднення належать особливості міграції важких металів, інтенсивність і тривалість їх надходження, хімічні форми сполук, термін експозиції, відстань від джерела емісії, а також гідрометеорологічні умови, зокрема кількість атмосферних опадів. Водночас істотну роль відіграють генетичні властивості ґрунтів, серед яких гранулометричний склад, вміст органічної речовини, насамперед гумусу, забезпеченість макро- та мікроелементами, окисно-відновні умови та рівень біологічної активності, що в сукупності визначають здатність ґрунту до акумуляції, трансформації та міграції важких металів [3, 11, 43].

Процеси акумуляції та трансформації важких металів у генетичних горизонтах ґрунтів зумовлюються комплексом взаємопов'язаних чинників, серед яких провідну роль відіграють реакція ґрунтового середовища, наявність карбонатів кальцію, вміст органічної речовини, а також оксидів і гідроксидів заліза та марганцю й іонів натрію [1]. Зокрема, катіони кадмію (Cd^{2+}) і свинцю (Pb^{2+}) характеризуються підвищеною рухомістю в кислих ґрунтах за значень $\text{pH} < 5,5$, тоді як у слабокислих і нейтральних ґрунтах із pH у межах 5,5–7,5 їх

міграційна здатність істотно знижується, що зумовлює переважну фіксацію цих елементів у ґрунтовому профілі [14].

Органічна речовина є одним із ключових структурно-функціональних компонентів ґрунту, що визначає рівень його родючості, сорбційні властивості та особливості перерозподілу хімічних елементів, зокрема кадмію і свинцю. Поведінка цих важких металів у ґрунтовому середовищі значною мірою зумовлюється вмістом і якісним складом органічної речовини. За даними численних досліджень, гумусні горизонти ґрунтів техногенно забруднених територій характеризуються підвищеним умістом важких металів, оскільки гумус виступає одним із найефективніших акумуляційних бар'єрів, здатних зв'язувати іони важких металів та обмежувати їх транслокацію в рослини [3, 12].

Однією з поширених форм сполук свинцю на техногенно забруднених ґрунтах, зокрема в приавтомагістральних зонах, є нітрат свинцю. Основним механізмом його фіксації в ґрунтовому середовищі виступає процес сорбції на поверхні ґрунтових часток. Проте за умов сильно кислого середовища (рН 2–3) значна частина глинистих мінералів ґрунту набуває негативного електричного заряду, внаслідок чого нітрат-іони (NO_3^-) практично не сорбуються, що зумовлює підвищену рухомість свинцю у складі нітратних і комплексних сполук. У результаті цього зростає ймовірність міграції свинцю в ґрунтовому профілі та його залучення до біогеохімічних процесів. Додатковим чинником підвищення рухомості сполук важких металів є кореневі виділення рослин, які містять органічні кислоти та хелатувальні сполуки, здатні активізувати процеси десорбції та переведення металів у біодоступні форми [36].

Результати численних стаціонарних досліджень свідчать, що в рослинній продукції, зокрема у вегетативній масі сільськогосподарських культур, нерідко фіксуються перевищення гранично допустимих концентрацій окремих важких металів, зокрема марганцю (Mn), нікелю (Ni), кобальту (Co) та хрому (Cr). Встановлено, що провідним чинником погіршення екологічної ситуації є

промислові викиди, частка яких становить близько 50 % загального техногенного навантаження. Водночас істотний внесок у забруднення довкілля робить і сільськогосподарська діяльність, частка якої оцінюється на рівні близько 25 %, що зумовлює додаткові ризики накопичення важких металів у продукції рослинництва та порушення екологічної безпеки агроєкосистем [10, 34, 43]. Акумуляція зазначених поллютантів у ґрунтовому покриві чинить негативний вплив на його родючість, фізико-хімічні властивості та мікробіологічну активність, що, у свою чергу, позначається на функціонуванні агроєкосистем.

Для визначення ступеня забруднення ґрунтів хімічними речовинами в Україні використовують вимоги ДСТУ 7875:2015 «Охорона ґрунтів. Екологічне нормування антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив. Основні положення» [42]. Відповідно до положень зазначеного стандарту, оцінювання забруднення ґрунтів здійснюється за уніфікованою схемою, що передбачає встановлення категорії забруднення, надання кількісної та якісної характеристики рівня антропогенного навантаження, визначення можливих напрямів подальшого використання території, а також обґрунтування комплексу природоохоронних і відновлювальних заходів (табл. 1.2).

Толерантність природних популяцій рослин до дії важких металів має переважно високоспецифічний характер і значною мірою зумовлена генетичними особливостями. У зв'язку з цим серед сільськогосподарських культур виділяють високотолерантні види, до яких належать озиме жито, райграс, рис, горох, соя та томати, а також низькотолерантні — овес, столовий буряк, пшениця та квасоля. Для зазначених груп культур характерні різні рівні накопичення важких металів у рослинних тканинах, а також неоднакова здатність до їх поглинання з ґрунту та фізіологічного протистояння токсичній дії забруднювачів. Крім того, толерантність до важких металів проявляється не лише на видовому, а й на сортовому рівні. Так, у межах одного виду — буряка столового — різні сорти здатні акумулювати кадмій у кількостях, що відрізняються більш ніж у два рази, що свідчить про наявність вираженої видової та сортової специфіки толерантності рослин до важких металів [44].

Таблиця 1.2. – Принципова схема оцінки ґрунтів сільськогосподарського використання, забруднених хімічними речовинами

Категорія забруднення ґрунтів	Характеристика забруднення	Можливе використання території	Запропоновані заходи
I. Допустима	Вміст хімічних речовин в ґрунті перевищує фонове, але не вище ГДК	Використання під будь-які культури	Зниження рівня впливу джерел забруднення ґрунту. Здійснення заходів по зниженні доступності токсикантів для рослин (Вапнування, внесення органічних добрив і т.п.).
II. Помірно небезпечна	Вміст хімічних речовин в ґрунті перевищує їх ГДК при лімітуючому загально-санітарному, міграційному водному і міграційному повітряному показниках шкідливості, але нижче допустимого рівня по транслокаційному показнику	Використання під будь-які культури за умови контролю якості сільськогосподарських рослин	Заходи, аналогічні для категорії I. При наявності речовин з лімітуючими міграційними водними або міграційними повітряними показниками проводиться контроль за вмістом цих речовин в зоні дихання с/г робітників та у воді місцевих водних джерел
III. Високо небезпечна	Вміст хімічних речовин в ґрунті перевищує їх ГДК при лімітуючому транслокаційному показнику шкідливості	Використання під технічні культури Використання під с/г культури обмежено з урахуванням рослин-концентраторів	1. Крім заходів, зазначених для категорії I, обов'язковий контроль за вмістом токсикантів в рослинах - продуктах харчування та кормах. 2. При необхідності вирощування рослин – продуктів харчування - рекомендується їх перемішування з продуктами, вирощеними на чистому ґрунті. 3. Обмеження у використанні зеленої маси на корм худобі з урахуванням рослин концентраторів
IV. Надзвичайно небезпечна	Вміст хімічних речовин перевищує ГДК в ґрунті за всіма показниками шкідливості	Використання під технічні культури або вилучення з сільськогосподарського використання. Лісозахисні смуги	Заходи щодо зниження рівня забруднення і зв'язування токсикантів в ґрунті. Контроль за вмістом токсикантів в зоні дихання с/г робітників та у воді місцевих водних джерел

Таким чином порогові концентрації хімічних елементів, за яких проявляється токсичний ефект, залежать від комплексу чинників, зокрема від виду рослин, морфологічних особливостей їх органів (листя, стебел, кореневої системи, зерна), метеорологічних умов вирощування, а також властивостей ґрунту. Визначено, що за вмісту цинку в ґрунті на рівні 11 мг/кг ріст і розвиток рослин кукурудзи не зазнавали істотного пригнічення, тоді як зниження врожайності пшениці спостерігалось вже за концентрації 7 мг/кг. Крім того, характерним є нерівномірний розподіл важких металів у різних органах рослин: за вмісту свинцю в зерні пшениці на рівні 0,5–0,6 мг/кг його концентрація у висівках виявлялася приблизно вдвічі вищою, що свідчить про селективну акумуляцію елементів у структурних компонентах рослинної продукції [1, 9].

Отже, процес надходження (транслокації) важких металів із ґрунту в рослинні організми значною мірою визначається концентраціями їх найбільш небезпечних рухомих і біодоступних форм (Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{6+} , Hg^{2+} , Ni^{2+} та ін.), а також біологічними особливостями самих рослин. Зазначені форми характеризуються високою токсичністю, негативно впливають на

функціонування ґрунтової біоти та ферментативну активність ґрунту, а також становлять серйозну екологічну загрозу для агробіоценозів.

У подальшому важкі метали здатні акумулюватися в рослинній продукції та передаватися трофічними ланцюгами до тварин і людини. Їх шкідливий вплив проявляється у порушенні функціонування агроєкосистем, спричиняючи кількісні й якісні зміни, що зумовлюють зниження врожайності та погіршення якості сільськогосподарської продукції, а в кінцевому підсумку — негативно відбиваються на стані здоров'я населення [6, 34].

1.3. Транспортна інфраструктура Львівської області як чинник антропогенного навантаження на довкілля

Серед областей Західного регіону України Львівська область вирізняється найвищим рівнем розвитку транспортної інфраструктури. (рис. 1.2.). Через її територію проходять важливі залізничні автомобільні, трубопровідні та електричні магістралі, що з'єднують Україну з країнами Центральної Європи. Головні автомагістралі: Львів – Рівне – Київ, Львів – Тернопіль – Вінниця – Київ, Львів – Івано-Франківськ – Чернівці, Львів – Ужгород [15, 22].

Львівська область займає площу 21,8 тис. км² і розташована на крайньому заході України. Територія області простягається приблизно на 210 км у напрямку із заходу на схід та на 240 км — з півночі на південь, що зумовлює її значну просторову протяжність і різноманітність природно-географічних умов. Вигідне географічне положення Львівської області визначається проходженням через її територію важливих міжнародних транспортних і комунікаційних коридорів, які забезпечують сполучення України з країнами Центральної та Східної Європи, зокрема Польщею, Словаччиною, Угорщиною та Румунією.

Область межує з Волинською, Рівненською, Тернопільською, Івано-Франківською та Закарпатською областями, а також із Республікою Польща. Державний кордон України з Республікою Польща в межах Львівської області

має протяжність 278,2 км, що підкреслює стратегічне значення регіону в системі міжнародних транспортних, економічних і прикордонних зв'язків.



Рис. 1.2. Карта мережі автомобільних доріг Львівської області

Завдяки вигідному територіально-географічному положенню на перетині транспортних напрямків із півночі на південь та із заходу на схід автомобільна інфраструктура Львівської області сформована системою магістральних автомобільних доріг категорії «М», які забезпечують реалізацію зазначених напрямків руху (М06, М09, М10, М11, М12).

За обсягами вантажних перевезень у Львівській області автомобільний транспорт стабільно перевищує залізничний у 6–7 разів, тоді як за показниками пасажирських перевезень — у 5–6 разів. Водночас за такими узагальненими індикаторами, як вантажо- та пасажирооборот, перевага автомобільного транспорту над залізничним становить приблизно дворазову величину [34]

За даними Львівського обласного статистичного управління, у 2021 році обсяг забруднення території від пересувних джерел у Львівській області становив 268,958 тис. тонн, з яких 83,600 тис. тонн припадало на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від автотранспортних засобів. У

процесі експлуатації автотранспорту значна частка металів, що містяться в бензині, близько 75 %, вивільняється у складі галогеновмісних сполук разом із відпрацьованими газами. Встановлено, що у вихлопних газах двигунів внутрішнього згоряння ідентифікується понад 200 токсичних хімічних сполук, серед яких домінують різні класи вуглеводнів. Окрім відпрацьованих газів, істотний внесок у забруднення довкілля здійснюють паливно-мастильні матеріали, продукти зношування шин і деталей транспортних засобів. При цьому основна маса важких металів акумулюється у верхніх горизонтах ґрунтового покриву, що зумовлює підвищений екологічний ризик для приавтотрасних територій [36].

Найвищий рівень екологічної небезпеки серед ландшафтів, забруднених важкими металами, характерний для ґрунтів, розташованих у безпосередній зоні впливу автомобільних доріг. За результатами досліджень [1, 10], у межах смуги до 200 м від дорожнього полотна у ґрунтовому покриві фіксуються підвищені концентрації низки хімічних елементів, зокрема натрію, магнію, алюмінію, барію, хрому, марганцю, кобальту, міді та інших. Водночас максимальне накопичення свинцю, титану та нікелю в ґрунтах, як правило, спостерігається на відстані 20–50 м від автомобільних трас, а в окремих регіонах — до 100 м, що зумовлено особливостями рельєфу, напрямку вітрів та інтенсивності транспортного руху [35].

Встановлено, що забруднення ґрунтового покриву в приавтотрасних зонах має просторово неоднорідний характер і визначається комплексом природних та антропогенних чинників. До основних з них належать інтенсивність руху автотранспортних засобів, вантажонапруженість автомобільної дороги, швидкість і напрям переважаючих вітрів (роза вітрів), а також наявність захисних лісосмуг уздовж трас, їх конструктивні особливості та ширина, які істотно впливають на поширення й акумуляцію забруднювальних речовин у ґрунті [34].

Будівництво нових і модернізація наявних автомобільних магістралей супроводжуються негативним впливом на навколишнє природне середовище,

насамперед на земельні ресурси, що проявляється у порушенні природних ландшафтів, утворенні дорожнього пилу, забрудненні повітря відпрацьованими газами, надходженні продуктів зношування транспортних засобів та підвищенні рівня шумового навантаження. Характер і масштаби впливу автомобільних доріг на довкілля визначаються інтенсивністю транспортного руху, технічними характеристиками транспортних засобів, просторовими параметрами й розміщенням дороги, а також її транспортно-експлуатаційними показниками та особливостями функціонування [10].

В екологічному аспекті автомагістраль розглядається не лише як інженерно-технічний об'єкт, а як лінійно протяжна техногенна система, що забезпечує транспортну діяльність і перебуває у постійній взаємодії з навколишнім природним середовищем [1].

Сільськогосподарська продукція, вирощена на техногенно забруднених ґрунтах, становить підвищену небезпеку для споживання, оскільки важкі метали, акумульовані в ґрунтовому покриві, здатні надходити до організму людини через харчові продукти, накопичуватися в тканинах та чинити негативний вплив на стан здоров'я [12]. Найінтенсивніше накопичення важких металів відмічається в органах рослин, що зростають у приавтотрасних зонах на відстані до 40 м від полотна автомобільної дороги. Зокрема, у зерні таких культур встановлено підвищення вмісту цинку на 101–133 %, свинцю — на 25–75 %, нікелю — на 33–67 %, кобальту — близько 50 %, а кадмію — у 2–3 рази порівняно з фоновими показниками [34].

Таким чином, вплив автомобільного транспорту на забруднення навколишнього природного середовища, зокрема приавтотрасних ландшафтів, є значно вагомішим, ніж це часто оцінюється, та характеризується комплексним і тривалим характером. У зв'язку з цим виникає об'єктивна потреба у систематичному контролі та постійному екологічному моніторингу стану компонентів довкілля в зонах інтенсивного транспортного навантаження з метою своєчасного виявлення негативних змін, оцінки екологічних ризиків і розроблення ефективних природоохоронних заходів.

