

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут нафтогазової інженерії
Кафедра технології захисту навколишнього середовища та безпеки праці

Король Євген Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК _____

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Аналіз джерел та наслідків антропогенного забруднення ґрунтів басейну річки

Сівка

(назва роботи)

Технології захисту навколишнього середовища

(назва освітньої програми)

183 Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва спеціальності)

Робота містить результати власних досліджень, використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело:

Здобувач освітнього ступеня _____ Євген Король

(підпис, ім'я та прізвище здобувача)

Науковий керівник _____ Андрій Коцюбинський, канд. фізико-матем.
наук, доц. кафедри ТЗБП

(підпис, ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання керівника)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Доц. каф. ТЗБП _____

(посада)

(підпис)

(дата)

Галина Грицуляк _____

(ім'я та прізвище)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
 Інститут нафтогазової інженерії
 Кафедра технології захисту навколишнього
 середовища та безпеки праці ОПП Технології захисту
 навколишнього середовища

Затверджую
 Зав. кафедри ТЗНС
Галина Грицуляк _____
 (ім'я та прізвище) (підпис)
 “ ___ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Королю Євгену Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз джерел та наслідків антропогенного забруднення ґрунтів басейну річки Сівка

керівник роботи Андрій Коцюбинський, канд. фізико-матем. наук, доц. кафедри ТЗБП
 (ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання керівника)

затверджені наказом університету від “ ___ ” _____ 20__ р. № _____

2. Термін здачі закінченої роботи “ ___ ” _____ 20__ р.

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст пояснювальної записки _____

5. Орієнтовний перелік текстового та графічного матеріалу в презентації

Календарний план виконання бакалаврської роботи

№	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання	Примітка
1	Узгодження із керівником теми роботи	27.03.25	
2	Підготовка і аналіз наукових джерел	27.03 – 10.06.25	
3	Написання теоретичної частини	28.03 – 05.05.25	
4	Написання практичної частини	05.05 – 05.06.25	
5	Оформлення висновків	01.06 – 03.06.25	
6	Оформлення роботи	01.06 – 10.06.25	
7	Захист бакалаврської роботи		

Студент _____ Євген Король
 (підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ Андрій Коцюбинський
 (підпис) (ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

У бакалаврській роботі досліджено причини та наслідки антропогенного забруднення ґрунтів у басейні річки Сівка в Івано-Франківській області. Дослідження включало систематизацію літературних джерел, аналіз карт та відбір зразків ґрунту для подальшого лабораторного аналізу. Отримані результати свідчать про високий рівень техногенного навантаження на ґрунтовий покрив, зумовлений різними видами антропогенної діяльності, серед яких переважають, діяльність промислових підприємств, комунальна інфраструктура, а також інтенсивне сільськогосподарське використання земель. Лабораторні дослідження показали перевищення гранично допустимих концентрацій важких металів таких як свинцю, нікелю, міді та цинку. Ці забруднювачі негативно впливають на агрофізичні властивості ґрунту, знижують його родючість, погіршують санітарно-гігієнічний стан середовища, що в кінцевому результаті відображається на здоров'ї населення та стані екосистем. Проведене дослідження підтверджує необхідність посилення екологічного моніторингу, впровадження сучасних технологій землекористування та раціонального управління природними ресурсами щоб запобігти подальшій деградації ґрунтового покриву.

Ключові слова: ґрунт, забруднення, антропогенний вплив, важкі метали, басейн річки Сівка, сільське господарство, пестициди, добрива, деградація ґрунтів, лабораторні дослідження, екологічний моніторинг.

ANNOTATION

The bachelor's thesis carried out a comprehensive study of the sources and consequences of anthropogenic soil pollution within the Sivka River basin, located in the Ivano-Frankivsk region. The study included a systematisation of literature sources, map analysis, and soil samples for further laboratory analysis. The results obtained indicate a high level of anthropogenic pressure on the soil cover caused by various types of anthropogenic activities, including industrial enterprises, municipal infrastructure, and intensive agricultural use of land. Laboratory tests have shown that the maximum permissible concentrations of heavy metals such as lead, nickel, copper and zinc are exceeded. These pollutants negatively affect the agrophysical properties of the soil, reduce its fertility, and deteriorate the sanitary and hygienic state of the environment, which ultimately affects public health and ecosystems. The study confirms the need to strengthen environmental monitoring, introduce modern land use technologies and rational management of natural resources to prevent further degradation of the soil cover.

Keywords: soil, pollution, anthropogenic impact, heavy metals, Sivka River basin, agriculture, pesticides, fertilisers, soil degradation, laboratory research, environmental monitoring.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ	
1.1. Екологічна роль ґрунтів та їхнє значення в природних і антропогенних системах.....	9
1.2. Антропогенне забруднення ґрунтів.....	11
1.3. Вплив забруднення ґрунтів на екосистеми та здоров'я населення.....	19
РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ РІЧКИ СІВКА ТА ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ	
2.1 Фізико-географічна характеристика.....	29
2.2. Основні джерела потенційного забруднення ґрунтів у регіоні.....	49
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ҐРУНТІВ У БАСЕЙНІ РІЧКИ СІВКА	
3.1. Методика відбору зразків ґрунту.....	60
3.2. Методи визначення вмісту забруднювальних речовин.....	63
3.3. Характеристика місць відбору матеріалу для дослідження.....	65
РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	
4.1 Результати лабораторного аналізу ґрунтових зразків.....	66
4.2 Оцінка ступеня забруднення ґрунтів відносно нормативних показників та екологічних стандартів.....	70
ВИСНОВКИ.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76
ДОДАТКИ.....	85

ВСТУП

Серед важливих екологічних викликів сучасності вирізняється проблема збереження якості ґрунтового покриву як ключового компонента біосфери. Особливе занепокоєння викликає зростання рівня антропогенного забруднення ґрунтів, зумовлене активним розвитком промисловості, транспорту та сільського господарства. У цьому контексті басейн річки Сівка, розташований у межах Івано-Франківської області, є значущою природною системою, яка виконує важливі екологічні й соціально-економічні функції. Проте останніми роками стан її природних ресурсів погіршується через зростання впливу людської діяльності.

Вибір теми дослідження обумовлений необхідністю комплексного аналізу джерел та наслідків забруднення ґрунтів у межах басейну річки Сівка, що своєю чергою, є важливим кроком для розробки заходів щодо збереження довкілля та забезпечення сталого природокористування. Крім того, проведення таких досліджень відповідає нагальним потребам агропромислового комплексу та екологічного моніторингу України, особливо в контексті імплементації європейських стандартів у сфері охорони ґрунтів.

Мета дослідження полягає у встановленні основних джерел антропогенного забруднення ґрунтів басейну річки Сівка та оцінці їхнього впливу на стан ґрунтового середовища.

Відповідно до поставленої мети були сформульовані такі завдання:

1. Здійснити оцінку актуальності проблеми антропогенного забруднення ґрунтів та наслідки на навколишнє середовище
2. Дати загальну характеристику басейну річки Сівка, включаючи фізико-географічні умови, ґрунтовий покрив, кліматичні особливості та особливості землекористування
3. Виявити основні антропогенні джерела забруднення ґрунтів у межах басейну річки Сівка.
4. Провести відбір та лабораторний аналіз ґрунтових зразків із різних ділянок досліджуваної території для визначення рівнів забруднення.

5. Проаналізувати наслідки виявленого забруднення для екологічного стану ґрунтового середовища та потенційні ризики для довкілля і здоров'я населення.

6. Запропонувати рекомендації щодо зниження рівня антропогенного навантаження на ґрунти в межах басейну річки Сівка та напрямки подальшого моніторингу.

Об'єктом дослідження є ґрунтове середовище басейну річки Сівка як комплексна природна система, що зазнає антропогенного впливу.

Предметом дослідження виступають джерела антропогенного забруднення та їхні наслідки для фізико-хімічних властивостей ґрунтів.

У процесі виконання дослідження були використані такі методи: аналітичний метод (для системного опрацювання літературних джерел і нормативних документів), польові методи (відбір проб ґрунту) лабораторні методи (фізико-хімічний аналіз зразків для визначення вмісту забруднюючих речовин), статистичні методи обробки даних (для оцінки варіаційних характеристик забруднення) та геоінформаційний аналіз (для картографування рівнів забруднення). Застосування вказаних методів забезпечує об'єктивність, репрезентативність та достовірність отриманих результатів.

Наукова новизна роботи полягає в уточненні джерел забруднення ґрунтів у межах конкретної регіональної системи – басейну річки Сівка; а також у запропонованих заходах щодо мінімізації негативного впливу техногенних чинників.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості їх використання для розробки науково обґрунтованих програм екологічної реабілітації забруднених територій та оптимізації системи екологічного моніторингу в регіоні.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 85 сторінок. Робота містить 7 таблиць, 7 рисунків та 6 додатків. Список використаних джерел налічує 31 найменувань.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ

1.1 Екологічна роль ґрунтів та їхнє значення в природних і антропогенних системах

Ґрунт виконує цілу низку життєво важливих функцій — від забезпечення рослин поживними речовинами до фільтрації забруднювачів і накопичення вуглецю. Водночас, на сучасному етапі розвитку суспільства, особливо в умовах інтенсивного техногенного навантаження, все частіше спостерігається погіршення якісного стану ґрунтів. Як зазначають автори у [1], ґрунт є одним з важливих компонентів природного середовища. Це сфера, де екологічні чинники мають вирішальний вплив на зміну складу та властивостей самого ґрунту, а також на чисельність мікроорганізмів у ньому. Незважаючи на те, що ґрунтовий покрив має значні резерви стійкості та саморегуляції, він надзвичайно чутливий до антропогенного впливу.