Розділ 2

ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Загальні відомості про об'єкт і предмет дослідження

Об'єктом дослідження визначено прилеглі ландшафтні комплекси Львівської області, розташовані вздовж основних автомобільних доріг міжнародного значення (M06, M09, M10). Відповідно до програми досліджень здійснювалося визначення вмісту важких металів у ґрунтах придорожніх територій уздовж головних автомагістралей Львівської області у чотирьох напрямках від обласного центру — міста Львова (рис. 2.1):

- Північний напрям автотраси Львів – Рава-Руська (E372/M09);
- Західний напрям автотраси Львів – Броди (E40/M06);
- Південний напрям автотраси Львів – Стрий (E471/M06);
- Східний напрям автотраси Львів – Краковець (E40/M10).



Рис. 2.1. Схема відбору зразків ґрунту вздовж чотирьох основних автомобільних магістралей Львівської області

Відбір ґрунтових зразків здійснювали на відкритих, незатінених ділянках придорожніх територій на різних відстанях від полотна автомобільних доріг — 10, 50 та 100 м, що дало змогу оцінити просторову змінність рівнів забруднення. Уздовж кожної досліджуваної автомобільної траси було закладено по п'ять стаціонарних ділянок спостережень, розміщених переважно рівномірно по всій протяжності автодоріг, з урахуванням особливостей рельєфу та характеру землекористування [28, 33].

Предметом дослідження було вивчення процесів трансформації, міграції та акумуляції токсичних хімічних елементів у ґрунтах, прилеглих до автомобільних трас, формування яких зумовлене передусім техногенним навантаженням, пов'язаним із викидами автотранспорту.

2.2. Організація та методичне забезпечення польових і лабораторних досліджень

Хімічний аналіз є складним багатостадійним процесом, що передбачає послідовне виконання взаємопов'язаних етапів, зокрема відбір проб, їх попередню підготовку до аналізу, проведення аналітичних вимірювань та подальшу обробку й інтерпретацію отриманих результатів. Кожен із зазначених етапів характеризується різним рівнем складності та може включати низку окремих операцій, що визначають точність і достовірність кінцевих даних.

Об'єкти природного середовища, зокрема ґрунти, природні води та атмосферне повітря, відзначаються складним хімічним складом і значною варіабельністю концентрацій окремих компонентів, які можуть змінюватися в широких межах під впливом природних і антропогенних чинників. У зв'язку з цим для їх дослідження застосовується комплекс різних аналітичних методів, вибір яких зумовлений метою дослідження, фізико-хімічними властивостями визначуваних речовин та матрицею зразка. Аналіз будь-якого об'єкта природного середовища здійснюється за стандартизованою методичною схемою, що забезпечує відтворюваність результатів і коректність їх подальшої екологічної оцінки (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Схема основних етапів хімічного аналізу

У відібраних ґрунтових зразках здійснювали визначення концентрацій рухомих форм важких металів, зокрема кадмію (Cd), свинцю (Pb) та хрому (Cr), які належать до пріоритетних забруднювачів ґрунтового покриву придорожніх територій.

Підготовку зразків ґрунту до лабораторних аналізів проводили в умовах лабораторії Львівської філії державної установи «Держґрунтохорона» відповідно до чинних методичних рекомендацій та нормативних документів [29, 30, 31, 32].

Екстрагування рухомих форм кадмію, свинцю та хрому здійснювали з використанням буферного амонійно-ацетатного розчину з показником кислотності pH 4,8, що дає змогу оцінити біодоступну та екологічно активну фракцію важких металів у ґрунті.

Хімічно підготовлені витяжки аналізували методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії із застосуванням атомно-абсорбційного спектрофотометра З-115М (рис. 2.3), який забезпечує високу чутливість та точність визначення вмісту важких металів у досліджуваних зразках.



Рис. 2.3. Атомно-абсорбційний спектрофотометр (З -115 М) для визначення рухомих форм важких металів

Оцінку екологічного стану ґрунтів, що передбачала визначення вмісту токсичних хімічних елементів, здійснювали шляхом порівняння фактичних концентрацій досліджуваних елементів у ґрунтовому покриві з установленими гранично допустимими концентраціями, а також із показниками регіонального геохімічного фону для відповідного типу ґрунтів. Такий підхід дав змогу об'єктивно оцінити рівень техногенного навантаження та ступінь антропогенної трансформації ґрунтів досліджуваних територій.

Вибір дослідних ділянок здійснювали відповідно до вимог і рекомендацій, наведених у «Методиці агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення». Відбір ґрунтових зразків проводили з орного шару ґрунту на глибину 0–15 см із використанням ґрунтового бура БП 25–15 на відстанях 10, 50 та 100 м від полотна автомобільної дороги [28]. На кожній дослідній ділянці відбирали по п'ять індивідуальних проб ґрунту за методом «конверта» по діагоналі, які після цього об'єднували шляхом ретельного перемішування в один єдиний зразок (загальну пробу), що

забезпечувало репрезентативність отриманих аналітичних даних.

Під час відбору, транспортування та підготовки ґрунтових проб до лабораторних досліджень використовували спеціалізовану апаратуру, лабораторний посуд, інструменти та реактиви, що забезпечували збереження природного складу зразків і запобігали їх вторинному забрудненню. Зокрема застосовували ґрунтові лопати; ножі з поліетилену та полістиролу; порцелянові ступки й товкачі; скляні широкогорлі банки з притертими корками місткістю 500, 800 та 1000 см³; банки або ящики з харчового поліетилену й полістиролу; металеві, пластмасові шпателі; кальку; полотняні торбинки; поліетиленові пакети та плівку; картонні коробки; обгортковий папір і медичну плівку.

Для висушування ґрунтових зразків використовували сушильну шафу, що забезпечує підтримання заданого температурного режиму в межах 40–150 °C з похибкою ± 5 °C. У процесі підготовки проб застосовували дистильовану воду. Використання зазначених матеріалів та обладнання відповідало чинним методичним рекомендаціям і забезпечувало відтворюваність та достовірність результатів хімічного аналізу ґрунтів [29].

Слід зазначити, що всі інструменти, які застосовували під час відбору ґрунтових проб, попередньо ретельно очищували від іржі та можливих сторонніх домішок з метою запобігання контамінації зразків. У процесі відбору не використовували оцинковані ємкості, мідні вироби, емальований посуд і пофарбовані інструменти, оскільки зазначені матеріали можуть бути джерелом вторинного надходження важких металів у ґрунтові зразки та спотворювати результати хімічного аналізу.

Особливу увагу приділяли вибору пакувальних матеріалів, що є критично важливим для збереження репрезентативності проб і запобігання їх забрудненню важкими металами в польових умовах. Відібрані зразки ґрунту пакували в мішечки з вибіленого бавовняного полотна, які не вступають у хімічну взаємодію з компонентами ґрунту. У разі відбору вологих проб застосовували поліетиленові мішечки, після чого зразки негайно

транспортували до лабораторії та висушували в добре вентиляваному приміщенні до повітряно-сухого стану. Такий підхід забезпечував мінімізацію ризику вторинного забруднення та збереження природних властивостей досліджуваних ґрунтів.

Відбір ґрунтових проб здійснювали відповідно до вимог і положень, викладених у «Методиці проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення» [28], з дотриманням установлених процедур забезпечення репрезентативності та відтворюваності результатів досліджень.

Відібрані ґрунтові проби висипали на крафт-папір або поліетиленову плівку, після чого ретельно перемішували з метою забезпечення їх однорідності та піддавали процедурі квартування, яку повторювали 3–4 рази. Після завершення квартування залишкову масу ґрунту рівномірно розрівнювали на папері та умовно поділяли на шість секторів, із центральної частини кожного з яких відбирали приблизно однакову кількість ґрунту. Отримані порції об'єднували та поміщали у полотняний або поліетиленовий мішечок чи загортали в крафт-папір. Середня маса сформованої інтегрованої проби становила близько 1 кг, що відповідало вимогам репрезентативності для подальших лабораторних досліджень.

Усі відібрані ґрунтові проби підлягали обов'язковому маркуванню та реєстрації в польовому журналі, в якому фіксували порядковий номер і місце відбору проби, особливості рельєфу місцевості, тип ґрунту, функціональне призначення території, характер можливого забруднення, а також дату відбору. Зразки зберігали у спеціальних коробках або пакетах із додаванням попередньо заповнених етикеток, що забезпечувало ідентифікацію проб і простежуваність результатів досліджень на всіх етапах аналітичного процесу [33].

Під час контролю вмісту важких металів у ґрунтах рівень їх забруднення оцінювали шляхом порівняння фактичних концентрацій із показниками природного геохімічного фону та гранично допустимими концентраціями. У

практиці екологічних досліджень для встановлення техногенного навантаження ґрунтів важкими металами часто застосовують показники валового вмісту елементів. Водночас валовий вміст не завжди адекватно відображає реальний рівень екологічної небезпеки, оскільки значна частина металів може перебувати у зв'язаних формах, малодоступних для міграції та засвоєння рослинами, що зумовлює необхідність урахування рухомих і біодоступних фракцій забруднювачів [11, 19, 43].

Для оцінки ступеня небезпечності елемента-забруднювача (Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{6+}) використовували коефіцієнт небезпеки (K_n) – співвідношення між концентрацією поллютанта в ґрунті та його гранично допустимою концентрацією за формулою (2.1). За нормальних умов K_n має бути меншим або рівним 1:

$$K_n = \frac{C_i}{ГДК_i} \geq 1, \quad (2.1)$$

де: C_i – концентрація i -тої забруднюючої речовини, мг/кг;

$ГДК_i$ – гранично допустима концентрація i -тої забруднюючої речовини, мг/кг.

Визначення рухомих форм важких металів доцільно застосовувати у випадках, коли необхідно дослідити процеси міграції та транслокації металів-забруднювачів із ґрунту в рослинні організми, оцінити їх токсичний вплив на рослини та ґрунтову біоту, а також з'ясувати особливості перенесення полютантів у суміжні компоненти навколишнього середовища, зокрема в ґрунтові води. Такий підхід дає змогу більш об'єктивно оцінити екологічну небезпеку забруднення ґрунтів і потенційні ризики для агроєкосистем та природних ландшафтів [3, 11].

Розділ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТОВОГО ПОКРИВУ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ В ЗОНІ ВПЛИВУ ОСНОВНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ МАГІСТРАЛЕЙ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1. Екологічна оцінка рівня забруднення ґрунтового покриття важкими металами в придорожній зоні автомобільної траси Львів – Рава-Руська

Проведення наукових досліджень на аграрних угіддях, що прилягають до автотрас на території Львівської області, здійснювалось з метою встановлення придатності цих територій для сільськогосподарського виробництва, створення бази даних щодо забруднення ґрунтів придорожніх ландшафтів та ведення спостережень за вмістом рухомих форм токсичних елементів. Тому для оцінки реальної небезпеки важких металів здійснювався контроль за їхніми рухомими формами.

Екологічну оцінку забруднення ґрунтів прилеглих до автомобільних шляхів за показниками вмісту рухомих форм важких металів (Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{6+}) здійснювали з метою запобігання потенційному негативному впливу поліутантів на компоненти навколишнього природного середовища, якість продукції рослинництва та стан здоров'я населення.

За результатами проведених досліджень встановлено, що процес акумуляції важких металів у ґрунтовому покритті при віддаленні від автомагістралі має відносно рівномірний характер. Максимальні рівні нагромадження важких металів зафіксовано на відстанях 10 і 50 м від проїзної частини. На віддалі 100 м у більшості відібраних зразків вміст важких металів не перевищував гранично допустимих концентрацій і відповідав фоновим показникам.

Упродовж досліджуваного періоду було здійснено відбір та лабораторний аналіз 60 ґрунтових зразків з метою визначення вмісту рухомих форм свинцю, кадмію та хрому на територіях Львівського, Яворівського, Стрийського і Золочівського районів, якими проходять чотири основні

автомобільні траси міжнародного значення.

Аналіз даних, наведених у таблиці 3.1, свідчить, що на ділянці автомобільної траси Львів – Рава-Руська (Е372/М09) у межах пункту відбору проб поблизу с. Малехів на виїзді з м. Львів концентрації рухомих форм кадмію, свинцю та хрому на відстанях 10–100 м від проїзної частини перевищували гранично допустимі концентрації. Зазначена ділянка характеризується підвищеним рівнем забруднення ґрунтів важкими металами. Ймовірною причиною такого стану є близькість до обласного центру — м. Львів, що зумовлює інтенсивне антропогенне навантаження. Посилений вплив транспортної та господарської діяльності в передміській зоні, до якої належить с. Малехів, негативно відображається на якості ґрунтового покриву та загальному екологічному стані території.

Таблиця 3.1. – Концентрація рухомих форм важких металів у ґрунті вздовж напрямку траси Львів – Рава-Руська (Е372/М09), мг/кг

№ з/п	Місце відбору зразків ґрунту	Відстань від траси, м	Важкі метали		
			Cd ²⁺	Pb ²⁺	Cr ⁶⁺
1	с. Малехів на виїзді з м. Львів	10	2,85	4,64	15,07
		50	1,37	3,58	12,93
		100	0,95	3,15	8,87
2	с. Куликів	10	1,25	2,04	6,63
		50	0,60	1,58	5,69
		100	0,42	0,59	1,90
3	с. Сопошин на в'їзді м. Жовква	10	1,63	3,95	10,26
		50	0,98	3,08	8,12
		100	0,52	2,71	5,63
4	с. Мощани	10	0,71	1,98	5,27
		50	0,48	1,25	4,53
		100	0,13	0,52	1,10
5	с. Лужки на в'їзді м. Рава-Руська	10	2,62	4,27	13,86
		50	1,26	3,29	10,90
		100	0,57	1,90	5,16
ГДК			0,70	2,00	6,00
Фон			0,15	0,50	1,20

Аналіз даних, наведених у таблиці 3.1, показав, що на п'ятій дослідній ділянці в межах с. Лужки на в'їзді до м. Рава-Руська зафіксовано перевищення гранично допустимих концентрацій важких металів у 1,5–4 рази на відстанях 10–50 м від автомобільної траси в усіх досліджуваних зразках.

Ймовірними чинниками підвищеного рівня забруднення є інтенсивний рух автотранспорту, а також накопичення великовантажних транспортних засобів, які повільно прямують у напрямку державного кордону та здійснюють зупинки. Водночас на інших дослідних пунктах — у с. Мощани та с. Сопошин — перевищення гранично допустимих концентрацій рухомих форм Cd^{2+} , Pb^{2+} і Cr^{6+} відмічали лише на відстані 10 м від проїзної частини (рис. 3.1.).

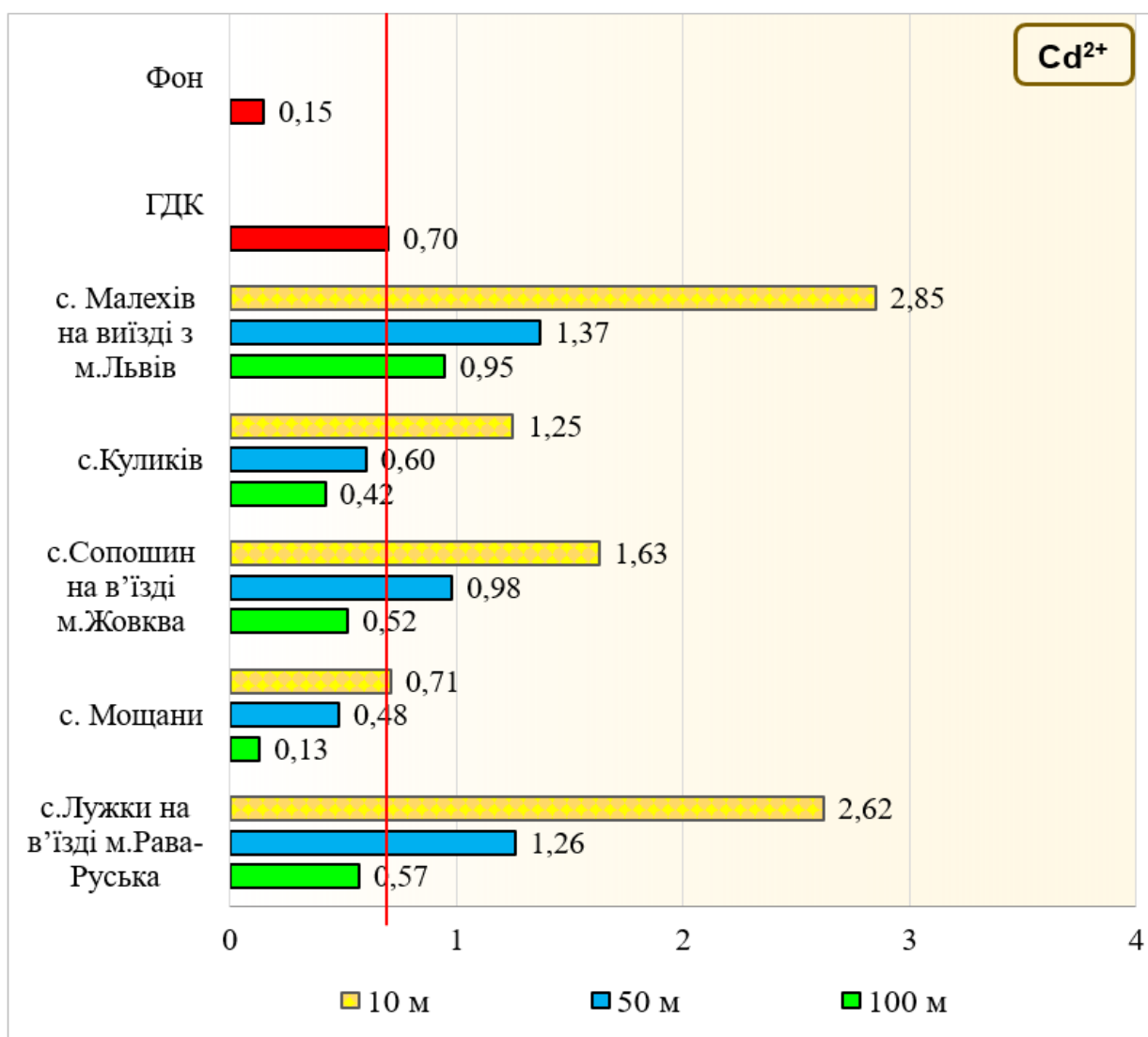


Рис. 3.1. Концентрація рухомих форм кадмію (Cd^{2+}) у ґрунті вздовж напрямку траси Львів – Рава-Руська (Е372/М09), мг/кг

Максимальні концентрації рухомих форм кадмію (Cd^{2+}) у ґрунтовому покриві — 2,85 та 2,62 мг/кг — зафіксовано на відстані 10 м від проїзної частини в пунктах відбору проб у с. Малехів і с. Лужки на в'їзді до м. Рава-Руська. Високе значення коефіцієнта небезпеки рухомих фракцій Cd^{2+} (2,32) відмічено в с. Сопошин на в'їзді до м. Жовква. Найнижчі концентрації кадмію, що не перевищували ГДК, проте були вищими за фонові показники, виявлено на відстані 100 м від автотраси в межах с. Куликів та с. Мощани.

З метою оцінювання рівня небезпечності рухомих форм свинцю (Pb^{2+}) у ґрунтовому покриві вздовж автомобільної траси Львів – Рава-Руська встановлено, що максимальні значення коефіцієнта небезпеки – 2,32; 1,97 та 2,13 – зафіксовано у зразках, відібраних на відстані 10 м від проїзної частини в межах населених пунктів Малехів, Сопошин і Лужки (рис. 3.2).

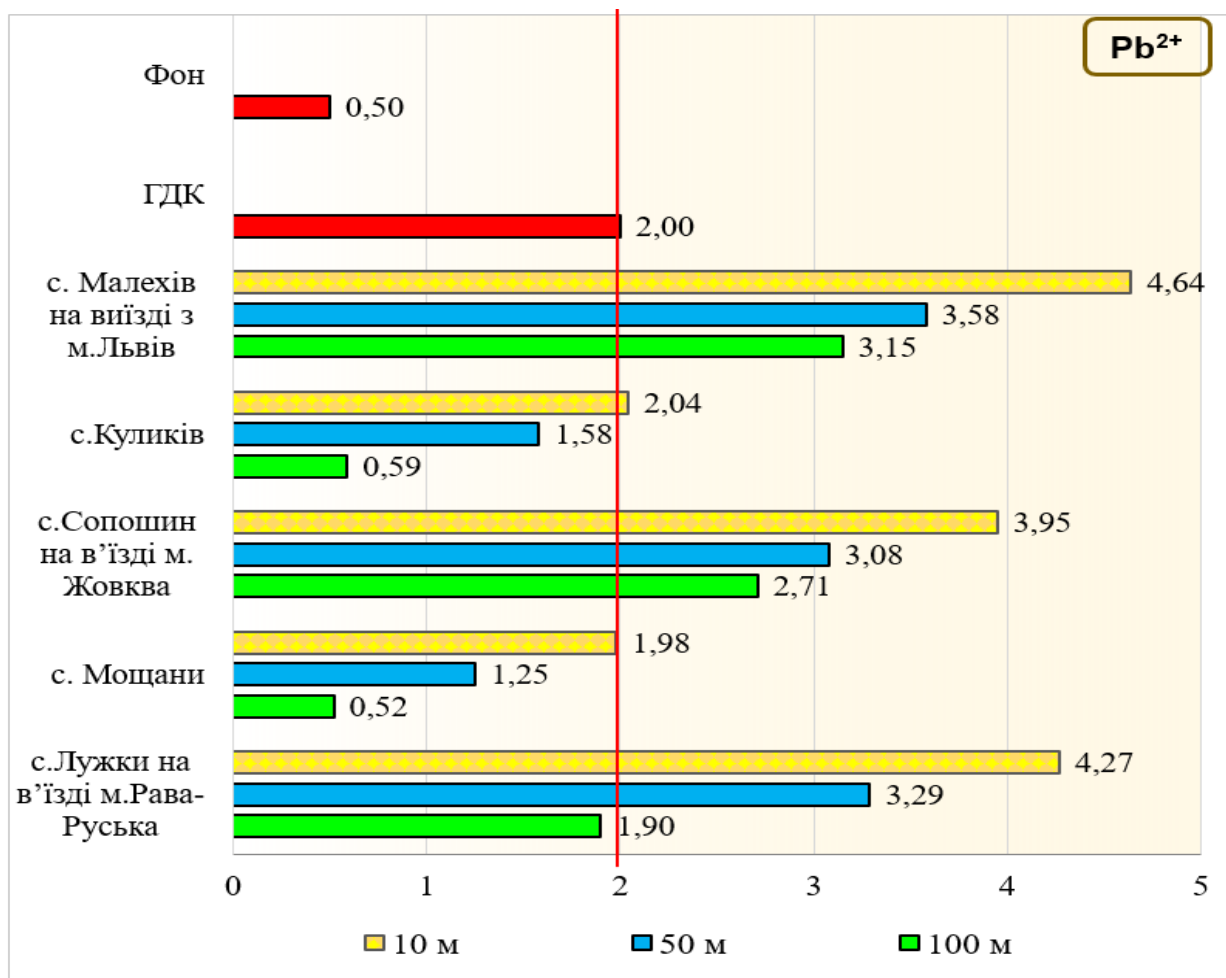


Рис. 3.2. Концентрація рухомих форм свинцю (Pb^{2+}) у ґрунті вздовж напрямку траси Львів – Рава-Руська (E372/M09), мг/кг

Водночас встановлено, що на відстані 50 м від автомобільної траси в зазначених населених пунктах також зафіксовано перевищення гранично допустимих концентрацій рухомих форм свинцю (Pb^{2+}), відповідно у 1,79; 1,54 та 1,64 рази (рис. 3.2). Наближені до фонових показники вмісту рухомих форм свинцю відмічено на ділянках, розташованих на відстані 100 м від проїзної частини, у межах с. Куликів та с. Мощани.

У ході досліджень встановлено, що максимальні концентрації рухомих форм хрому (Cr^{6+}) у ґрунті зафіксовано на відстанях 10 і 50 м від проїзної частини в межах населених пунктів Малехів, Сопошин та Лужки. Значення коефіцієнта небезпеки при цьому коливалися в діапазоні від 1,81 до 5,51. На відстані 100 м від траси перевищень ГДК рухомих форм хрому в ґрунті не виявлено в населених пунктах Куликів, Сопошин, Мощани та Лужки (рис. 3.3). Найменші концентрації важких металів у всіх зразка ґрунту відзначали у населених пунктах Куликів та Мощани.

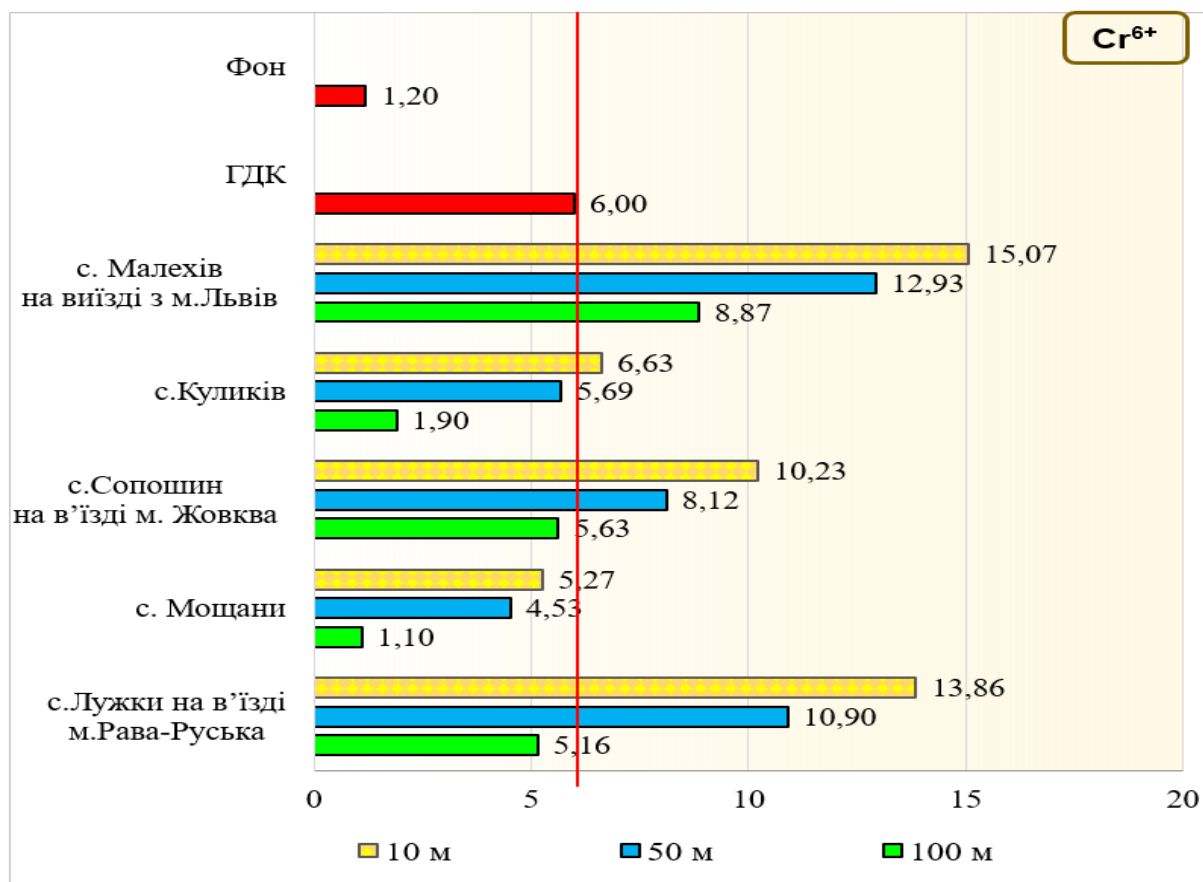


Рис. 3.3. Концентрація рухомих форм хрому (Cr^{6+}) у ґрунті вздовж напрямку траси Львів – Рава-Руська (E372/M09), мг/кг

3.2. Екологічна оцінка рівня забруднення ґрунтового покриву важкими металами в зоні впливу автомобільної траси Львів – Броди

У західному напрямку досліджень проаналізовано інтенсивність акумуляції важких металів у ґрунтовому покриві вздовж автомобільної траси Львів – Броди (Е40/М06). Встановлено, що в межах м. Дубляни, розташованого в безпосередній близькості до м. Львів, зафіксовано перевищення концентрацій важких металів у ґрунті на відстанях 10 і 50 м від проїзної частини. Аналогічні результати отримано на іншій дослідній ділянці траси – у с. Кізлів на в'їзді до м. Буськ, де концентрації всіх досліджуваних рухомих фракцій важких металів у ґрунтових зразках на відстанях 10 і 50 м від дороги перевищували ГДК. Подібну тенденцію виявлено також на в'їзді до м. Броди (с. Гаї-Смоленські), що є кінцевим пунктом відбору ґрунтових зразків на цій ділянці траси (табл. 3.2).

Таблиця 3.2. – Концентрація рухомих форм важких металів у ґрунті вздовж напрямку траси Львів – Броди (Е40/М06), мг/кг

№ з/п	Місце відбору зразків ґрунту	Відстань від траси, м	Важкі метали		
			Cd ²⁺	Pb ²⁺	Cr ⁶⁺
1	м. Дубляни	10	3,85	3,48	14,12
		50	1,07	1,92	8,47
		100	0,53	0,84	5,05
2	с. Банюнин	10	1,11	1,82	5,87
		50	0,41	0,73	3,22
		100	0,28	0,53	1,12
3	с. Кізлів на в'їзді в м. Буськ	10	2,64	3,13	12,71
		50	0,96	2,20	7,94
		100	0,66	1,37	4,55
4	с. Олесько	10	1,20	1,43	5,79
		50	0,44	0,79	3,47
		100	0,30	1,00	2,07
5	с. Гаї-Смоленські на в'їзді в м. Броди	10	2,40	2,85	11,58
		50	0,88	2,02	6,95
		100	0,60	0,44	4,14
ГДК			0,70	2,00	6,00
Фон			0,15	0,50	1,20

Результати польових і лабораторних досліджень свідчать, що максимальні концентрації рухомих фракцій кадмію (Cd^{2+}) у ґрунтовому покриві зафіксовано на відстані 10 м від проїзної частини в населених пунктах Дубляни, Кізлів та Гаї-Смоленські. Відповідні значення коефіцієнта небезпеки становили 5,50; 3,77 та 3,42. Значно нижчі концентрації рухомих форм Cd^{2+} виявлено на відстані 50 м від автомобільної траси: у м. Дубляни – 1,07 мг/кг, у с. Кізлів на в'їзді до м. Буськ – 0,96 мг/кг, у с. Гаї-Смоленські на в'їзді до м. Броди – 0,88 мг/кг, що в більшості випадків незначно перевищувало гранично допустимі концентрації. Найменш забрудненими кадмієм притрасові ландшафти виявилися на відстанях 50 і 100 м у межах сіл Банюнин та Олесько (рис. 3.4).