У природних екосистемах ґрунт виступає як інтегруючий елемент, що поєднує атмосферу, гідросферу, літосферу та біоту. Через ґрунтову товщу проходить більшість обмінних процесів — як біохімічних, так і фізико-хімічних. Основними екологічними функціями ґрунту є: продукційна, буферна, фільтраційна, регуляторна, середовищетворча та бар'єрна. Продукційна функція проявляється у здатності ґрунту забезпечувати рослини поживними речовинами, вологою та повітрям, необхідними для їхнього росту та розвитку. Буферна функція пов'язана зі здатністю ґрунту нейтралізувати зовнішні хімічні впливи — зокрема, кислотні дощі, внесення добрив, побутові та промислові викиди. Завдяки цьому ґрунт захищає підземні води й живі організми від токсичної дії ксенобіотиків.

Однією з ключових властивостей ґрунту є його здатність до самоочищення. Завдяки високій біотичній активності — присутності мікроорганізмів, грибів, дощових черв'яків та інших організмів — у ґрунтовому середовищі постійно відбувається розщеплення органічних залишків,

трансформація забруднюючих речовин, мінералізація сполук та інші процеси, які підтримують стабільність екосистеми. Водночас саме ґрунти першими реагують на зміни в навколишньому середовищі — будь-яке порушення режиму зволоження, кислотності, температурного режиму або надходження забруднюючих речовин одразу відображається на їхньому фізико-хімічному складі, структурі та біологічній активності.

У контексті антропогенного навантаження роль ґрунту набуває ще більшого значення. З одного боку, він слугує основним середовищем для сільськогосподарської діяльності, будівництва, промислового розвитку, а з іншого — виконує функцію приймача забруднювачів і акумулятора антропогенних впливів. Індустріалізація, урбанізація, хімізація сільського господарства, неконтрольоване використання земельних ресурсів призводять до деградації ґрунтового покриву. Найбільш поширеними видами деградації є ерозія, засолення, ущільнення, втрата органічної речовини, зниження родючості та накопичення токсичних речовин.

1.2 Антропогенне забруднення ґрунтів

Антропогенне забруднення ґрунтів — це процес погіршення якісних характеристик ґрунту внаслідок безпосереднього або опосередкованого впливу діяльності людини. До таких процесів, зазвичай, належать надмірне внесення добрив і пестицидів, скиди промислових і побутових відходів, транспортування та зберігання небезпечних речовин, розливи нафтопродуктів, викиди важких металів у результаті роботи промислових підприємств тощо (рис. 1.2)



Рисунок 1.2 – Схема антропогенного забруднення ґрунтів

З точки зору природоохоронної термінології, під забрудненням ґрунту розуміють порушення його фізичних, хімічних або біологічних властивостей, яке призводить до зниження родючості, погіршення санітарно-гігієнічних умов, накопичення токсичних речовин у біосфері та створення потенційної небезпеки для здоров'я людини.

Важливо зазначити, що ґрунт має здатність до самоочищення завдяки діяльності мікроорганізмів, процесам сорбції, хімічної трансформації тощо. Проте інтенсивне антропогенне навантаження здатне перевищити цю природну здатність і призвести до незворотних наслідків. Відомо, що більшість

забруднювачів має високу стійкість у ґрунтовому середовищі, тому вони можуть зберігатися там десятиліттями.

Антропогенне забруднення ґрунтів прийнято класифікувати за різними ознаками. Найпоширенішим є поділ за джерелами та походженням забруднюючих речовин. Розглянемо основні з них.

Промислові підприємства становлять одне з найсуттєвіших джерел антропогенного забруднення ґрунтів, що зумовлено характером їх виробничої діяльності, обсягами використання сировини, а також технологічними особливостями переробки матеріалів. У результаті функціонування таких об'єктів у навколишнє середовище потрапляють численні хімічні сполуки, зокрема важкі метали, нафтопродукти, сполуки NO_x, P₄, феноли, формальдегіди та інші забруднювальні речовини. Ці сполуки потрапляють у ґрунт переважно через несанкціоновані скиди, порушення герметичності трубопроводів, аварійні ситуації, викиди в атмосферу з наступною седиментацією, а також через накопичення відходів на поверхні землі.

Однією з основних галузей, що негативно впливають на стан ґрунтів, є металургійна промисловість. Метали порівняно легко накопичуються у ґрунтах, проте повільно і важко видаляються з них. Найбільш токсичними для ґрунту є Pb, Hg, Th, Cd, Be, Cr, Ni та Co. Токсичні також Ge, Sn, W, Mo, Li, Bi, Mn, Cu, As, Se, Al (табл. 1.2.1). Детальніший опис забруднюючих речовин наведено у додатку А. Більшість цих речовин концентрується в трофічних ланцюгах. Хоча самі по собі важкі метали не є ксенобіотиками, але в підвищених концентраціях вони приводять до біологічної шкоди всім живим організмам.

Таблиця 1.2.1 - Антропогенні джерела забруднення навколишнього середовища важкими металами

Джерело забруднення важкими металами	Хімічні елементи
Кольорова металургія	Pb, Zn, Cu, Hg, Mn, Sb, W, Co, Cd
Чорна металургія	Ni, Mn, Pb, Cu, Zn, W, Co
Нафтопереробна промисловість	Pb, Cu, Ni, Zn, Mn
Спалювання вугілля	Sb, As, Cd, Cr, Mo
Спалювання нафти	As, Pb, Cd
Теплові електростанції	As, Sb, Se

Важливо зазначити, що джерелами забруднення можуть бути не лише великі заводи, але й дрібні підприємства, які часто не мають сучасних систем очищення, діють без належного контролю з боку екологічних служб і порушують встановлені норми поводження з відходами. Така ситуація характерна для багатьох індустріальних зон в Україні, де екологічні аспекти часто поступаються економічним міркуванням.

Хімічне забруднення вважається одним з найнебезпечніших, оскільки речовини, розчинені у потоці води, здатні розповсюджуватися через ґрунти. Це явище виникає внаслідок проникнення різноманітних хімічних речовин у ґрунт під час виробничих процесів, транспортування, зберігання або утилізації хімічної сировини, відходів та продуктів згорання. З усіх форм викидів забруднюючих речовин найбільше страждає ґрунт, що, своєю чергою, змінює склад природних вод завдяки процесам фільтрації. За несприятливих умов ці речовини можуть проникати у глибші горизонти землі, забруднювати ґрунтові води і тим самим порушувати екосистемні функції ґрунту. Додатково слід звернути увагу на забруднення ґрунтів органічними речовинами, такими як пестициди, що використовуються для боротьби з бур'янами (гербіцидами), комахами (інсектицидами), кліщами (акарицидами), грибками (фунгіцидами) та для обробки рослин перед збиранням врожаю (дефоліантами). За сучасними

оцінками, лише 1-3% фунгіцидів та інсектицидів досягають своєї мети, тільки 5-40% гербіцидів ефективні проти бур'янів, а решта залишається в ґрунті [6]. Інеральні добрива, призначені для підвищення врожайності сільськогосподарських культур, зазвичай містять основні макроелементи — азот (N), фосфор (P) і калій (K). Втім, як свідчить практика, під час їх внесення не завжди враховуються агрохімічні властивості ґрунту, специфіка агротехніки конкретної культури, а також оптимальні терміни й норми удобрення. Як результат, відбувається накопичення добрив як у ґрунтового середовищі, так і в рослинній біомасі.

Нафтопереробна та нафтохімічна промисловість також є вагомим джерелом забруднення. Процеси транспортування, зберігання та переробки нафтопродуктів часто призводять до витікання нафти в ґрунт. Негативні наслідки включають деградацію ґрунтового покриву в районах розливу нафти й вплив її компонентів на прилеглі екосистеми, що спричиняє появу продуктів трансформації нафти в різних елементах біосфери [3].

Джерела можливого забруднення ґрунту можна умовно розділити на дві основні категорії:

– об'єкти, що створюють загрозу тривалого забруднення, зокрема нафтопроводи, нафтопереробні та хімічні підприємства, автозаправні станції, транспортні магістралі, об'єкти нафтовидобування тощо;

– аварійні розливи нафти, які спричиняють сильний разовий вплив на ґрунтові екосистеми. Однією з найпоширеніших причин таких розливів є аварії під час видобутку, зберігання або транспортування нафти. [2]. Втрати нафтопродуктів показані в таблиці 1.2.2

Таблиця 1.2.2 – Джерела втрат нафтопродуктів

Джерело втрат	Відсоток втрат
В резервуарах	64,8
від «великих подихів»	54
від видування	4,6
від газового сифона	0,9

Продовження таблиці 1.2.2

при зачистці	5,3
в насосних станціях	2,3
з каналізаційними стоками	7,5
В лінійної частини	23,5
від витоків	22,3
від аварій	1,2
при наливі залізничних цистерн	1,84

Причинами аварійних викидів часто стають спроби крадіжки пального. Крім того, на забруднення довкілля суттєво впливають стихійні лиха та локальні збройні конфлікти, які часто призводять до порушення герметичності інженерних систем і розгерметизації резервуарів із небезпечними речовинами. Окрему екологічну загрозу становлять як діючі, так і законсервовані або покинуті військові полігони. На таких територіях основними джерелами забруднення, як правило, є відкриті або технічно зношені сховища паливно-мастильних матеріалів, що функціонують без належного технічного контролю та захисних бар'єрів. Аварійні розливи нафти вимагають оперативного реагування із застосуванням спеціалізованої техніки, відповідних технологій та залучення значної кількості кваліфікованого персоналу. У більшості випадків процес ліквідації такого виду забруднення поділяється на два основні етапи. На першому етапі здійснюється механічний або комбінований збір нафти, що потрапила в навколишнє середовище. Наступним кроком є доочищення забрудненої території від залишкових нафтопродуктів із використанням хімічних, біологічних або фізико-хімічних методів.