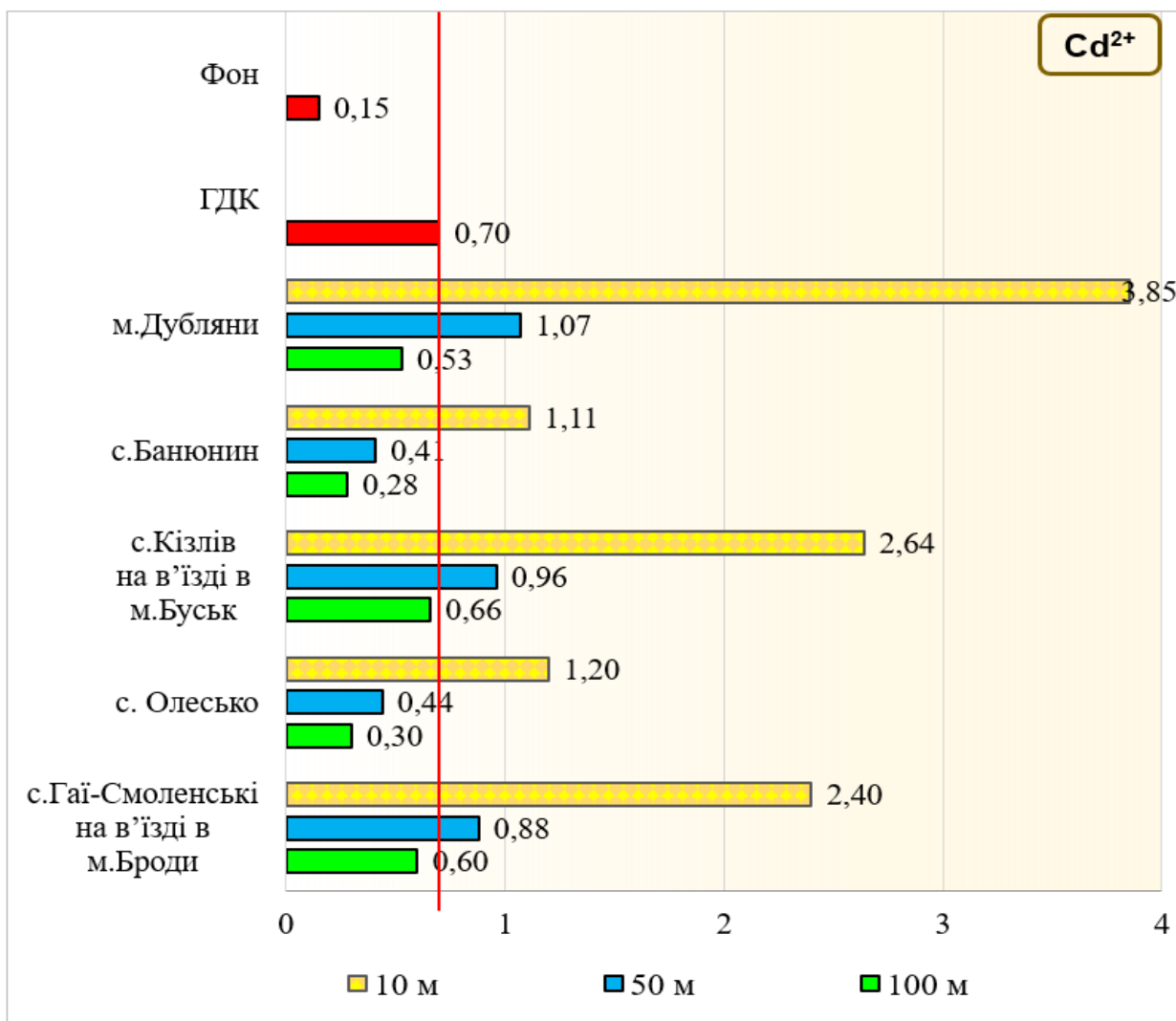


Рис. 3.4. Концентрація рухомих форм кадмію (Cd^{2+}) у ґрунті вздовж напрямку траси Львів – Броди (E40/M06), мг/кг

Аналогічна закономірність встановлена і для ґрунтових зразків, забруднених рухомими формами свинцю (Pb^{2+}), уздовж автомобільної траси Львів – Броди. Зокрема, в межах м. Дубляни значення коефіцієнта небезпеки у зразках, відібраних на відстані 10 м від проїзної частини, становило 1,74; у с. Кізлів — 1,56; у с. Гаї-Смоленські — 1,42. На відстані 50 м від автотраси концентрації рухомих форм Pb^{2+} у ґрунті перебували в межах гранично допустимих концентрацій на всіх п'яти досліджуваних ділянках. На віддалі 100 м перевищень гранично допустимих концентрацій рухомих форм свинцю в ґрунтових зразках не зафіксовано, а в населених пунктах Банюнин та Гаї-Смоленські їх вміст відповідав фоновому рівню — 0,50 мг/кг (рис. 3.5).

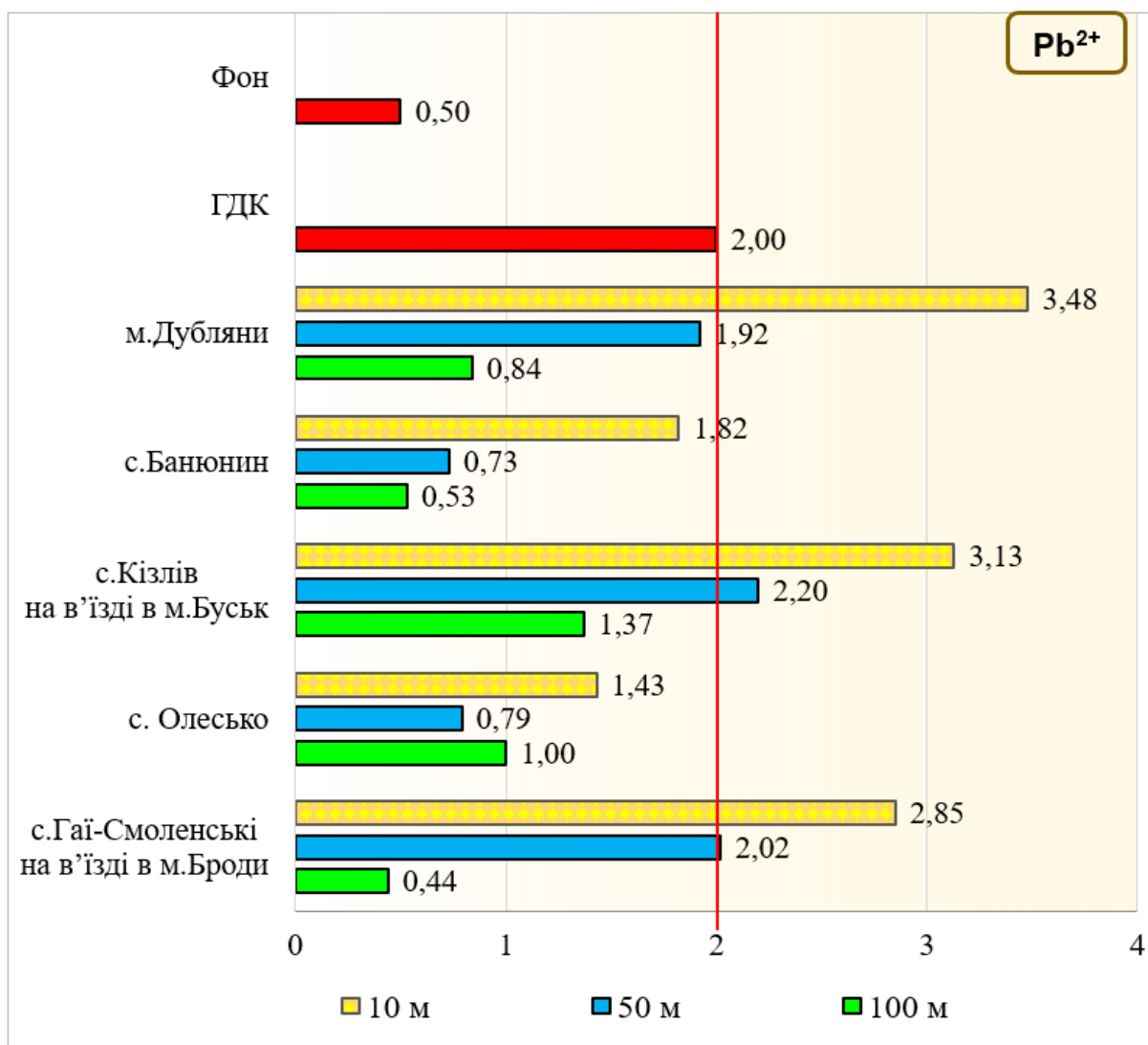


Рис. 3.5. Концентрація рухомих форм свинцю (Pb^{2+}) у ґрунті вздовж напрямку траси Львів – Броди (Е40/М06), мг/кг

Встановлено, що на початковому пункті відбору проб у м. Дубляни концентрація рухомих форм хрому (Cr^{6+}) у ґрунтовому покриві на відстані 10 м від проїзної частини перевищувала ГДК у 2,35 рази. Підвищеними значеннями коефіцієнта небезпеки також характеризувалися ґрунтові зразки, відібрані на відстані 10 м у населених пунктах Кізілів та Гаї-Смоленські, де відповідні показники становили 2,11 і 1,93. Водночас у селах Банюнин та Олесько вміст рухомих фракцій хрому у ґрунтових зразках, відібраних на відстанях 10, 50 і 100 м від автомобільної траси, не перевищував гранично допустимих концентрацій. Імовірно, зазначені особливості зумовлені напрямками переважаючих вітрів, а також відкритим характером ділянки автотраси, що сприяє ефективному розсіюванню забруднювальних речовин (рис. 3.6).

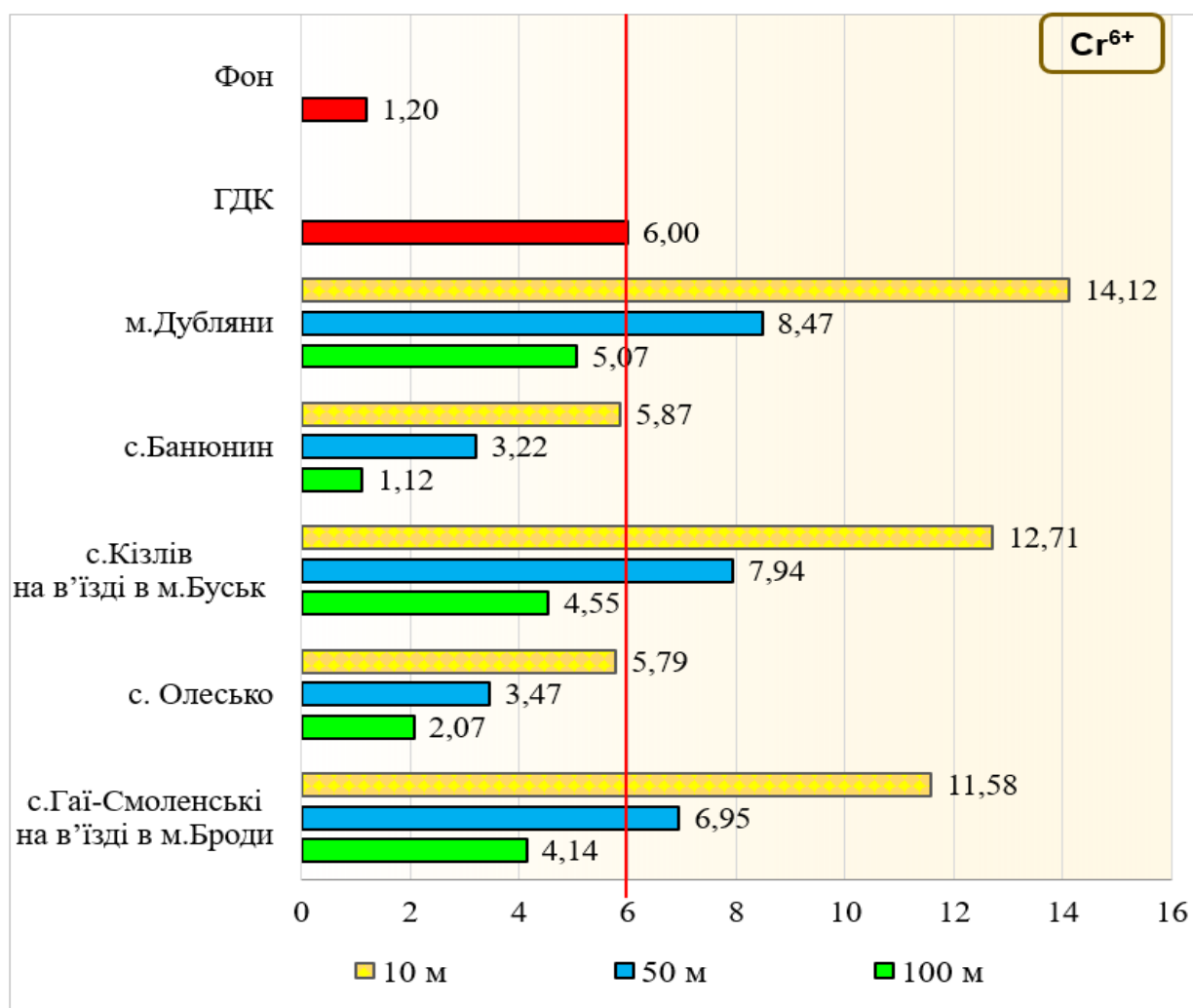


Рис. 3.6. Концентрація рухомих форм хрому (Cr^{6+}) у ґрунті вздовж напрямку траси Львів – Броди (E40/M06), мг/кг

3.3. Екологічна оцінка рівня забруднення ґрунтового покриву важкими металами в межах придорожніх територій автомобільної траси Львів – Стрий

Програмою досліджень передбачалось визначення інтенсивності забруднення ґрунтового покриву важкими металами у південному напрямку від м. Львів уздовж автомобільної траси Львів – Стрий на територіях, прилеглих до проїзної частини.

Встановлено, що в межах с. Сокільники на виїзді з м. Львів концентрації рухомих форм важких металів у всіх досліджуваних ґрунтових зразках, відібраних на відстанях 10, 50 і 100 м від автотраси, у кілька разів перевищували гранично допустимі концентрації та суттєво відрізнялися від фонових значень (табл. 3.3).