При поступовому довготривалому забрудненні ґрунтів нафта і нафтопродукти мають тенденцію проникати в глибші шари ґрунтового профілю, що призводить до порушення існуючої екологічної рівноваги. У міру проникнення в глибші горизонти забруднюються ґрунтові води, а за сприятливих умов можуть виникати антропогенні скупчення вуглеводнів, що

значно погіршує екологічний стан досліджуваних територій. Органогенна природа нафтового забруднення призводить до зміни геохімічних, агрохімічних і фізико-хімічних властивостей, діяльності ґрунтового біоценозу та газового режиму ґрунту [2]. Такі зміни можуть виявитися незворотними і настільки суттєвими, що іноді виникають сумніви щодо можливості відновлення екосистеми до її колишнього стабільного стану. Водночас, у випадках незначного відхилення параметрів від фонових значень, підвищується ймовірність відновлення екологічної рівноваги ґрунтів, що може відбуватися як за рахунок природних процесів самоочищення, так і із застосуванням відповідних технологій ремедіації.

Забруднення ґрунтів радіонуклідами виникає внаслідок потрапляння в ґрунтовий покрив різноманітних радіоактивних ізотопів, здатних викликати довготривалі зміни фізико-хімічних властивостей та біологічної активності ґрунту. Слід зазначити, що радіонукліди, які здатні накопичуватися в ґрунтах, характеризуються як штучного, так і природного походження. Відомо, що природні радіонукліди, зокрема уран-238, торій-232, радій-226, а також радіоактивні ізотопи калію (K-40), присутні у ґрунтах у незначних кількостях через геологічні процеси, однак антропогенне навантаження значно підвищує їх концентрації, що створює потенційну загрозу для навколишнього середовища. У цьому контексті, промислові підприємства, які використовують або виробляють радіоактивні матеріали, атомні електростанції, медичні установи, а також об'єкти, пов'язані з видобутком і переробкою уранових руд, є основними джерелами штучного радіонуклідного забруднення ґрунтів. Радіологічний моніторинг особливо важливий у зв'язку з наслідками Чорнобильської катастрофи, в результаті якої в навколишнє середовище було викинуто близько 1 МКі ^{137}Cs і 0,22 МКі ^{90}Sr . У той же час, розподіл ^{90}Sr в Україні значно відрізняється від розподілу ^{137}Cs , оскільки понад 60 % викинутих важких летючих елементів (трансуранових елементів), таких як ^{90}Sr , залишилися в зоні відчуження. [7]. Варто підкреслити, що міграція радіонуклідів у ґрунтовому профілі визначається багатьма факторами, серед яких основними є фізико-

хімічні властивості ґрунту, хімічна природа самого ізотопу, гідрологічні умови та кліматичні фактори. Так, радіонукліди можуть знаходитися у ґрунті у вигляді розчинних у воді іонів, а також зв'язаних із колоїдними частками або органічною речовиною. Ця подвійна форма існування значною мірою впливає на їх рухливість і здатність проникати у нижні горизонти ґрунту. Зокрема, іони цезію-137 і стронцію-90, які є основними продуктами ядерних реакторів і збираються у верхньому шарі ґрунту, мають високу біодоступність, що забезпечує їх включення у харчові ланцюги. Проте, наприклад, ізотопи плутонію, маючи тенденцію до міцного зв'язку з ґрунтовими частками, характеризуються меншою міграційною здатністю, але більш тривалим періодом напіврозпаду, що робить їх довготривалим джерелом забруднення. Більше ніж за двадцять років радіаційний фон зменшився у сотні разів. Відбулось зменшення вмісту радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища, в продукції сільськогосподарського виробництва. А це, в свою чергу, зумовило зменшення доз зовнішнього та внутрішнього опромінення населення. Значне значення має і роль органічної речовини ґрунту у процесах сорбції радіонуклідів. Органічні компоненти, зокрема гумусові речовини, мають високу здатність утворювати комплекси з радіонуклідами, що частково обмежує їх рухливість, однак може також створювати резервуар забруднювачів у верхніх шарах ґрунту. Досить великий вплив на поведінку радіонуклідів в ґрунті і перехід їх в сільськогосподарську продукцію мають генетичні особливості та агрохімічні показники ґрунтів [7]. Водночас, кислотність ґрунтового середовища суттєво впливає на стан радіонуклідів: кислі ґрунти зазвичай сприяють більшій розчинності та міграції іонів, у той час як лужні умови сприяють їхній іммобілізації. Крім того, на міграцію радіонуклідів у ґрунті впливає вміст оксидів заліза та алюмінію, які діють як сорбенти.

Враховуючи тривалість періодів напіврозпаду радіоактивних ізотопів, забруднення ґрунтів радіонуклідами має довготривалий характер і вимагає комплексного підходу до моніторингу та рекультивациі територій. Для контролю рівня радіонуклідного забруднення застосовують різноманітні

методи, серед яких спектрометричні аналізи з використанням гамма-спектрометрії, яка дозволяє визначати типи та концентрації ізотопів у пробах ґрунту з високою точністю. Крім того, застосовують радіохімічні методи, що включають екстракцію іонів, аналіз зразків за допомогою мас-спектрометрії та інших фізико-хімічних підходів.

1.3 Вплив забруднення ґрунтів на екосистеми та здоров'я населення

Одним із найбільш небезпечних типів забруднення ґрунтів є наявність важких металів. Ці елементи мають здатність накопичуватися у ґрунтах протягом тривалого часу, практично не розкладаючись, і що найнеприємніше – переходити у рослини, які згодом потрапляють у раціон людини. Наприклад, при концентраціях алюмінію, основними джерелами яких є посуд, чай та аспірин, більше ніж 10 мкг/л, розвивається хвороба Альцгеймера. Чотиривалентний хром, що утворюється як відходи гальванічних виробництв, дуже шкідливо впливає на нирки та легені. Кадмій вражає печінку, веде до розвитку гіпертонії, а в підвищеній концентрації має канцерогенну дію [10]. У ґрунтових екосистемах важкі метали (зокрема Cd, Pb, Hg, As, Cr, цинк, Cu, Ni) порушують мікробіологічну рівновагу, інгібують активність ферментативних процесів і викликають пригнічення чисельності ґрунтових мікроорганізмів. Це призводить до зниження рівня мінералізації органічної речовини, порушення циклів азоту, фосфору та сірки, а також зменшення родючості ґрунту. Зниження біологічної активності ґрунту, викликане металами, знижує здатність до самоочищення та регенерації ґрунтового середовища.

Фітотоксична дія важких металів проявляється у гальмуванні росту рослин, пригніченні фотосинтетичної активності, змінах морфологічної структури кореневої системи та зниженні продуктивності. Метали, що акумулюються в тканинах рослин, здатні проникати в харчовий ланцюг, спричиняючи подальший токсичний вплив на травоядних та зооценоз в цілому. Видове різноманіття на забруднених територіях істотно зменшується, переважають стійкі до металів види, що не завжди виконують ті самі екологічні функції, як і раніше домінуючі таксони. Це призводить до функціональної деградації екосистем.

Особливе занепокоєння викликає вплив ґрунтових забруднень на стан водних об'єктів. Через процеси вилуговування та ерозії важкі метали потрапляють у поверхневі та підземні води, що несе загрозу біоценозам водойм, а також формує серйозні ризики для питного водопостачання. Метали,

зокрема кадмій і ртуть, є високотоксичними навіть у низьких концентраціях та можуть накопичуватися в організмах риб, моллюсків, амфібій, що впливає на репродуктивну здатність, морфогенез і поведінкові реакції представників водної фауни.

Контакт населення із забрудненим ґрунтом можливий не лише через прямий фізичний контакт або вдихання пилу, а й через споживання продуктів харчування, вирощених на контамінованих територіях. Найбільшу небезпеку становить біоаккумуляція кадмію, свинцю, миш'яку та ртуті в харчових рослинах. У роботі "Sources, effects and present perspectives of heavy metals contamination: Soil, plants and human food chain" автори зазначають, що ці важкі метали, можуть накопичуватись у їстівних частинах рослин. Це викликає окислювальний стрес, порушення клітинного метаболізму та знижує врожайність. Крім того, вживання такої продукції становить серйозну загрозу для здоров'я людини, зокрема — для печінки, нирок і центральної нервової системи [1]. Свинець, який легко транспортується з ґрунту в рослини, знижує когнітивні функції у дітей, погіршує роботу нервової системи та порушує синтез гемоглобіну. Кадмій має виражену нефротоксичну дію, сприяє розвитку остеомалачії та негативно впливає на обмін кальцію. Миш'як пов'язаний з підвищеним ризиком онкологічних захворювань, а хронічне надходження ртуті призводить до тяжких уражень центральної нервової системи. Згідно з міжнародними вимогами, розробленими Спільною комісією ФАО/ВООЗ, вміст Pb, Cd, As, Hg, Zn і Cu в продуктах харчування повинен контролюватися. Допустимі рівні вмісту токсичних елементів у різних групах продовольчої сировини та продуктів харчування на сьогодні визначені наступним чином (табл.1.3.1) [5]

Таблиця 1.3.1 - Допустимі рівні вмісту токсичних елементів в різних групах продовольчої сировини і харчових продуктів