Таблиця 3.3. – Концентрація рухомих форм важких металів у ґрунті вздовж напрямку траси Львів – Стрий (Е471/М06), мг/кг

№ з/п	Місце відбору зразків ґрунту	Відстань від траси, м	Важкі метали		
			Cd ²⁺	Pb ²⁺	Cr ⁶⁺
1	с. Сокільники на виїзді з м. Львів	10	2,98	5,27	16,64
		50	1,44	3,68	13,37
		100	0,90	2,89	9,62
2	с. Деревач	10	0,98	1,84	5,49
		50	0,48	1,21	2,92
		100	0,13	0,44	1,17
3	с. Дроговиж на в'їзді в м. Миколаїв	10	2,82	5,01	15,81
		50	1,37	3,50	12,70
		100	1,11	2,75	9,14
4	с. Пісочна	10	1,49	2,64	8,32
		50	0,72	2,36	6,69
		100	0,45	1,45	4,81
5	с. Добряни на виїзді з м. Стрий	10	2,50	4,43	13,98
		50	1,21	3,09	11,23
		100	0,76	2,43	8,08
ГДК			0,70	2,00	6,00
Фон			0,15	0,50	1,20

Аналіз даних, наведених у таблиці 3.3, свідчить про складну екологічну ситуацію, що характеризує рівень забруднення ґрунтового покриву в с. Дроговиж на виїзді до м. Миколаїв. Істотний внесок у формування підвищеного техногенного навантаження здійснює виробнича діяльність підприємств районного центру м. Миколаєва, що негативно позначається на стані навколишнього природного середовища. Концентрації рухомих форм важких металів у всіх досліджуваних ґрунтових зразках у кілька разів перевищували гранично допустимі концентрації. Аналогічна ситуація зафіксована і для ґрунтів передміської зони м. Стрий.

Щодо забруднення ґрунтів рухомими фракціями кадмію (Cd^{2+}), встановлено, що найвищі значення коефіцієнта небезпеки — 4,25; 4,02 та 3,57 — характерні для ґрунтових зразків, відібраних на відстані 10 м від проїзної частини в межах населених пунктів Сокільники, Дроговиж та Добряни відповідно (рис. 3.7).

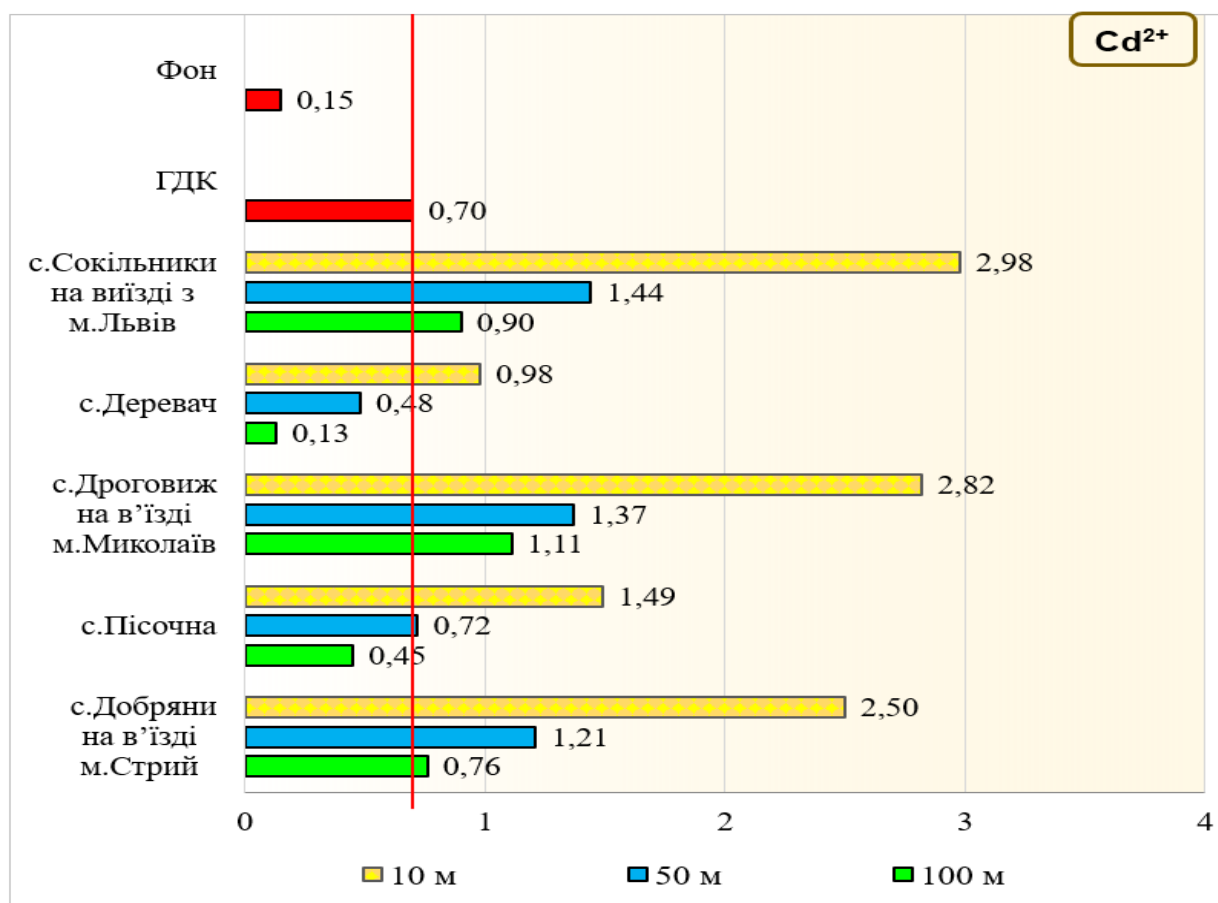


Рис. 3.7. Концентрація рухомих форм кадмію (Cd^{2+}) у ґрунті вздовж напрямку траси Львів – Стрий (E471/M06), мг/кг

Встановлено, що найнижчі концентрації рухомих форм свинцю (Pb^{2+}) зафіксовано у всіх досліджуваних ґрунтових зразках, відібраних у межах с. Деревач, що зумовлено особливостями рельєфу та сприятливішою екологічною ситуацією території. Водночас найбільш забрудненими за вмістом свинцю виявилися ґрунти населених пунктів Сокільники, Дроговиж і Добряни, де концентрації цього елемента у кілька разів перевищували гранично допустимі значення.

Визначено, що значення коефіцієнта небезпеки для ґрунтових зразків, відібраних на відстані 10 м від автомобільної траси в зазначених населених пунктах, становили відповідно 2,63; 2,51 та 2,21 (рис. 3.8).

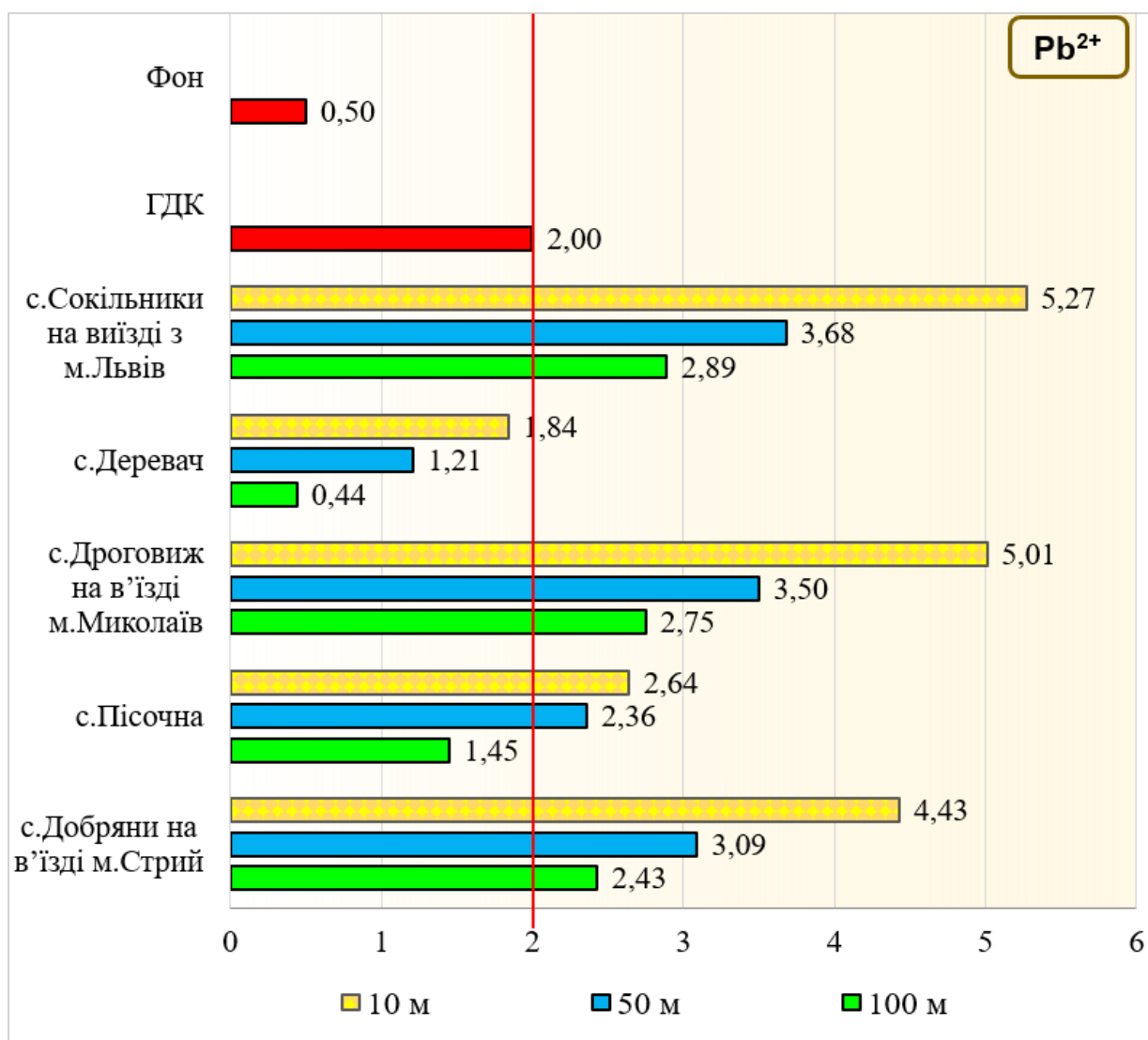


Рис. 3.8. Концентрація рухомих форм свинцю (Pb^{2+}) у ґрунті вздовж напрямку траси Львів – Стрий (E471/M06), мг/кг

Дещо нижчі значення коефіцієнта небезпеки – 1,84; 1,75 та 1,54 – у зазначених населених пунктах зафіксовано в ґрунтових зразках, відібраних на відстані 50 м від проїзної частини. У с. Пісочна перевищення гранично допустимих концентрацій рухомих форм свинцю (Pb^{2+}) спостерігали лише на відстанях 10 і 50 м від автомобільної дороги (рис. 3.8).

Результати досліджень також засвідчили, що максимальні концентрації рухомих форм хрому (Cr^{6+}) у ґрунтовому покриві характерні для населених пунктів Сокільники, Дроговиж та Добряни. У зазначених селах зафіксовано перевищення гранично допустимих концентрацій рухомих форм Cr^{6+} у всіх відібраних ґрунтових зразках на відстанях 10, 50 і 100 м від автотраси (рис. 3.9).

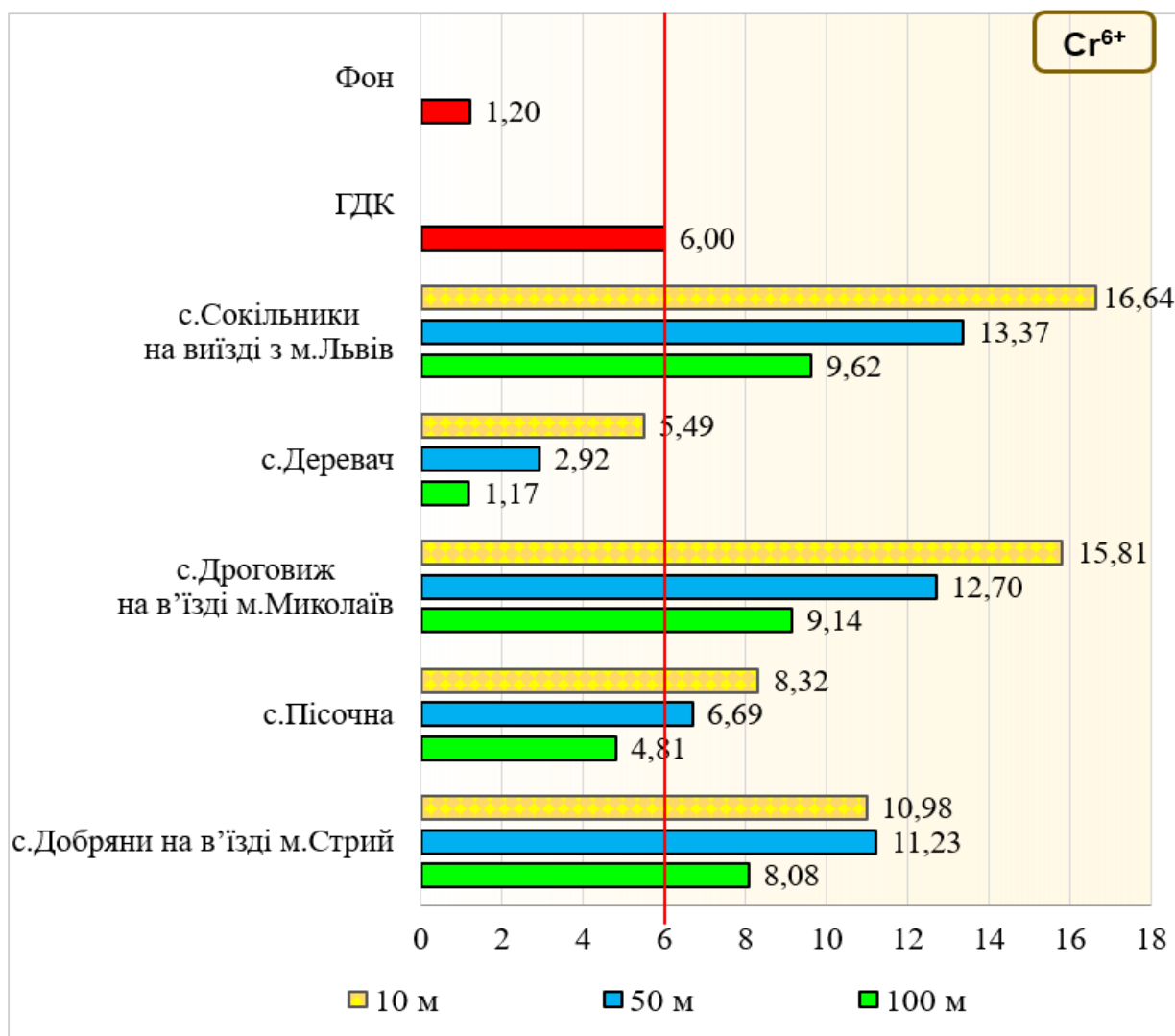


Рис. 3.9. Концентрація рухомих форм хрому (Cr^{6+}) у ґрунті вздовж напрямку траси Львів – Стрий (E471/M06), мг/кг

3.4. Екологічна оцінка рівня забруднення ґрунтового покриву важкими металами вздовж автомобільної траси Львів – Краковець

За результатами проведених досліджень встановлено, що концентрації рухомих форм важких металів у ґрунтовому покриві вздовж автомобільної траси Львів – Краковець характеризувалися певними просторовими особливостями. Зокрема, у с. Рясне-Руське на виїзді з м. Львів зафіксовано суттєве перевищення гранично допустимих концентрацій рухомих фракцій кадмію, свинцю та хрому в усіх ґрунтових зразках, відібраних на відстанях 10, 50 і 100 м від проїзної частини. Водночас на іншій ділянці цієї ж траси, у с. Краковець, перевищення ГДК рухомих форм ВМ відмічено у всіх відібраних зразках ґрунту на відстанях 10 і 50 м від автотраси. Що стосується населених пунктів Ямельня та Когути, то підвищені концентрації ВМ у ґрунтовому покриві виявлено переважно на відстані 10 м від полотна дороги (табл. 3.4).