Групи харчових продуктів	Допустимі рівні вмісту токсичних елементів в різних групах продовольчої сировини і харчових продуктів в мг / кг			
	Pb	As	Cd	Hg
М'ясо, м'ясопродукти, птиця, яйця	0,5-1,0	0,1-1,0	0,05-1,0	0,03-0,2
Молоко і молочні продукти	0,1-0,5	0,05-0,3	0,03-0,2	0,005-0,03
Риба, нерибні продукти промислу й продукти, що виробляються з них	0,5-10,0	1,0-5,0	0,2-2,0	0,1-1,0
Зерно (насіння) хлібобулочні вироби, вироби з борошна	0,035-0,5	0,15-0,3	0,07-0,1	0,015-0,03
Цукор, кондитерські вироби	0,5-1,0	0,3-1,0	0,05-0,5	0,01-0,1
плодоовочева продукція	0,3-1,0	0,1-0,3	0,03-0,2	0,03-0,05
Олійна сировина і жирові продукти	0,1-1,0	0,1-0,3	0,03-0,2	0,03-0,05
Напої	0,03-0,3	0,05-0,2	0,001-0,03	0,0005-0,005
Інші продукти	0,2-10,0	0,1-3,0	0,1-1,0	0,03-1,0

Наступним суттєвим чинником є хімічне забруднення у широкому сенсі маються на увазі різноманітні неорганічні й органічні сполуки. З ґрунту хімічні речовини частково переходять в рослини, а з рослин з їжею потрапляють в організми тварин та людей. Нестача або надлишок мікроелементів у ґрунті призводить до порушення обмінних процесів не лише у травоядних, але і м'ясоїдних тварин та в організмі людини. Це викликає ендемічні захворювання. Ґрунти мають здатність накопичувати радіоактивні речовини, котрі вражають живі організми, а потрапляючи з їжею в організм тварин та людей, викликають захворювання різних органів [10]. На сьогодні існує обґрунтований зв'язок між хімічним забрудненням окремих територій і зростанням рівня захворюваності населення. Зокрема, спостерігається підвищена частота вроджених аномалій,

порушень фізичного та психоемоційного розвитку, зростання кількості захворювань серед дітей. Окрім того, відзначаються негативні зміни в репродуктивному здоров'ї жінок — зокрема, збільшення випадків токсикозу вагітності, передчасних пологів, мертвонароджень та гіпотрофії новонароджених.

Відомо, що надлишок нітратів у продуктах, вирощених на забруднених ґрунтах, спричиняє порушення обміну речовин, зниження імунітету і навіть метгемоглобінемію у дітей. Тривалий вплив фенолів та хлорорганічних сполук може пошкодити печінку, ендокринну та репродуктивну системи. Патогенні мікроорганізми, які проникають і активно розмножуються в ґрунтовому середовищі, можуть викликати низку небезпечних інфекційних захворювань, таких як сибірська виразка, газова гангрена, правець, ботулізм, холера, черевний тиф, дизентерія, бруцельоз, чума тощо. Забруднення ґрунту біологічними патогенами зазвичай відбувається через потрапляння в нього екскрементів тварин або людини. Зараження людей і тварин відбувається переважно через споживання забруднених, термічно необроблених або недостатньо очищених продуктів харчування, таких як сирі овочі та фрукти, а також недостатньо приготоване м'ясо. Іншим поширеним шляхом зараження є прямий контакт із зараженим ґрунтом, особливо якщо він є розсадником механічних переносників, таких як мухи.

Увагу заслуговують пестициди, які використовуються для боротьби зі шкідниками, хворобами рослин та бур'янами. Звичайно, вони відіграють важливу роль у сучасному сільському господарстві, але проблема полягає в тому, що більшість цих речовин потрапляє в ґрунт, де може залишатися десятиліттями. В результаті тривалого впливу населення все частіше страждає від захворювань серцево-судинної, дихальної, травної та нервової систем. Також спостерігаються випадки хронічного кон'юнктивіту та порушення репродуктивної функції у жінок. Тому доцільно враховувати віддалені наслідки хронічної інтоксикації пестицидами, оскільки деякі з них можуть мати канцерогенну, мутагенну, ембріотоксичну та гонадотропну дію [10].

Вплив пестицидів на людину відбувається як безпосередньо через вдихання аерозолів під час польових робіт, так і опосередковано через споживання продуктів, що містять залишкові кількості цих речовин. Численні дослідження показали, що хронічне отруєння пестицидами може призвести до розладів нервової системи, гормональних порушень, зниження фертильності та розвитку онкологічних захворювань. Слід зазначити, що мінеральні добрива загалом не становлять небезпеки, якщо дотримуватися встановлених норм. Однак надмірне використання азотних добрив призводить до сильного накопичення нітратів і нітритів у рослинних тканинах. Це, в свою чергу, не тільки погіршує органолептичні властивості продуктів (особливо їхній смак), але й може мати токсичний вплив на організм людини. Університет штату Мічиган вивчав вплив пестицидів на функцію нюху, спостерігаючи за 11 232 фермерами протягом останніх 20 років. Вони виявили, що 10,6% фермерів піддавалися впливу високих рівнів пестицидів, а ще 49% з них мали поганий нюх. [11].

Зокрема, згідно з численними дослідженнями, надмірне надходження цих сполук може спричинити дисфункцію шлунково-кишкового тракту (ШКТ), серцево-судинної системи (ССС) та центральної нервової системи (ЦНС), а в деяких випадках призвести до порушення інших важливих фізіологічних процесів [7].

Забруднення ґрунтів нафтою відбувається переважно через промислову діяльність, аварії на трубопроводах, витоки в резервуарах та неналежну утилізацію нафтовмісних відходів. Більш детальний аналіз показує, що нафтове забруднення ґрунту має комплексний вплив як на природні екосистеми, так і на здоров'я населення.

Перш за все, вплив на екосистеми на цій території є досить масштабним і проявляється по-різному:

- Фізичні та хімічні зміни ґрунту. Коли нафта потрапляє в ґрунт, вона утворює плівку, яка значно знижує аерацію ґрунту, тобто здатність до проникнення кисню. Внаслідок цього задихаються кореневі системи рослин і

гинуть мікроорганізми, які підтримують родючість ґрунту. З цієї причини дослідження показують різке зниження біорізноманіття на забруднених нафтою територіях (табл. 1.3.2)

Таблиця 1.3.2 - Ступінь деградації біологічно активного шару ґрунту, забрудненого нафтопродуктами

Ступінь деградації	Процеси, що відбуваються з рослинністю
Низький	Відсутність негативного впливу на природну рослинність з можливим вмістом вуглеводнів у поверхневому шарі ґрунту.
Середній	Точкове відмирання трав'янистої рослинності, явне ослаблення росту та розвитку культур.
Високий	Часткове відмирання трав'янистої рослинності, зниження врожайності приблизно на 50%.
Дуже високий	Зникнення або повне зникнення трав'янистої рослинності, неможливість вегетації сільськогосподарських культур без застосування меліоративних заходів

– Токсичний вплив на флору і фауну. Склад нафти включає численні токсичні компоненти, зокрема поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), феноли, сірковмісні сполуки, які мають канцерогенні властивості. Токсичність для риб коливається в широких межах. Гостре отруєння більшості видів риб настає при концентрації емульгованих нафтопродуктів 16 –97 мг/л. Неочищена бакинська нафта спричиняє загибель осетрових при концентрації 100 -200 мг/л, а при 50 мг/л спостерігається зниження їх зростання й розвитку. З костистих риб до нафти чутливіша молодь жереха і судака, для яких токсичні концентрації її перевищують 60 мг/л. Стійкіші сом, сазан та вобла. Вони гинуть при концентраціях 200 мг/л. Середньо-летальні концентрації нафтових фракцій, в яких переважають толуол, бензол і ксилол, становлять для карасів 19,8 мг/л (експозиція 48 годин). Бензин та дизельне паливо токсичні для молоді форелі в концентраціях 40 –100 мг/л.

Тепер, власне, щодо впливу на здоров'я населення, варто зазначити, що забруднення ґрунтів нафтою має і прямі, і непрямі наслідки.

По-перше, вживання в їжу продуктів, вирощених на забруднених землях, може бути небезпечним. Адже токсичні компоненти, які накопичуються у рослинах, а через них і в харчовому ланцюгу — у тваринах, негативно впливають на організм людини. Особливо це стосується дітей і людей з ослабленим імунітетом. Відомо, що регулярне накопичення ПАВ у організмі призводить до порушень у роботі печінки, нирок, а також може викликати онкологічні захворювання. При гострому отруєнні бензином стан нагадує алкогольне сп'яніння. Він виникає при концентрації парів бензину в повітрі 0,005-0,01 мг/м³. За концентрації 0,5мг/м³ смерть настає майже миттєво. Внаслідок частих повторних отруєнь бензином розвиваються нервові розлади, хоча при багаторазових діях невеликих кількостей може виникнути звикання (зниження чутливості).

По-друге, забруднені ґрунти часто розташовані поряд із житловими районами, що призводить до прямого контакту населення з токсичними речовинами. Тут слід відзначити такі шляхи впливу на здоров'я:

- Аерозолі і пил, що містять нафтові продукти, які піднімаються у повітря, можуть викликати захворювання дихальних шляхів.
- Контакт зі шкірою і слизовими оболонками, що може спричинити дерматити, алергічні реакції.

Щоб краще систематизувати розуміння, наведемо основні шляхи впливу нафтового забруднення ґрунтів на здоров'я населення у вигляді списку:

- Потрапляння токсичних речовин через харчовий ланцюг. Продукти рослинного і тваринного походження накопичують шкідливі речовини, які згодом вживаються людиною.
- Безпосередній контакт з забрудненим ґрунтом. Люди, які працюють або проживають у зоні забруднення, можуть зазнавати впливу токсинів через шкіру.
- Інґіляція забрудненого пилу. Пилкові частинки, забруднені нафтою,

проникають у дихальні шляхи і легені.

Процес накопичення радіонуклідів у ґрунтах призводить до формування зон підвищеної радіоактивності, які стають джерелом іонізуючого випромінювання для біоти і людини. Таким чином населення, що мешкає на забруднених радіонуклідами територіях, до 90 % дози одержує за рахунок внутрішнього опромінення з продуктами харчування, яке головним чином, відбувається в результаті їх переходу з системи ґрунт – рослина – тварина – людина [7]. Контамінація харчових продуктів, особливо овочів, злаків, молочних виробів та м'яса, спричиняє хронічне внутрішнє опромінення. Такий шлях надходження є найнебезпечнішим, оскільки радіонукліди вбудовуються в метаболічні процеси й затримуються в тканинах тривалий час.

І хоча процес міграції відбувається повільно, все ж його наслідки небезпечні, ці радіонукліди добре утримуються живими організмами. Цезій-137 замінює у м'яких тканинах натрій та калій, а стронцій-90 – замітник у кістках кальцію [12]. Накопичення цих радіонуклідів викликають ушкодження клітинних мембран, генетичний матеріал, порушення міжклітинної передачі сигналів, ушкодження кісткового мозку, провокуючи порушення гемопоезу, що з часом може призвести до анемії, імунодефіциту або онкогематологічних патологій. Найвразливішими до впливу радіонуклідів є діти, підлітки, вагітні жінки, люди з хронічними захворюваннями. У дитячому віці щитоподібна залоза активно накопичує йод-131, який надходить із забрудненим молоком, водою або продуктами. Ураження цього органа спричиняє розвиток тиреоїдних патологій, гіпотиреозу, вузлового зоба, а також злоякісних пухлин.

При дозі 1 Гр імовірності появи раку щитоподібної залози й раку молочної залози оцінюються величиною 0,01. Проте обидва різновиди раку в принципі виліковні, а смертність від раку щитоподібної залози особливо низька: на 1 Гр опромінення імовірність загибелі від раку молочної залози дорівнює 0,005, а імовірність загибелі від раку щитоподібної залози – 0,001. У післячорнобильський період ураження щитоподібної залози стало найпоширенішим наслідком серед населення північних та центральних регіонів

України. Хронічне опромінення низькими дозами призводить до мутагенних ефектів. Генетичні порушення виявляються не лише в осіб, які безпосередньо зазнали радіаційного навантаження, але й у наступних поколіннях. Гострі ураження, що полягають у знищенні клітин, ушкодженні тканин органів, зумовлюють швидку загибель організму і здебільшого виявляються протягом короткого проміжку часу. Зокрема, при поглиненій дозі 100 Гр смерть настає через кілька годин або днів внаслідок ураження центральної нервової системи, при поглиненій дозі 10–50 Гр смерть настає через один-два тижні внаслідок внутрішніх кровотеч (головним чином у шлунково-кишковому тракті), при дозах 3–5 Гр в 50% випадків опромінені гинуть протягом одного-двох місяців внаслідок ураження клітин головного мозку. Висока частота спонтанних мутацій, нестабільність геному, зростання числа хромосомних аберацій вказують на глибоку зміну спадкових структур. Особливу загрозу становить передача ушкодженого генетичного матеріалу через статеві клітини. Це обумовлює збільшення випадків безпліддя, порушень репродуктивної функції, вроджених аномалій розвитку, перинатальної смертності. Вплив радіонуклідів на ендокринну систему проявляється порушенням гормонального гомеостазу, зміною функціонування гіпоталамо-гіпофізарної системи, зниженням активності статевих гормонів. Ці зміни мають системний характер і супроводжуються загальною втомлюваністю, зниженням адаптаційного резерву, порушенням менструального циклу, потенції, а також ризиком ендокринозалежних новоутворень.

З боку імунної системи спостерігається пригнічення функції В- і Т-лімфоцитів, зниження синтезу імуноглобулінів, послаблення противірусного й протипухлинного захисту. Це сприяє росту захворюваності на грип, бронхіти, пневмонії, затяжні інфекції шлунково-кишкового тракту. У ряді випадків фіксуються аутоімунні реакції, спричинені неконтрольованою активацією імунної відповіді на фоновому рівні.

Психоневрологічні зміни, пов'язані з радіоактивним ураженням, характеризуються підвищеною тривожністю, порушенням пам'яті, уваги,

депресивними станами, емоційною лабільністю. Частина цих симптомів має психосоматичну природу, однак біологічні дослідження демонструють зв'язок між дозовим навантаженням і змінами в структурі нейроглії, порушеннями мієлінізації та зниженням рівня нейротрансмітерів.

Радіонукліди здатні викликати розвиток злоякісних новоутворень, особливо при тривалому внутрішньому опроміненні. Відзначено зростання випадків раку шкіри, легенів, шлунка, прямої кишки, молочної залози. Латентний період між початком накопичення ізотопів і клінічною маніфестацією захворювання може становити від 5 до 30 років, що суттєво ускладнює встановлення причинно-наслідкових зв'язків.

Зміни в серцево-судинній системі у осіб, що проживають на забруднених територіях, включають зростання артеріального тиску, порушення серцевого ритму, ішемічну хворобу, фіброз судинних стінок. Радіонукліди через метаболічні зсуви впливають на тонус судин, в'язкість крові та реологічні властивості плазми. Вплив радіонуклідів на організм є багаторівневим і складно прогнозованим. Підвищення захворюваності в регіонах із забрудненими ґрунтами є тривожним індикатором того, що ґрунтове середовище виступає не лише як об'єкт, а й як активний агент впливу на людину.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ РІЧКИ СІВКА ТА ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ

2.1. Фізико-географічна характеристика

Досліджувана територія охоплює частину басейну річки Сівка в межах міста Калуш Івано-Франківської області (рис. 2.1)

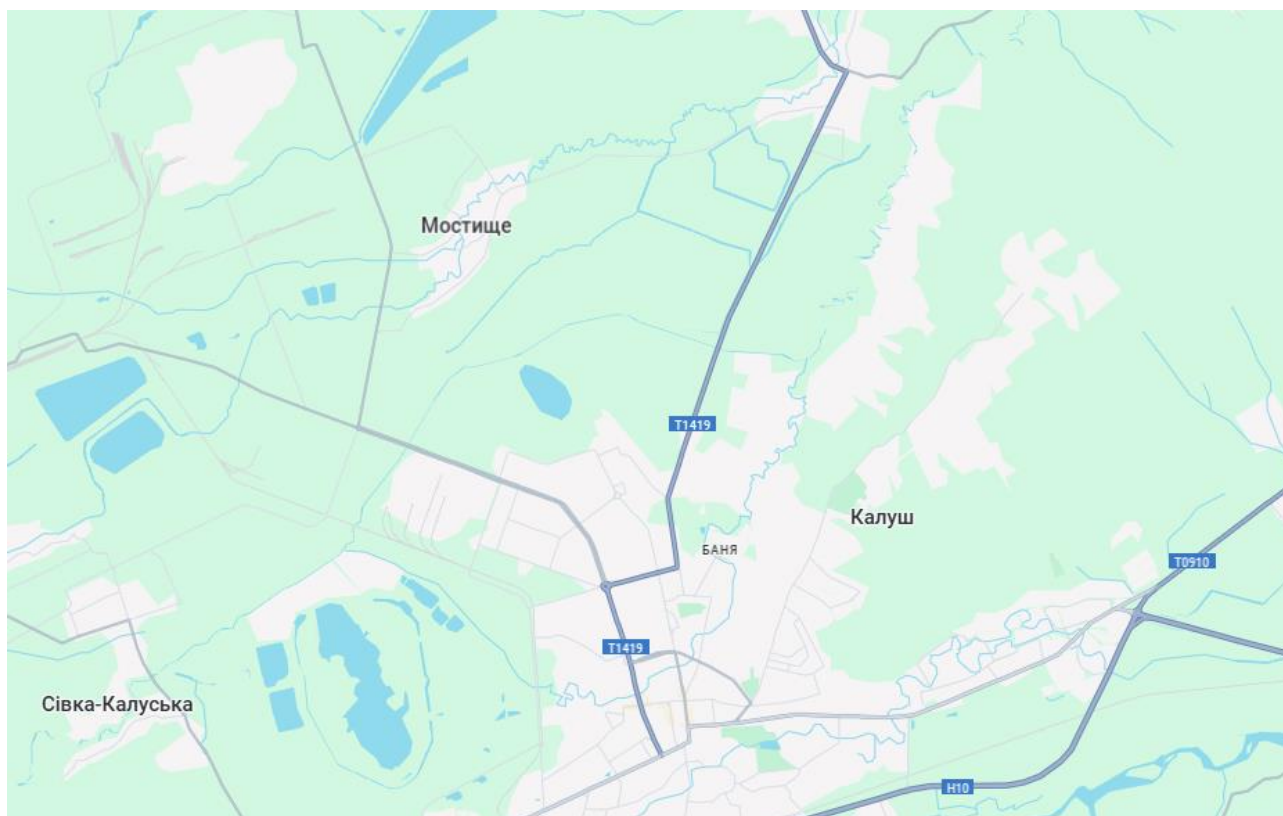


Рисунок 2.1.1 – Карта досліджуваної території

Басейн річки Сівка розташований на заході України, у межах Передкарпатського краю та Калуського передгір'я. Територія, яка розглядається в цій роботі, адміністративно належить до Калуської міської територіальної громади Івано-Франківського району. Географічне положення басейну визначає його належність до басейну Дністра — однієї з найважливіших водозбірних систем Західної України. Басейн річки Сівка охоплює території, що включають як міську, так і приміську зони, які характеризуються значним антропогенним впливом. Особливо це помітно в межах промислової зони Калуша, де зосереджено багато потенційних джерел забруднення довкілля. Загальна площа басейну Сівки становить близько 595

км², проте в межах міста Калуша дослідження охоплюють територію приблизно 25–30 км² [14], що є ключовою ділянкою з точки зору впливу урбанізованого середовища на якість ґрунтів та водних ресурсів. Річка Сівка бере свій початок поблизу міста Долини. В межах Калуша річка протікає центральною та північною частинами міста, перетинаючи як житлові квартали, так і промислові об'єкти. Вона має довжину близько 79 км, з яких близько 8-10 км припадає безпосередньо на межі міста. В межах Калуша русло річки зазнало значної трансформації внаслідок гідротехнічного втручання, меліорації, зміни природного ландшафту та розвитку промислової інфраструктури.