Таблиця 3.4. – Концентрація рухомих форм важких металів у ґрунті вздовж напрямку траси Львів – Краковець (Е40/М10), мг/кг

№ з/п	Місце відбору зразків ґрунту	Відстань від траси, м	Важкі метали		
			Cd ²⁺	Pb ²⁺	Cr ⁶⁺
1	с. Рясне-Руське на виїзді з м. Львів	10	3,15	4,90	14,89
		50	1,69	3,24	12,06
		100	1,18	2,17	7,64
2	с. Ямельня	10	1,07	1,67	5,06
		50	0,57	1,10	4,10
		100	0,15	0,48	1,17
3	с. Когути на виїзді з м. Новояворівськ	10	1,32	2,06	6,25
		50	0,71	1,36	5,07
		100	0,50	0,91	3,21
4	с. Рулево	10	0,95	1,47	4,47
		50	0,51	0,97	3,62
		100	0,11	0,65	2,29
5	с. Краковець	10	2,58	4,02	12,21
		50	1,39	2,66	9,89
		100	0,60	1,78	5,26
ГДК			0,70	2,00	6,00
Фон			0,15	0,50	1,20

За результатами польових і лабораторних досліджень встановлено, що найнижчі концентрації рухомих форм кадмію (Cd^{2+}) у ґрунтовому покриві зафіксовано на відстанях 50 і 100 м від автомобільної траси в межах сіл Ямельня, Когути та Рулево, де їхні значення не перевищували гранично допустимих концентрацій.

Незначне перевищення ГДК рухомих фракцій Cd^{2+} у ґрунті в зазначених населених пунктах спостерігали лише на відстані 10 м від проїзної частини. Водночас максимальні концентрації рухомих форм кадмію у ґрунті визначено на відстані 10 м від полотна дороги в населених пунктах Рясне-Руське на виїзді з м. Львів та с. Краковець і становили відповідно 3,15 та 2,58 мг/кг за значень коефіцієнта небезпеки 4,50 та 3,68 (рис. 3.10).

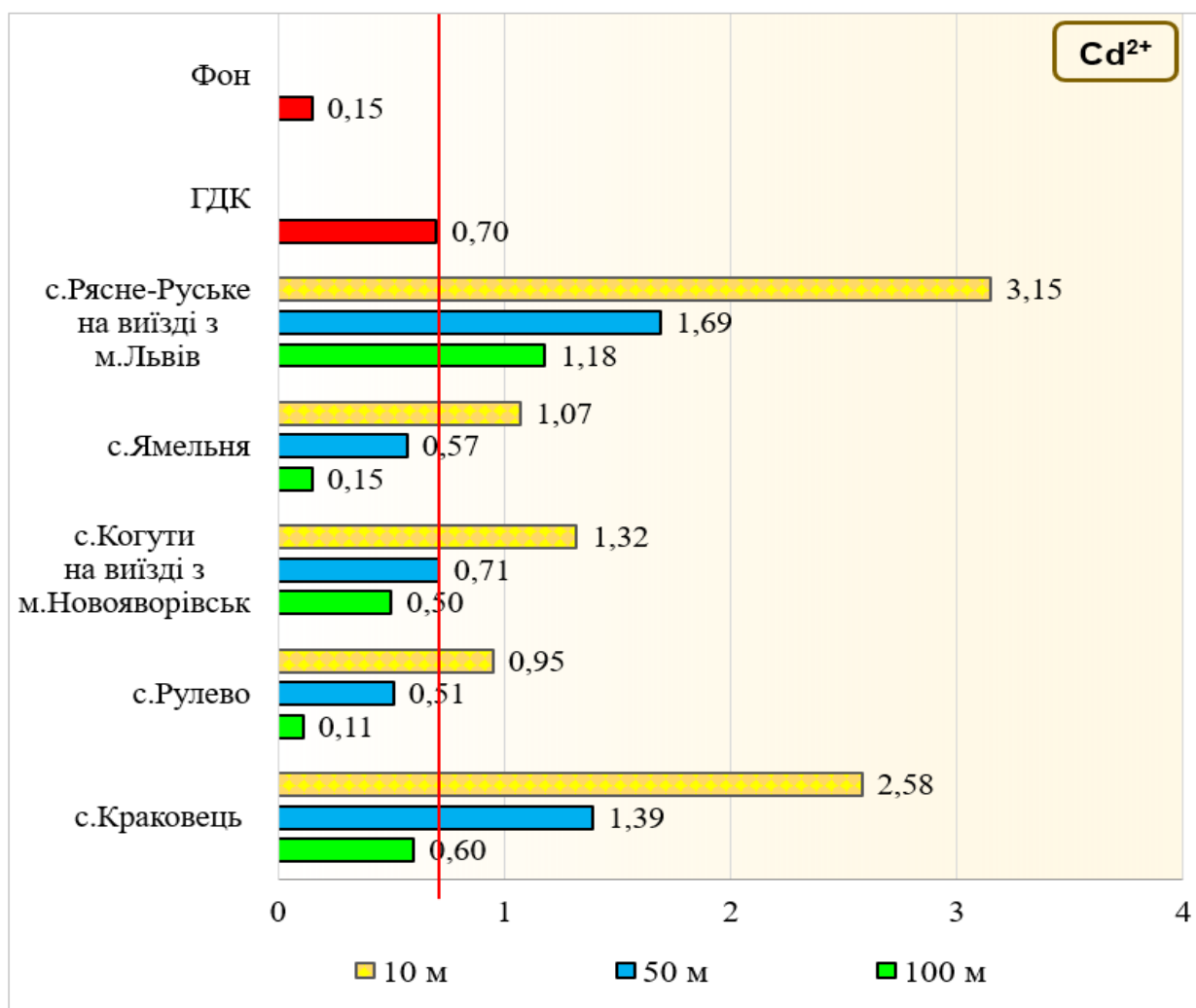


Рис. 3.10. Концентрація рухомих форм кадмію (Cd^{2+}) у ґрунті вздовж напрямку траси Львів – Краковець (E40/M10), мг/кг

Отримані результати досліджень свідчать, що найвищі концентрації рухомих форм свинцю (Pb^{2+}) у ґрунтових зразках зафіксовано в населених пунктах Рясне-Руське та Краковець. Зокрема, у с. Рясне-Руське вміст свинцю в ґрунті на відстанях 10 і 50 м від автомобільної траси становив відповідно 4,90 та 3,24 мг/кг за значень коефіцієнта небезпеки 2,45 і 1,62. У с. Краковець концентрації свинцю в аналогічних зразках дорівнювали 4,02 та 2,66 мг/кг при коефіцієнтах небезпеки 2,01 і 1,33. Водночас у селах Ямельня, Когути та Рулево вміст рухомих форм Pb^{2+} у ґрунтовому покриві не перевищував гранично допустимих концентрацій у всіх відібраних зразках на відстанях 10, 50 і 100 м від проїзної частини. На віддалі 100 м від автотраси в зазначених селах концентрації свинцю відповідали фоновим значенням (рис. 3.11).

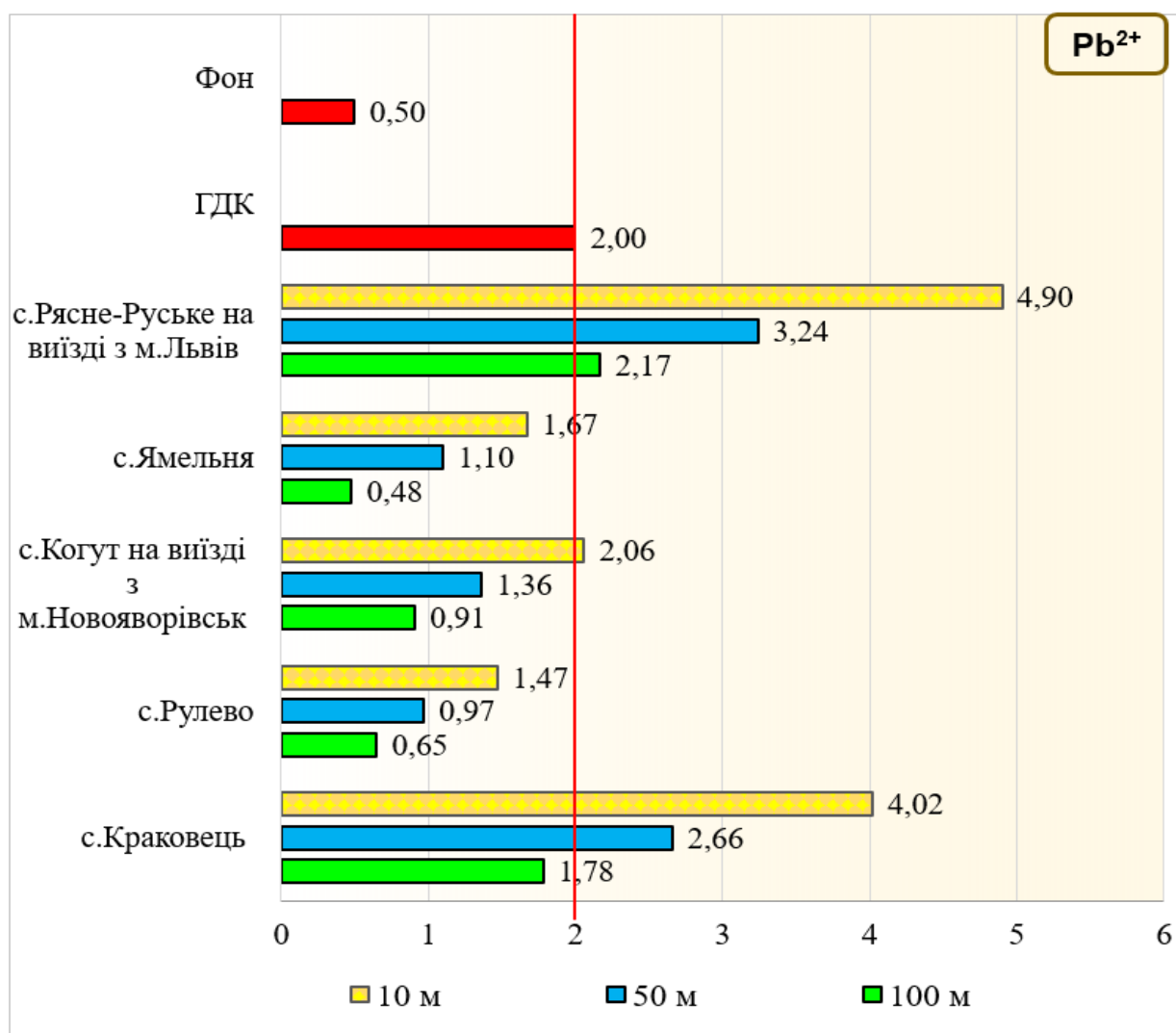


Рис. 3.11. Концентрація рухомих форм свинцю (Pb^{2+}) у ґрунті вздовж напрямку траси Львів – Краковець (Е40/М10), мг/кг

Встановлено, що просторовий розподіл концентрацій рухомих форм хрому (Cr^{6+}) у ґрунтах, прилеглих до автомобільної траси Львів – Краковець, загалом відповідав тенденціям, характерним для рухомих фракцій свинцю. Зокрема, найнижчі концентрації рухомих форм Cr^{6+} зафіксовано у всіх ґрунтових зразках, відібраних у межах сіл Ямельня, Когути та Рулево, при цьому їхній вміст не перевищував гранично допустимих концентрацій (рис. 3.12).

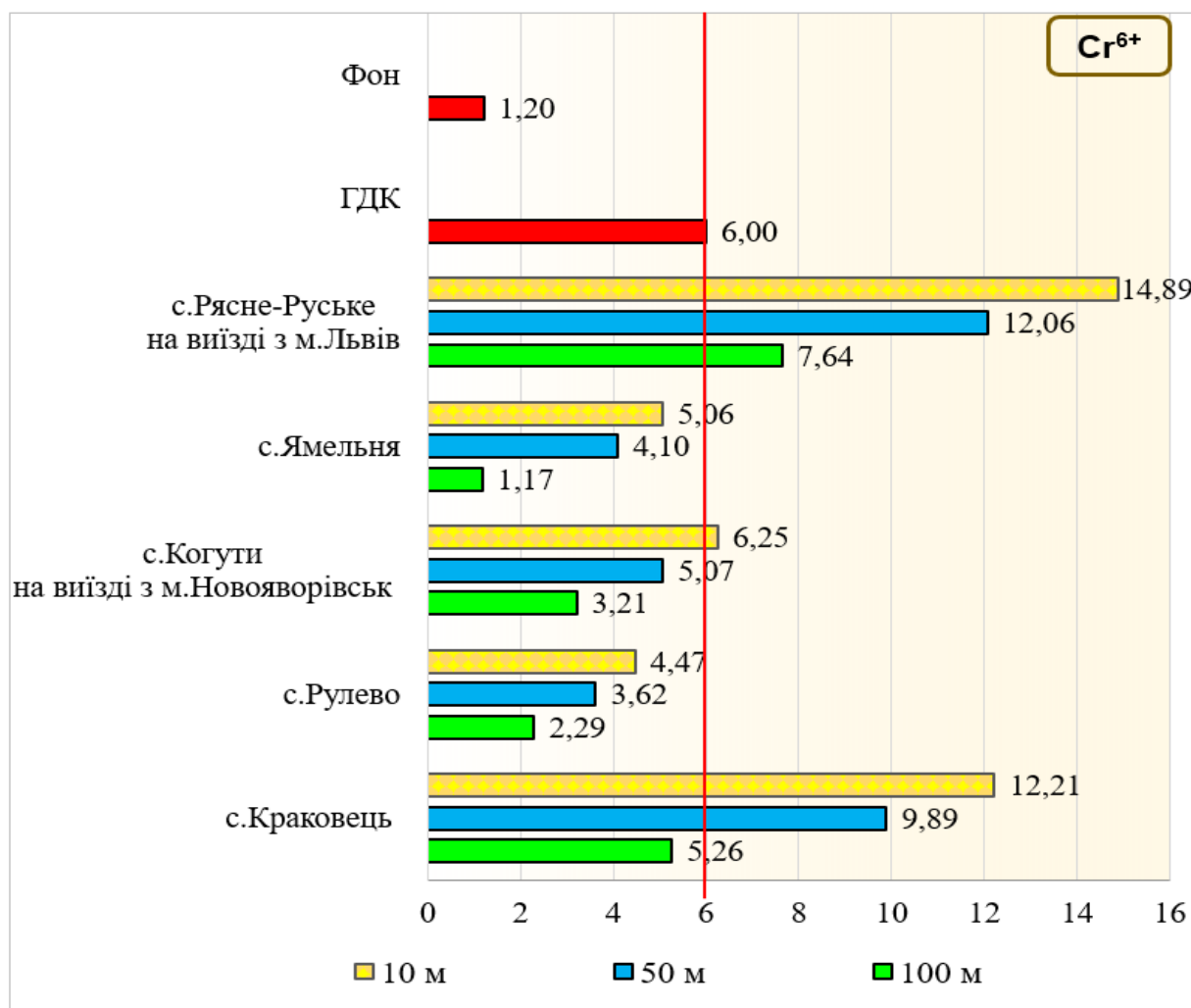


Рис. 3.12. Концентрація рухомих форм хрому (Cr^{6+}) у ґрунті вздовж напрямку траси Львів – Краковець (E40/M10), мг/кг

Максимальні концентрації рухомих форм хрому (Cr^{6+}) у ґрунтових зразках — 14,59 та 12,06 мг/кг — зафіксовано на відстанях 10 і 50 м від автомобільної траси в межах с. Рясне-Руське на виїзді з м. Львів, за відповідних значень коефіцієнта небезпеки 2,48 та 2,01. У с. Краковець на аналогічних відстанях від автотраси концентрації катіонів Cr^{6+} у ґрунтового

покриві становили 12,21 та 9,89 мг/кг, при коефіцієнтах небезпеки 2,03 та 1,64.