Географічно річка Сівка є правою притокою Дністра. Після виходу з меж Калуша вона прямує на південний схід, проходячи територіями кількох сільських громад, зокрема Сівки-Калуської, Копанок, після чого впадає в Дністер поблизу села Мошківці. Таким чином, басейн Сівки є важливим елементом регіональної гідрографічної сітки, що забезпечує водний стік до одного з найбільших річкових басейнів України. З точки зору адміністративного поділу, річка протікає через територію Івано-Франківського району, охоплюючи декілька територіальних громад. Основним осередком урбанізації в межах басейну є місто Калуш — важливий промисловий центр Прикарпаття, відомий своєю хімічною та нафтохімічною промисловістю. Саме тут сконцентровано значну частину потенційних джерел антропогенного навантаження на навколишнє середовище, включаючи забруднення ґрунтів та водних об'єктів.

Межі досліджуваної території в межах міста Калуша визначаються з урахуванням природних та техногенних факторів. До умовних меж дослідження входять південні райони міста, включаючи промислову зону (район Домбровського кар'єру), центральні мікрорайони з густою забудовою, а також північні території, де переважають малозабудовані ландшафти. Природною південною межею виступає підвищення рельєфу, що розділяє водозбори Сівки та її невеликих приток, тоді як північна межа обмежується територіями, що наближені до злиття з Дністром.

Територія басейну характеризується помірно розчленованим рельєфом із переважанням слабохвилястих і хвилястих форм. Абсолютні висоти змінюються в межах від 270 до 360 метрів над рівнем моря. Переважають незначні перепади висот, що зумовлюють спокійну морфодинаміку та уповільнений розвиток ерозійних процесів. Загальний напрямок похилу території орієнтований із північного заходу на південний схід, що корелює з напрямком течії річки Сівка та її малих приток. Основні морфогенетичні форми рельєфу включають вододільні плато, терасовані схили, днища балок, ерозійні долини, а також заплавно-руслові депресії. Вододільні ділянки відзначаються слабозвиненою ерозійною сіткою та рівнинним мікрорельєфом. Саме на цих підвищених ділянках зосереджені автоморфні ґрунтоутворювальні процеси, з переважанням темно-сірих опідзолених ґрунтів та сірих лісових ґрунтів на лесовидних суглинках. Умови тут є сприятливими для агровикористання, оскільки добре розвинений профіль ґрунту поєднується з достатнім дренаванням.

Схили мають різний ступінь крутизни — від 3–5° до 10° і більше у межах виражених ерозійних форм. У цих зонах активізуються делювіальні та гідроделювіальні процеси, що призводить до переформування верхніх горизонтів ґрунту, його розмивання, утворення ерозійних борозен, а також ущільнення нижчих частин схилу. На подібних елементах рельєфу найчастіше формуються змиті профілі дерново-середньо- або слабопідзолених ґрунтів із локальними ознаками деградації. Ці території також можуть бути осередками розвитку зсувних процесів, особливо в умовах перевищення критичного зволоження.

Заплави річки Сівка та її приток представляють окремий морфогенетичний комплекс, у межах якого домінують алювіальні тераси, часто зі слідами меандрування русла. Заплавна смуга має ширину від кількох десятків до понад 200 метрів у межах природних розширень річища. Тут спостерігається поширення глейово-лучних, болотистих та алювіальних ґрунтів з високою вологістю, нерідко з ознаками оглеєння. Поверхневі води мають тенденцію до

застою, що зумовлює формування особливих гідрологічних режимів. Рельєф таких ділянок є вирівняним, але з наявністю дрібних мікроформ — старичних лож, руслових борозен, незначних западин. Рельєф відіграє важливу роль у регуляції поверхневого та підземного стоку. В межах підвищених ділянок спостерігається більший ухил, що сприяє прискоренню поверхневого стоку, зменшенню інфільтрації, а отже — більшому ризику ерозії. У понижених ділянках, навпаки, формуються умови для акумуляції вологи, що сприяє розвитку процесів глеєутворення та заболочування. Особливо це актуально для притерасових зон, які частково дреноються тільки в періоди активної водності.

Важливо підкреслити, що геоморфологічна будова території є результатом поєднання природного тектонічного підняття, тривалого впливу ерозійних процесів і сучасного техногенного навантаження. Зокрема, у межах урбанізованої частини Калуша, де порушено природний рельєф через будівництво, рекультивацію, гірничі виробки та інші інженерні втручання, сформувались штучні форми мікрорельєфу. Вони впливають на локальні умови стоку та перерозподіл вологи, а також ускладнюють процеси природного ґрунтоутворення. Певну специфіку рельєфу додають карстові форми, що спостерігаються в зоні гідрогеологічного контакту вапнякових порід у західній частині басейну. Карстові зниження, западини та лійки формують особливу мережу підповерхневого дренажу, що суттєво впливає на рівень залягання ґрунтових вод та умови накопичення забруднювачів. У цих місцях часто спостерігається формування глибоких гумусових профілів, проте з порушеною структурою через провали ґрунту.

Гідрографічна мережа, що перетинає досліджуваний район, відноситься до басейну р. Дністер і представлена її правими притоками. Дана мережа знаходиться в кліматичних та орографічних умовах, які різко змінюються, що обумовлює, на окремих її ділянках, суттєві відміни водного режиму [18]. Особливості морфології поверхні безпосередньо детермінують структуру гідрографічної мережі, її щільність, характер розгалуження та напрямок стоку. У межах басейну річки Сівка гідрографічна система представлена

розгалуженою мережею водотоків постійного та тимчасового характеру, які формують складну дендритоподібну структуру, притаманну рівнинним передгірським регіонам. У межах досліджуваної території річка Сівка має ряд лівих та правих приток, серед яких найбільш значущими є: річка Млинівка (ліва притока), потік Копанки, потік Хотінь, струмок з району Вістови та кілька безіменних водотоків, що активізуються в періоди зволоження. Ці малі водотоки мають переважно тимчасовий характер стоку, однак відіграють вагомую роль у формуванні паводкового режиму, особливо під час весняного сніготанення або інтенсивних зливових опадів.

Руслова мережа річки Сівка частково регульована — на окремих ділянках спостерігається каналізування русла, створення дренажних і меліоративних каналів, що є наслідком антропогенного впливу. Такі втручання позначаються на швидкості течії, гідравлічному режимі та морфологічній стабільності русла. Особливо це актуально в межах міської забудови, де природний хід русла частково порушений інженерними спорудами та зміненням рельєфом. Водний режим річки Сівка визначається кліматичними особливостями регіону та гідрологічним балансом водозбірної площі. У гідрологічному плані річка характеризується вираженою сезонністю стоку з переважанням весняного паводкового періоду. Найвищі рівні води спостерігаються в березні–квітні внаслідок інтенсивного сніготанення в передгірських районах. У цей період можливі короткочасні виходи річки на заплаву, особливо у плоских ділянках русла.

Літній режим річки залежить від інтенсивності атмосферних опадів — у разі виникнення зливових дощів відзначається короткочасне підняття рівня води із значними амплітудами. Такі паводки мають стихійний характер і можуть викликати локальне підтоплення заплавної території. У межень, яка зазвичай припадає на серпень–вересень, спостерігається суттєве зниження водності, русло місцями пересихає, особливо в притоках, що мають переважно тимчасовий режим живлення. Осінній період характеризується деяким зростанням водності внаслідок сезонного збільшення кількості опадів, однак

пiк рiвня не досягає весняних показникiв. Зимовий режим рiчки вiдзначається стабiльною низькою воднiстю, формуванням крижаного покриву, який зазвичай утримується з грудня до початку березня. Товщина льоду коливається вiд 5 до 30 см залежно вiд погодних умов конкретного року. У вiдлигу можливі льодоставнi явища, що iнодi призводять до утворення заторiв на руслi та тимчасового пiдняття рiвня води.

Живлення рiчки Сiвка є змiшаним — за рахунок снiгових, дощових та частково пiдземних вод. Снiгове живлення домiнує навеснi, атмосфернi опади визначають лiтньо-осiнню воднiсть, а ґрунтово-пiдземне забезпечує базисний стiк у мiжсезоння. Питома вага пiдземного живлення незначна, що пов'язано з низькою водоноснiстю лесовидних суглинкiв та обмеженим розвитком водотривких пластiв.

Гiдрологiчна сiтка має вiдносно низьку щiльнiсть — у межах 0.3–0.5 км/км², що обумовлено загалом рiвнинним рельєфом, невисокою кiлькiстю атмосферних опадiв (в межах 600–750 мм/рiк) та iнфiльтрацiйною здатнiстю ґрунтового покриву. Це визначає вiдносну стiйкiсть водного режиму та слабкий розвиток паводкових явищ на фонi вiдсутностi потужного карпатського стоку.

Водозбiрна територiя рiчки Сiвка частково зазнає техногенного впливу — зокрема, у межах Калуша вiдзначається надходження стiчних вод, регулювання гiдрологiчного режиму каналiзацiйними системами, порушення природного дренажу внаслiдок урбанiзацiї. Все це змiнює спiввiдношення мiж поверхневим i пiдземним стоком, знижуючи природну саморегуляцiйну здатнiсть водної системи. У деяких випадках спостерiгається забруднення водотокiв органiчними та хiмiчними речовинами, що впливає на якiсть води та гiдробiоценози.

Климатичнi умови басейну рiчки Сiвка, розташованого в межах Ивано-Франкiвської облaстi, зокрема в межах Калуського району, визначаються його географiчним положенням, особливостями циркуляцiї атмосфери та мiсцевими орографiчними чинниками. Територiя знаходиться в межах захiдної частини Українського Передкарпаття, у зонi помiрно континентального клiмату з

вираженими сезонними контрастами температурного режиму, вологості, швидкостей вітру та характеру атмосферних опадів (табл. 2.1)

Таблиця 2.1 - Основні кліматичні показники

Температура повітря:	Середня за рік:	+ 17,9 °С
	абсолютний мінімум	- 32,0 °С
	абсолютний максимум	+ 36,0 °С
Температура ґрунту:	Середня за рік:	+ 9,4 °С
	абсолютний мінімум	-25,6 °С
	абсолютний максимум	+52,2 °С
Опалювальний період:	Середня температура	- 2,0 °С
	Період	187 днів
Атмосферні опади:	Середня річна кількість	750 мм
	Середня річна кількість (в гірській частині)	1400 мм
	Середньодобовий максимум	34 мм
	Спостережений місячний максимум	98 мм
Висота снігового покриву:	Середня декадна	30-40 см
Переважаючий напрям вітру:	Теплий період	Пн. – З. (18 %)
	Холодний період	Пд. – С. (22 %)
	Річний	Пн. – З. (18 %) Пд. – С. (15 %)

Продовження таблиці 2.1

Максимальна швидкість вітру:	Річна	3,6 м/с
	5 років	23 м/с
	10 років	24 м/с
	20 років	25 м/с
Особливі атмосферні явища:	Тумани	44 днів
	Зливи	121 днів
	Грози	42 днів
	Ожеледь	12 днів
	Штиль	13 %

Середньорічна температура повітря рівна плюс 7,4°C. Середньорічна температура повітря найбільш теплого місяця липня – плюс 17,9°C, а найхолоднішого – січня складає мінус 5,1°C. Число днів з температурою вище мінус 5°C рівна 339, вище нуля – 261, вище плюс 5°C – 212. Абсолютний мінімум температури мінус 32°C, а абсолютний максимум 36°C. Весна починається в березні – квітні, перше похолодання настає в жовтні. Дата переходу через нуль весною – 9 березня, осінню – 25 листопада. Тепла погода із середньомісячною температурою плюс 10°C встановлюється в травні і продовжується до жовтня. Перший мороз, в середньому, відноситься до 1 жовтня, останній до 27 квітня. Тривалість без морозного періоду рівна 156 діб [18]. Такі температурні амплітуди зумовлюють розвиток як теплових, так і морозобійних процесів у ґрунтовому середовищі, що важливо враховувати при аналізі екологічної стійкості ландшафтів.

Річні суми опадів коливаються в межах 600-800 мм. Основна кількість опадів припадає на теплий період. Це пов'язано з тим, що територія належить до вологої помірно теплої агрокліматичної зони і на клімат міста суттєво

впливає близькість гір Карпат. У січні та лютому випадає найменша кількість опадів (35-34мм). Починаючи з березня кількість опадів поступово збільшується до липня. У червні-липні випадає найбільша кількість опадів (93-98мм). Літньо-осіння межень продовжується з травня по листопад і переривається частими дощами зливого характеру [14 ,18]. Зимові опади переважно представлені у вигляді снігу, хоча в останні десятиліття внаслідок глобального потепління все частіше фіксуються дощові опади й підвищення температурного фону навіть у зимовий період.

Відповідно до норм ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 "Будівельна кліматологія", опалювальний період триває 179 діб [19]. Середньорічна температура поверхні ґрунту становить +9,4 °С, тоді як абсолютний максимум зафіксовано на рівні +52,2 °С, а мінімум – -25,6 °С. Кількість днів із промерзлим ґрунтом у середньому становить 132. На певних глибинах температура знижується до точки морозу протягом 24 днів у році. Залежно від глибини, температурні показники в ґрунтових шарах зазвичай варіюються від 10,3 до 10,5 °С. На глибині 0,2 м промерзання триває близько 19 днів. Максимальна глибина промерзання ґрунту сягає 80 см.

У річному ході відносної вологості по метеостанції Івано-Франківськ мінімальні значення абсолютної вологості повітря спостерігаються в січні місяців найбільш холодний період року. З лютого місяця починається поступове, а потім інтенсивне збільшення вологості досягаючи своїх максимальних значень в липні. Середня величина відносної вологості повітря на протязі року становить 66%. Вологість повітря в грудні та січні досягає 80%, в червні – липні 67-78%.

Середня багаторічна кількість балів за хмарністю складає 4,1 балів. Хмарність у регіоні є помірною. У середньому кількість сонячних годин становить 1700–1900 на рік. Найбільше сонячного освітлення припадає на літні місяці, зокрема на червень і липень. У зимовий період переважає суцільна хмарність, що супроводжується підвищеною вологістю та частими туманами, особливо в пониженнях рельєфу та долинних формах.

Сніговий покрив утворюється в грудні і зазвичай зберігається до початку березня. Середня висота снігового шару коливається в межах 10–20 см, однак у суворі зими вона може досягати 40 см і більше. Тривалість періоду зі стійким сніговим покривом становить 70–90 днів. У теплі зими тривалість снігового покриву значно скорочується, що впливає на водний режим річок, у тому числі й Сівки, через зниження весняного стоку.

Панівний напрям вітрів в грудні – південний і південно-західний, в лютому і восени – західний. Влітку переважають вітри, які дмуть вдень вгору по долинах, а вночі – вниз. В літній період дощі найчастіше проходять з південносхідним вітром. Максимальні швидкості вітру, які спостерігалися, становлять 25 м/с, середньорічна швидкість вітру – 3,6 м/с. (рис. 2.1.2) Середній багаторічний показник атмосферного тиску складає 971,5 ГПа. Переважають вітри південно-західного, західного, північно-західного напрямків [14].

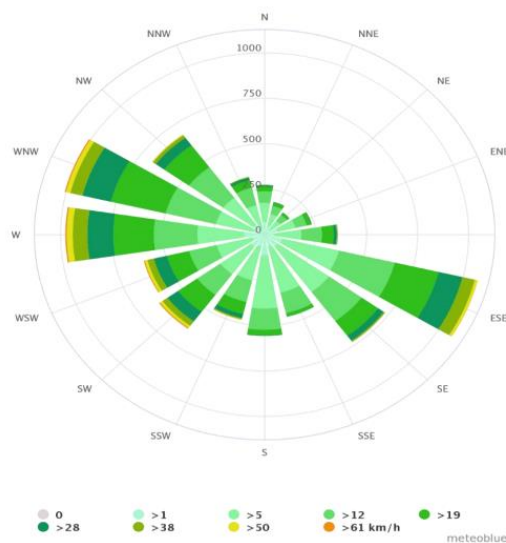


Рисунок 2.2 – Роза вітрів

Серед метеорологічних явищ на території населеного пункту, які погіршують агрокліматичні властивості та комфортність клімату для населення, зустрічаються зливи, (середня багаторічна кількість днів зі зливами складає 121 день) ожеледь, (в середньому 12 днів на рік) туман, (в середньому 44 днів на рік) град, (1 днів) гроза (42 дні). Кліматичні умови басейну річки Сівка істотно впливають на природні процеси, що відбуваються в межах регіону, зокрема на гідрологічний режим, стан ґрунтового покриву, структуру рослинного покриву

та господарську діяльність населення. Розвиток весняного повеневого стоку пов'язаний із таненням снігового покриву в березні–квітні, що зумовлює короткочасне, але інтенсивне підвищення рівнів води в річках і можливе затоплення прибережних ділянок. У літній період основною причиною підвищення водності є атмосферні опади з грозовими зливами.

Ґрунтовий покрив басейну річки Сівка є досить строкатим за морфологічними та хімічними характеристиками, що зумовлено різноманітністю геоморфологічної будови, гідрологічного режиму, складу материнських порід та типом рослинності. передгір'ях Карпат переважають дерново-підзолисті і дернові. У межах гористої місцевості, в Карпатах, виділяється група гірських ґрунтів – бурі гірсько-лісові, дерново-бурі, з переважанням ґрунтів з вмістом гравію. У ґрунтовому покриві регіону значну частину займають чорноземи, лугові, лучно-болотні та болотні ґрунти; вони спостерігаються в окремих секціях і масивах у всіх ґрунтово-кліматичних зонах [20]. Більш детально про структуру ґрунтів у додатку Б. Кожен з цих типів має свої специфічні властивості, ступінь родючості, водоутримувальну здатність і потенційну вразливість до забруднення.

На підвищених елементах рельєфу, зокрема на схилах вододільних ділянок та терасах, домінують опідзолені чорноземи та сірі лісові ґрунти, сформовані на лесовидних суглинках. Вміст гумусу в орному шарі чорноземів опідзолених коливається в межах 3,0–4,3%. З глибиною його вміст поступово зменшується і на глибині 70 см становить 1,8%. Ці ґрунти мають добре розвинений профіль, середньо- і слабокислу реакцію середовища (рН 5.5–6.2), середню та високу гумусованість (1.8–3.5%), високу агрономічну цінність, добру структурність і збагаченість основами. Реакція ґрунтового розчину у верхньому горизонті слабокисла. Гідролітична кислотність порівняно висока 3,5 ммоль-екв на 100 г ґрунту. Сума увібраних основ коливається в межах від 15,4 до 30,08 ммоль-екв на 100 г ґрунту, середня – 22,4 ммоль-екв на 100 г ґрунту. Ступінь насичення основами – 72 до 87%. Це найбільш родючі ґрунти області. Проте вони практично повністю розорані (95,5 тис. га) і найбільше

зазнають змін деградаційного характеру [23]. Вони вирізняються високою буферною здатністю щодо кислотності та токсичних елементів, однак при інтенсивній агрохімізації або техногенному забрудненні втрачають свою природну регенеративну здатність.