Варто зазначити, що така тенденція є характерною для початкових пунктів відбору проб ґрунту, розташованих у передміській зоні м. Львів, на всіх чотирьох досліджуваних напрямках автомобільних трас. Підвищені концентрації рухомих форм важких металів у ґрунтовому покриві зумовлені впливом забрудненого атмосферного повітря обласного центру, що, у свою чергу, відображає високий рівень антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище.

3.5. Комплекс природоохоронних заходів, спрямованих на збереження та відновлення родючості ґрунтів

Одним з основних завдань людини – це охорона природи і раціональне використання природних ресурсів. Це завдання є одним з важливих загальнодержавних завдань, від вирішення яких залежить успішне виконання народногосподарських планів, добробут теперішніх і майбутніх поколінь [7, 24, 25]. Одним із пріоритетних компонентів біосфери є ґрунтовий покрив, який останніми десятиліттями піддається посиленому антропогенному навантаженню [3, 15, 16].

Охорона та раціональне використання ґрунтів розглядаються як система взаємопов'язаних заходів, спрямованих на їх захист, якісне поліпшення та науково обґрунтоване використання земельних ресурсів. Реалізація зазначених заходів є необхідною умовою збереження й підвищення репродуктивної здатності ґрунтів, а також підтримання екологічної стійкості біосфери [2, 8, 20, 21].

У зв'язку з цим система охорони ґрунтів охоплює комплекс заходів, спрямованих на:

- обґрунтування та забезпечення раціонального землекористування;
- захист сільськогосподарських угідь від необґрунтованого вилучення для несільськогосподарських потреб;

- запобігання деградації ґрунтів унаслідок ерозійних процесів, селевих явищ, підтоплення, заболочування, вторинного засолення, пересушення, ущільнення, а також забруднення відходами виробництва, хімічними й радіоактивними речовинами та іншими несприятливими природними й техногенними чинниками;
- підвищення та збереження родючості ґрунтів;
- протидію процесам деградації ґрунтового покриву, що призводять до його фізичного виснаження.

Основні заходи спрямовані на покращення екологічного стану ґрунтів та підвищення їх родючості:

- Оцінка ґрунтів та їх раціональне використання.
- Зменшення площі розораних земель.
- Висаджування полезахисних лісових смуг.
- Обмеження використання мінеральних добрив та збільшення частки органічних добрив.
- Застосування сидератів (зелених добрив).
- Обмеження використання пестицидів.
- Застосування альтернативної системи землеробства, зокрема впровадження 5-7-пільної сівозміни, no-till, біологічних методів боротьби з хворобами, шкідниками та бур'янами.
- Боротьба з ерозією та дефляцією ґрунту.
- Покращення властивостей ґрунтів, підвищення їх родючості за використання меліоративних заходів таких як вапнування кислих ґрунтів.
- Контроль за вмістом забруднень на предмет важких металів, радіонуклідів, залишків пестицидів та інших полютанів .
- Моніторинг ґрунтів – аналіз, оцінка і прогноз стану ґрунтів.
- Рекультивація порушених земель.

Очищення забруднених ґрунтів потребує комплексного підходу до вирішення проблеми та є можливим лише за умови поєднання правових, організаційних і технологічних заходів у єдину ефективну систему охорони та

раціонального використання ґрунтових ресурсів. Така система має передбачати як превентивні (профілактичні) заходи, спрямовані на запобігання надходженню забруднювальних речовин у ґрунт, так і застосування технологічних методів, що забезпечують ефективне видалення токсичних компонентів із забрудненого ґрунтового покриву [8, 45].

Формування оптимального режиму мінерального живлення рослин є однією з ключових складових управління родючістю ґрунту. Застосування добрив доцільно здійснювати лише за наявності обґрунтованої потреби та на відповідних етапах онтогенезу рослин. З екологічної точки зору найбільш ефективним і безпечним є локальне внесення добрив у прикореневу зону, що особливо актуально для багаторічних насаджень, зокрема садів і виноградників [20].

Перед впровадженням заходів, спрямованих на підвищення родючості ґрунтів, необхідно визначити домінуючі типи ґрунтового покриву на відповідній ділянці, оскільки вибір методів їх окультурення залежить від ґрунтово-типологічних особливостей. Обов'язковою складовою підготовчого етапу є проведення детального агрохімічного аналізу ґрунтів.

Для того щоб підвищити родючість землі в зоні підзолистих і дерново-підзолистих ґрунтів, проводять такі заходи:

- застосування сівозмін
- правильна обробка ґрунту
- внесення органічних і мінеральних добрив за потребою культури
- вапнування
- посів багаторічних трав і сидератів
- боротьба з надлишковим зволоженням ґрунтів (дренаж).

Сидеральні культури вирощують не з метою отримання врожаю, а для поліпшення агрофізичних і агрохімічних властивостей ґрунту (зокрема суміші вівса, гірчиці та жита). У надземній і кореневій біомасі сидератів відбувається акумуляція мінеральних елементів, які надходять із глибших шарів ґрунтового профілю. Після досягнення оптимальної фази розвитку сидеральні рослини підрізають і залишають на поверхні ґрунту для перегнивання з утворенням

мульчувального шару. Коренева система, що залишається в ґрунті, поступово розкладається, сприяючи накопиченню органічної речовини та формуванню гумусу [8, 11].

У зоні поширення бурих і сірих лісових ґрунтів підвищення їх родючості насамперед передбачає формування потужного родючого орного горизонту шляхом раціонального застосування органічних і мінеральних добрив відповідно до потреб вирощуваних культур. Важливими складовими системи підвищення родючості також є впровадження ґрунтозахисних заходів, спрямованих на запобігання ерозійним процесам, використання науково обґрунтованих сівозмін та залучення сидеральних культур у землеробські системи.

У чорноземній зоні підвищення родючості ґрунтів ґрунтується на раціональному використанні їх високого природного потенціалу та збереженні гумусового горизонту від деградації. З цією метою необхідно застосовувати науково обґрунтовані системи обробітку ґрунту, здійснювати заходи з накопичення та раціонального використання ґрунтової вологи, а також забезпечувати оптимальне удобрення шляхом внесення органічних і мінеральних добрив відповідно до потреб вирощуваних культур. Важливу роль у підтриманні родючості відіграють посів сидеральних культур, дотримання сівозмін та створення захисних лісосмуг для запобігання вітровій ерозії ґрунтів [3, 45].

Оцінювання родючості ґрунтів здійснюють у спеціалізованих лабораторіях з метою проведення моніторингу стану земельних ресурсів, а також визначення придатності окремих ділянок для сільськогосподарського використання [12].

Серед агротехнічних заходів, спрямованих на зниження рівня забруднення ґрунтів важкими металами, важливе місце посідають вапнування та внесення органічних добрив. Високими детоксикаційними властивостями характеризуються органічні матеріали, зокрема гній, торф, компости та цеоліти. Значну роль у локалізації й зменшенні міграції поллютантів також

відіграють зелені насадження [5, 6].

З метою зниження концентрацій важких металів у ґрунті рекомендується застосування плантажної оранки на глибину 40–50 см із залученням до орного шару нижніх горизонтів ґрунтового профілю, які характеризуються нижчим вмістом важких металів. До радикальних методів зниження рівня забруднення ґрунтів належать видалення поверхневого забрудненого шару та його заміщення незабрудненим ґрунтом товщиною не менше 30 см, що унеможливило міграцію важких металів із ґрунту в рослинну продукцію [37].

Очищення ґрунтів, забруднених токсичними речовинами, є однією з актуальних екологічних проблем для України. Рослинні організми здатні акумулювати ксенобіотики у своїй біомасі, зазнавати їх біохімічних перетворень і фіксувати на поверхні вегетативних органів. У зв'язку з цим у промислово розвинених країнах перспективним і сучасним підходом до відновлення хімічно деградованих ґрунтів різного походження є фіторе mediaція. Як динамічно розвивний напрям відновлення властивостей, екологічних функцій та якості ґрунтового покриття, фіторе mediaція охоплює широкий спектр методів і технологій [38–41].

Додатковими заходами щодо збереження притрасових ґрунтів від постійного надходження значних обсягів забруднювальних речовин, що містяться в продуктах згоряння палива, є облаштування вздовж автомобільних шляхів зелених захисних смуг-екранів, а за наявності інженерних комунікацій — фільтрувальних зелених насаджень. Важливою умовою їх ефективності є регулярне оновлення захисних смуг, належний догляд за ними та формування оптимального видового складу деревних і чагарникових порід. Крім того, доцільним є встановлення шумозахисних бар'єрів, особливо в межах населених пунктів поблизу об'єктів соціальної інфраструктури — лікувальних закладів, закладів дошкільної та загальної середньої освіти, а також житлової забудови, що відповідає поширеній практиці європейських країн [24, 26].

Розділ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Аналіз стану охорони праці в транспортно-дорожнього комплексі

Автомобілізація приносить людям найрізноманітніші блага, водночас її розвиток супроводжується вкрай негативними явищами. Автомобільні дороги стали місцем загибелі та каліцтва мільйонів людей, транспортні засоби є одними з найактивніших забруднювачів атмосферного повітря, води та ґрунтів, шумового та вібраційного забруднення. Дорожня мережа проходить через цінні сільськогосподарські землі, від шкідливого впливу автомобільного транспорту страждає тваринний та рослинний світ [27].

На підприємствах компанії у 2022 році було видано 7183 наказів, спрямованих на поліпшення стану охорони праці, попередження нещасних випадків, пожеж та дорожньо-транспортних пригод.

Профілактична та організаційна робота з питань охорони праці та промислової безпеки в підприємствах та філіях компанії здійснюється 225 вивільненими працівниками служби охорони праці, а на інших – ці обов'язки покладено на одного з працівників чи фахівців (254 працівників) за сумісництвом [26].

Основними причинами виникнення виробничого травматизму із смертельними наслідком є: організаційні – 13 осіб, або 65% від загальної кількості травмованих, психофізіологічні – 5 осіб, або 25% від загальної кількості травмованих, технічні – 2 особи, або 10% від загальної кількості травмованих [23].

Протягом 201 року на підприємствах дорожнього господарства сталося 11 нещасних випадків виробничого травматизму, в яких постраждало 16 осіб, в тому числі 3 смертельно. За аналогічний період 2022 року сталося 19 нещасних випадків на виробництві, в тому числі 2 із смертельним наслідком, у яких 17 осіб травмовано та 2 особи загинуло [22].

З початку поточного року зареєстровано 24 дорожньо-транспортних

пригод за участю відомчого транспорту проти 33 в минулому році, в тому числі з вини водіїв відомчого транспорту допущено 7 дорожньо-транспортних пригод проти 8 в минулому році. В дорожньо-транспортних пригодах за участю відомчого транспорту постраждалих немає.

Випадки дорожньо-транспортних пригод з вини водіїв відомчого транспорту допущені в ДП «Київський облдорупр» 2 випадки, ДП «Рівненський облавтодор», ДП «Черкаський облавтодор», ДП «Сумський облавтодор», ДП «Тернопільський облавтодор», ДП «Полтавський облавтодор» по одному випадку [23].

Основними причинами дорожньо-транспортних пригод стали: недотримання безпечної дистанції та порушення правил маневрування [49].

За порушення вимог нормативно-правових актів з питань охорони праці притягнуто до відповідальності 87 працівники, з них 55 посадових осіб. Розроблені та виконуються додаткові заходи по усуненню виявлених недоліків.

Підприємствами Компанії на виконання Комплексних заходів поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища витрачено 9948,3тис. грн., в минулому році на виконання цих заходів було витрачено 13767,6тис.грн.

4.2. Правила техніки безпеки при автоперевезенні

Показники ризику починають все ширше використовуватися у сфері безпеки дорожнього руху. Особливо це стає актуальним у процесі аудиту безпеки існуючих автомобільних доріг, коли необхідно провести експрес-аналіз небезпеки ділянок доріг або дати оцінку безпеки руху на конкретних автомобільних дорогах. На сьогодні немає однозначного розуміння сутності ризику [22].

Насамперед це пояснюється багатоаспектністю цього явища. Крім того, ризик – це складне явище, що має безліч незбіжних, а іноді протилежних реальних основ. Це обумовлює можливість існування великої кількості

визначень поняття «ризик» з різних поглядів. Ризик проявляється у всіх сферах діяльності людини, на всіх етапах функціонування і розвитку об'єкта, їхньої взаємодії з навколишнім середовищем і всередині себе. Транспортна галузь не є винятком [23].

Основні ризики у процесі здійснення вантажоперевезень – це недотримання правил підготовки та пакування вантажу, технічні характеристики та справність транспортного засобу, а також спеціального обладнання вантажного відділення, відсутність застосування підприємством правил і стандартів маркування, завантаження, розміщення та кріплення вантажу у вантажному засобі тощо

Ризики вантажоперевезень. Ці Правила визначають вимоги щодо забезпечення безпеки населення на водних об'єктах України та спрямовані на запобігання надзвичайним ситуаціям, загибелі і травматизму людей на воді [50].

Основні ризики у процесі здійснення вантажоперевезень – це недотримання правил підготовки та пакування вантажу, технічні характеристики та справність транспортного засобу, а також спеціального обладнання вантажного відділення, відсутність застосування підприємством правил і стандартів маркування, завантаження, розміщення та кріплення вантажу у вантажному засобі тощо [23].

Фаза перевезення вантажів. Це один із найважливіших етапів, для якого характерні найбільш значущі ризики: настання ДТП, внаслідок якого буде зіпсовано чи втрачено вантаж, викрадення вантажу в дорозі, затримка внаслідок непередбачуваних погодних та дорожніх умов, псування вантажу через неправильне чи недбале перевезення. Джерелами транспортного ризику у процесі перевезенні можуть виступати дорожні, погодні умови; – технічні характеристики та справність транспортного засобу, а також спеціального обладнання вантажного відділення; – стан безпеки на дорозі за маршрутом, за яким здійснюється перевезення; – досвід, професіоналізм та відповідальність водія під час перевезення вантажу тощо [22].

Факторами ризику в цьому разі будуть несприятливі погодні та небезпечні дорожні умови; несправність окремих технічних компонентів транспортного засобу чи відділення для перевезення та зберігання вантажу або ж невміння чи незначний досвід керування їх роботою з боку водія; непоінформованість водія про особливості вантажу та умови його перевезення.

4.3. Захист населення в умовах надзвичайних ситуацій

Надзвичайні ситуації – це порушення нормальних умов життя і діяльності на об’єкті або території спричинюване аварією, катастрофою, стихійним лихом, великою пожежею, застосуванням засобів ураження що призвели або можуть призвести до великих людських втрат і матеріальних збитків.

Згідно Закону України «Про цивільну оборону України» та “Положення про цивільну оборону України” кожен громадянин держави має право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, пожеж, стихійного лиха та на вимогу гарантій забезпечення реалізації цього права від Кабінету Міністрів України, міністерств та інших центральних органів виконавчої влади, місцевих державних адміністрації, органів місцевого самоврядування, керівництва підприємства, установ і організацій незалежно від форми власності і підпорядкування [13].

На всіх об’єктах підприємства Цивільна оборона організовується з метою завчасної підготовки їх до захисту від наслідків надзвичайних ситуацій, зниження втрат, створення умов для підвищення стійкості роботи об’єктів та своєчасного проведення рятувальних та інших невідкладних робіт. Відповідальність за організацію і стан цивільної оборони, постійну готовність її сил і засобів до проведення рятувальних та інших невідкладних робіт несе керівник

Через з повномасштабним воєнним вторгненням росії в Україну дії населення в умовах надзвичайних ситуацій воєнного характеру є

пріоритетними. Перш за все потрібно не нехтувати повідомленнями про повітряну тривогу і обов'язково перебувати в укриттях для збереження життя!

За умови розгортання воєнних дій на вашій території при першій можливості покиньте разом із сім'єю небезпечну зону. У разі неможливості виїхати особисто, відправити дітей і родичів похилого віку до родичів, знайомих. Необхідно взяти із собою всі документи, коштовні речі та цінні папери.

Підготовку до можливого перебування у зоні надзвичайної ситуації доцільно починати завчасно. Необхідно підготувати «екстрену валізку» з речами, які можуть знадобитись при знаходженні у зоні НС або при евакуації у безпечні райони. Включіть всі доступні вам засоби зв'язку (радіо, телефон, ТВ, інтернет). Зберігайте спокій. Підготуйтеся до тривалого перебування в укритті із запасом їжі, питної води, медикаментів, автономним опаленням та елементами живлення (акумулятором чи генератором).

Кластерний захист населення під час війни. Упродовж вже трьох років повномасштабної війни росії проти України відбувається спустошення і руйнування нашої держави. Тисячі дорослих та дітей загинули або отримали поранення. Пошкодження цивільної інфраструктури призводили до знищення засобів існування та порушення необхідних соціальних послуг. У поєднанні з тривалим переміщенням це спричинило глибоку гуманітарну кризу та кризу у сфері захисту населення.

За останній рік ситуація в країні ще більше загострилась. Через знищення сіл та міст поблизу лінії фронту гуманітарні потреби в цих районах наразі сягають катастрофічних рівнів. І ця ситуація не покращиться, якщо війна не припиниться. Щодня через удари зазнають руйнувань цілі громади поблизу лінії фронту, унаслідок чого мільйони людей майже не спроможні давати собі ради та залежать від гуманітарної допомоги [13].

У 2024 році завдяки заходам Кластера з питань захисту та його субкластерів планується надати допомогу близько 6,5 мільйона людей в Україні, які потребують допомоги, включаючи 2,2 мільйона внутрішньо

переміщених людей, 1,3 мільйона людей, які повернулися до місць постійного проживання, та 2,9 мільйона непереміщених постраждалих від війни людей (55 % жінок, 25 % дітей, 23 % людей похилого віку та 15 % людей з інвалідністю) по всій країні.

Цілі кластера є Забезпечення рівного доступу до основних послуг, реалізації законних прав і прав людини для внутрішньо переміщених людей, непереміщених людей та людей, які повернулися до місць постійного проживання, завдяки заходам у сфері захисту, спрямованим на зміцнення національних систем захисту та спроможностей постачальників послуг і самих громад [13].

ВИСНОВКИ

На підставі результатів польових і лабораторних досліджень, проведених на територіях, прилеглих до основних автомобільних трас міжнародного значення Львівської області, з метою визначення вмісту рухомих форм важких металів у ґрунтовому покриві, сформульовано такі висновки:

1. Встановлено, що концентрації рухомих форм важких металів (Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{6+}) у ґрунтових зразках суттєво варіювали залежно від просторового розташування пунктів відбору проб уздовж основних автомобільних трас міжнародного значення. Максимальні значення концентрації важких металів зафіксовано у передміській зоні м. Львів, зокрема в межах с. Малехів, с. Соکیلники, с. Рясне-Руське та м. Дубляни, на всіх чотирьох досліджуваних напрямках.

2. Визначено, що на територіях, прилеглих до населених пунктів Стрий, Броди, Рава-Руська та с. Краковець, спостерігали підвищені рівні концентрації рухомих форм важких металів у ґрунтовому покриві порівняно з ГДК. На нашу думку, забруднення ґрунтового покриву політантами є наслідком інтенсивного антропогенного впливу, характерного для урбанізованих територій, де одночасно діють як стаціонарні, так і пересувні джерела забруднення, ефект яких має кумулятивний характер.

3. Встановлено, що в населених пунктах Банюнин та Олесько (напрямок траси E40/M06 Львів – Броди), с. Деревач (напрямок траси E471/M06 Львів – Стрий), с. Ямельня та Рулево (напрямок траси E40/M10 Львів – Краковець), а також у с. Мощани (напрямок траси E372/M09 Львів – Рава-Руська), на територіях яких відсутні додаткові суттєві джерела забруднення атмосферного повітря, водних об'єктів і ґрунтів, окрім автомобільного транспорту, концентрації рухомих форм важких металів у ґрунтах, прилеглих до автотрас, переважно не перевищували гранично допустимих концентрацій. У ряді зразків, відібраних здебільшого на відстані 100 м від проїзної частини, їхній

вміст відповідав фоновим значенням.

4. З'ясовано, що просторове розташування місць відбору ґрунтових зразків позначалось на рівні забруднення ґрунтового покриву. Зокрема, на відкритих ділянках, які характеризувалися доброю аерацією та відсутністю захисних насаджень, концентрації рухомих форм важких металів (кадмію, свинцю та хрому) у ґрунтах були значно нижчими порівняно з передміськими зонами м. Львів та іншими урбанізованими територіями з щільною забудовою.

5. Виявлено, що процеси акумуляції важких металів у притрасових ландшафтах суттєво залежали від просторового розміщення полотна дороги відносно напрямків панівних вітрів, наявності та типу захисних насаджень, особливостей рельєфу місцевості, а також рівня екологічної ситуації у конкретному регіоні, який міг створювати додаткове антропогенне навантаження на ґрунтовий покрив.

6. В умовах постійного надходження ксенобіотиків у навколишнє природне середовище доцільним є систематичне здійснення моніторингу та контролю стану притрасових ландшафтів, насамперед ґрунтового покриву, задіяного у сільськогосподарському виробництві, з метою визначення вмісту поліутантів. Водночас необхідним є впровадження комплексу заходів, спрямованих на захист, охорону та підвищення родючості ґрунтів.

7. Автомобільні магістралі, забезпечуючи мобільність населення та ефективність вантажних перевезень, водночас є вагомим чинником антропогенного впливу на довкілля. Їх будівництво та реконструкція супроводжуються порушенням природних і сільськогосподарських ландшафтів, а експлуатація зумовлює надходження в навколишнє середовище дорожнього пилу, токсичних компонентів відпрацьованих газів, продуктів зносу транспортних засобів і паливно-мастильних матеріалів, а також спричиняє шумове навантаження та вібрації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ванчура Н. Експериментальні дослідження вмісту важких металів в охоронних зонах автомагістралей. *Геодезія, картографування і аерофотознімання*. 2011. Вип. 75. С. 110–114.
2. Балюк С. А. Рациональне використання ґрунтових ресурсів і відтворення родючості ґрунтів: організаційно-економічні, екологічні й нормативно-правові аспекти: колективна монографія / за ред. С. А. Балюка, А. В. Кучера. Харків: Смугаста типографія, 2015. 432 с.
3. Надточій П. П., Мислива Т. М., Вольвач Ф.В. Екологія ґрунту: монографія. Житомир: Видавництво “ТП Рута”, 2010. 473 с.
4. Рідей Н. М., Строкаль В. П., Рибалко Ю. В. Екологічна оцінка агробіоценозів: теорія, методика, практика. Херсон: Видавництво Олді – плюс, 2011. 258 с.
5. Фатєєв А. І., Самохвалова В. Л. Детоксикація важких металів у ґрунтовій системі: методичні рекомендації. Харків: КП “Міськдрук”, 2012. 70 с.
6. Хімічна меліорація ґрунтів (концепція інноваційного розвитку) / за ред. С. А. Балюка, Р. С. Трускавецького. Харків: «Міськдрук», 2012. 129 с.
7. Юрченко Л. Екологія: підручник. Київ: Центр навчальної літератури, 2017. 304 с.
8. Булигін С. Ю., Вітвіцький С. В. Охорона ґрунтів в агроландшафтах: навч. посіб. Київ: Видавництво, 2017. 442 с.
9. Гришко В.М. Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна безпека. Донецьк: Донбас. 2012. 304 с.
10. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г., Корпач А.О., Мержиєвська Л.П. Екологія та автомобільний транспорт: колективна монографія За ред. С.П. Позняка. Львів, ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 424 с.
11. Мислива Т. М. Надточій П. П., Герасимчук Л. О. Ведення сільськогосподарського виробництва у приватному секторі в умовах посиленого антропогенного впливу на навколишнє середовище / за ред.

Т. М. Мисливої. Житомир, 2011. 52 с.

12. Ґрунти Львівської області: колективна монографія. За ред. С. П. Позняка. Львів, ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 424 с.

13. Як подбати про безпечну працю під час воєнного стану. Охорона праці і пожежна безпека. URL: <https://oppb.com.ua/articles/yak-podbaty-pro-bezpechnu-pratsyu-pid-chas-voyennogo-stanu>

14. Єгоров Т. М. Фоновий уміст важких металів як екологічна характеристика ґрунтів Лісостепу. *Агроекологічний журнал*. №. 2014. С. 28–34.

15. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. Київ, 2021. 514 с.

16. Стан довкілля у Львівській області (за результатами моніторингових досліджень) IV квартал 2022 року. Інформаційно-аналітичний огляд. Львів, Департамент екології та природних ресурсів Львівської ОДА. 2022. 38 с.

17. Щорічна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області в 2022 році. Львів, Департамент екології та природних ресурсів Львівської ОДА. 2023. 296 с.

18. Екологічний паспорт Львівської області за даними 2022 року. Львів, Департамент екології та природних ресурсів Львівської ОДА. 2023. 207 с.

19. Андрейчук Ю., Безручко Л., Біланюк В. та ін. Геоекологія Львівської області: монографія / за заг. ред. Є. Іванова. Львів: Простір-М, 2021. 606 с.

20. Дубицька А. О., Качмар О. Й., Габриєль А. Й., Щерба М. М. Підвищення родючості ґрунтів Західного Лісостепу України: Науково методичні рекомендації для спеціалістів сільського господарства та фермерів. Львів-Оброшино: Інститут землеробства і тваринництва західного регіону НААН України, 2010. 12 с.

21. Забалуєв В. О., Балаєв А. Д., Тараріко О. Г. та ін. Охорона ґрунтів і відтворення їх родючості: навч. посібник. Вид. 2-ге (змін. і доповн.) / за ред. д-рів с.-г. н, проф. В. О. Забалуєва та В. В. Дегтярьова. Харків: Стильиздат, 2017. 348 с.

22. Ткаченко І. О. Ризики у транспортних процесах: навч. посіб. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 114 с.

23. Горбаха М. М., Дідківський В. М., Ягода О. В. Аналіз стану виробничого травматизму та умов праці на підприємствах транспортно-дорожнього комплексу та галузі поштового зв'язку за 2014 рік. Київ: Департамент безпеки на транспорті Міністерства інфраструктури України, 2015. 66 с.

24. Зацеркляний М, Зацеркляний О, Столевич Т. Процеси захисту навколишнього середовища: підручник. Київ: Фенікс, 2017. 454 с.

25. Волошин Н. О. Загальна екологія та неоколонія: навч. посіб. Київ: НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2015. 335 с.

26. Пістун І. П. Охорона праці (практикум): навч. посіб. Львів: «Тріада плюс», 2011. 436 с.

27. Атаманчук П.С., Мендерецький В.В., Панчук О.П., Чорна О.Г. Безпека життєдіяльності та охорона праці (Практичний курс): навч. посіб. Кам'янець-Подільський: "Думка", 2010. 152 с.

28. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення. За редакцією Яцука І. П., Балюка С. А. Київ, 2013. 104 с.

29. Методики визначення складу та властивостей ґрунтів. За редакцією С.А. Балюка. Харків, 2004. Книга 1. 212 с

30. ДСТУ 4770.3:2007 Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук кадмію в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії.

31. ДСТУ 4770.9:2007 Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук свинцю в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії.

32. ДСТУ 4770.8:2007 Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук хрому в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії.

33. Медведев В. В., Лактіонова Т. М., Булигін С. Ю., Тимченко Д. О. та ін. Методика моніторингу земель, що перебувають у кризовому стані. НМЦ проблем ґрунтознавства, меліорації й охорони ґрунтів. Харків, 1998. 88 с.

34. Усманова Г.О., Мельник А.І. Забруднення важкими металами ґрунтів та овочевої продукції в зоні автотраси. *Агроекологічний журнал*. 2010. №1. С. 25–30.
35. Чайка О. Г., Мацьків О. О., Стокалюк О. В., Руда М. В. Дослідження вмісту важких металів у ґрунті на прилеглих територіях автозаправних станцій. *Науковий вісник НЛТУ України*. Львів, 2018. Том 28, № 10. С. 62–65.
36. Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної Державної адміністрації. URL: <https://deplv.gov.ua/>
37. Грабак Н. Х., Будикіна Ю. І. Техногенно забруднені землі та шляхи їх безпечного використання в агропромисловому виробництві. *Наукові праці: наук.-метод. журнал. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили*, 2014. Т. 232. Вип. 220. Екологія. С. 83–87.
38. Борецька І. Ю., Джура Н. М., Романюк О. І. Фіторе mediaція техногенно забруднених ґрунтів з використанням енергетичних культур. *Екологічні науки*. 2021, №6 (39). С. 72 – 76.
39. Ласло О.О. Відновлення порушених земель сільськогосподарського призначення за допомогою біоре mediaції. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: зб. наук. пр.* Рівне, 2014. С. 94–100.
40. Пацула О. І., Фецюх А. Б., Буньо Л. В. Використання *Salix viminalis* L. для фіторе mediaції ґрунтів, забруднених важкими металами. *Екологічні науки*. 2018. Т. 2, № 20. С. 101–106.
41. Самохвалова В. Л. Біологічні методи ре mediaції ґрунтів, забруднених важкими металами. *Біологічні студії*. 2014. С. 217–236
42. ДСТУ 7875:2015 Охорона ґрунтів. Екологічне нормування антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив. Основні положення.
43. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton, FL: Crc Press, 2011. 505 p.
44. Гуральчук Ж. З. Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії. Київ: Логос, 2006. 208 с.
45. Інтерактивна карта ґрунтів України. URL: <https://surl.li/kzgjxe>