Дерново-підзолисті ґрунти, розвинуті переважно на північно-східних схилах, характеризуються зниженим вмістом гумусу (0.8–1.2%), кислою реакцією (рН 4.5–5.2), слабкою насиченістю катіонами обміну та підвищеною щільністю в нижньому горизонті. Дерново-підзолисті ґрунти характеризуються вмістом гумусу у верхніх горизонтах від 2,5 до 3,0%. Реакція ґрунтового розчину кисла, величина рНКСІ становить від 4,3 до 5,0. Гідролітична кислотність значна (5–13 ммольекв на 100 г ґрунту), вона збільшується зі зростанням оглеєння ґрунту і ступеня його опідзолення. Кількість увібраного кальцію в них 6,3 і магнію 2,5 ммоль-екв на 100 г ґрунту, що вказує на низьку насиченість їх основами. Через наявність підзолистого горизонту ці ґрунти мають знижену водоутримувальну здатність, підвищену фільтраційну активність, що знижує ефективність утримання поживних речовин і робить їх надзвичайно чутливими до промислових і сільськогосподарських забруднень, особливо нітратного характеру.

Особливу екологічну цінність представляють лучно-болотні ґрунти, що утворились у пониженнях рельєфу з постійним або періодичним застійним зволоженням. Вони мають високий вміст органічної речовини (до 5%), низький рівень аерації та сильнокислої реакцію середовища (рН 4.0–5.0). За умови порушення природного гідрологічного режиму ці ґрунти швидко деградують, втрачають родючість і можуть акумулювати важкі метали та токсичні сполуки. Лучно-болотні ґрунти є надзвичайно чутливими до дії нафтових вуглеводнів, побутових стоків та пестицидів, що потребує особливої охорони таких ділянок у межах басейну.

Згідно з агрономічними дослідженнями, ґрунти басейну річки Сівка відзначаються загалом середньою та високою природною родючістю. Головними обмежувальними факторами їх ефективного

сільськогосподарського використання є кислотність, надмірне зволоження у заплавах і болотних ґрунтах, ущільнення орного шару, що особливо проявляється в умовах тривалої експлуатації без належного обробітку. За даними Івано-Франківської філії ДУ «Держґрунтохорона», в області серед обстежених угідь 48,1% кислих земель. Кислотність ґрунтів негативно позначається на їх родючості. Серед них 13,4% припадає на дуже сильно- та сильнокислі, 13,0% – середньокислі, 21,8% – слабокислі ґрунти. Найбільше кислих угідь, серед обстежених, знаходиться у гірських районах Карпат. Найменшу питому вагу серед обстежених сільськогосподарських земель займають кислі ґрунти у лісостеповій частині області [23]. У ряді випадків спостерігається вторинне засолення ґрунтів, що може бути пов'язане з меліоративними порушеннями або застосуванням нераціональних добрив.

Оцінка потенціалу самоочищення та буферної здатності ґрунтового покриву засвідчує високу стійкість сіроземних та чорноземних ґрунтів до точкових джерел забруднення, однак значно меншу – до дифузного хімічного навантаження. Алювіальні та болотні ґрунти внаслідок високої вологості та пористості здатні швидко акумулювати забруднювачі, що створює умови для вертикального переносу токсикантів у водоносні горизонти.

Аналіз ризику деградації ґрунтового покриву вказує на підвищену вразливість дерново-підзолистих та алювіально-болотних ґрунтів до забруднення важкими металами, зокрема свинцем, кадмієм і цинком. Це пов'язано з їх фізико-хімічною нестабільністю та низьким вмістом обмінних катіонів кальцію і магнію, що послаблює їхню буферність. У свою чергу, опідзолені чорноземи мають значно вищу поглинальну здатність і здатні тривалий час утримувати забруднювачі в адсорбованому стані, не допускаючи їхнього вертикального переносу.

Переходячи від ґрунтового покриву до аналізу біотичного компоненту басейну річки Сівка, слід відзначити, що рослинний і тваринний світ цієї території формують складну, багат шарову екосистему, яка функціонує під впливом як природних, так і антропогенних чинників. Рослинний світ

нараховує понад 1500 видів рослин, що складає більш ніж половину списку флори України, з них – 120 лікарських, з яких 60 є загальнопоширеними. Багато рослин мають особливий охоронний статус і занесені до Червоної книги України [13]

Рослинність басейну річки Сівка представлена кількома основними типами, які відображають зональні та локальні особливості кліматичних, ґрунтових і геоморфологічних умов. Природні фітоценози включають лісові масиви, лучно-болотні угруповання, а також різноманітні види водної і прибережної рослинності.

Домінуючими лісовими типами є листяні та змішані ліси, переважно з домінуванням дуба звичайного (*Quercus robur*), грабу звичайного (*Carpinus betulus*), явора (*Acer pseudoplatanus*) та ялини звичайної (*Picea abies*) на північних і вищих схилах. Ці фітоценози характеризуються багат шаровою будовою, що складається з деревного, кущового та трав'яного ярусів, які формують складні взаємозв'язки і забезпечують стабільність екосистеми. Лісові ділянки виконують важливі екологічні функції, зокрема підтримку водного балансу, запобігання ерозії та забезпечення середовища існування для багатьох видів тварин.

Лучно-болотні угруповання займають низинні ділянки, заплави та зони зі стабільним підвищеним рівнем ґрунтових вод. Ці екосистеми характеризуються багатством видового складу трав'янистих рослин: різних видів очерету (*Phragmites australis*), осок (*Carex* spp.), різнотрав'я, а також деяких рідкісних видів, що адаптовані до вологих умов. Лучно-болотна рослинність є важливим біотопом для численних водоплавних птахів, амфібій та дрібних ссавців.

Антропогенно змінена рослинність у басейні Сівка охоплює сільськогосподарські угіддя, порушені ліси, молоді насадження та урбанізовані території Калуша і прилеглих населених пунктів. На цих ділянках фітоценози значно зменшені за видовим складом і характеризуються домінуванням культурних видів рослин (зернові, технічні культури, садові дерева) або засмічення інвазійними видами (*Solidago canadensis*, *Ambrosia artemisiifolia*).

Антропогенне навантаження спричиняє фрагментацію природних екосистем, що негативно позначається на структурі і функціонуванні рослинних угруповань.

Біорізноманіття рослинного світу характеризується наявністю близько 350 видів судинних рослин, серед яких виділяються реліктові та ендемічні види, що мають важливе ботанічне значення. Значна частина флори відноситься до європейського широколистяного лісового регіону, із типовими представниками флори середньої смуги України. Різноманітність видів сприяє високій продуктивності екосистем та стійкості до зовнішніх впливів.

Особливу увагу приділяють охоронюваним видам рослин, занесеним до Червоної книги України. На території басейну Сівка виявлені такі рідкісні види, як підсніжник звичайний (*Galanthus nivalis*), лілія лісова (*Lilium martagon*), орхідея біла (*Platanthera bifolia*) та жовтозілля весняне (*Gagea lutea*). Збереження цих видів вимагає впровадження природоохоронних заходів, регулювання рекреаційного навантаження та контролю антропогенних впливів.

Тваринний світ басейну річки Сівка включає представників різних таксономічних груп, які займають відповідні екологічні ніші. Характерною рисою є наявність ряду ссавців, птахів, амфібій, рептилій, а також безхребетних, що формують трофічні ланцюги та підтримують динаміку біоценозів.

Серед ссавців переважають типові лісові види: олені благородні (*Cervus elaphus*), косулі (*Capreolus capreolus*), дикі свині (*Sus scrofa*), а також представники дрібної фауни – борсуки (*Meles meles*), лисиці (*Vulpes vulpes*), їжаки (*Erinaceus europaeus*). На узбережжях річок і в болотних зонах поширені види, що мають залежність від водного середовища, наприклад бобри (*Castor fiber*), що мають важливе значення для регулювання гідрологічного режиму.

Авіфауна басейну налічує понад 150 видів, серед яких значну частину складають водоплавні і болотяні птахи: качка дика (*Anas platyrhynchos*), чапля сіра (*Ardea cinerea*), лебідь-шипун (*Cygnus olor*). У лісах і на відкритих просторах трапляються також крикливі хижаки – яструб (*Accipiter gentilis*), сова

(*Strix aluco*), що виконують роль регуляторів чисельності дрібної фауни. Деякі види птахів є об'єктами охорони через зменшення їх чисельності внаслідок втрати природних біотопів.

Амфібії та рептилії представлені кількома видами, що відображають вологі умови і різноманітність середовищ існування. Серед амфібіій найбільш поширені трав'яна жаба (*Rana temporaria*), зелена жаба (*Pelophylax kl. esculentus*), а також тритон звичайний (*Lissotriton vulgaris*). Рептилії представлені ящірками (*Lacerta agilis*) та вужем (*Natrix natrix*), що зазвичай населяють прибережні зони.

Значна частина тваринного світу басейну знаходиться під загрозою внаслідок антропогенних факторів: урбанізації, зміни ландшафтів, забруднення води та ґрунту, шумового і світлового забруднення. Відповідно, певна кількість видів занесена до національних і міжнародних охоронних списків, таких як Червона книга України та Бернська конвенція.

На території Калуської міської територіальної громади розташовані наступні об'єкти природно-заповідного фонду: [18]

1. Ботанічний заказник місцевого значення «Вістова» має загальну площу 27,5 га. Він частково охоплює територію Калуського лісництва, що входить до складу Філії «Калуське лісове господарство», а саме квартал 31, виділи 1, 2, 3, 5. Цей природоохоронний об'єкт був утворений на підставі рішення Івано-Франківської обласної ради від 15 липня 1993 року. Згодом, у зв'язку з уточненням меж, його площа була змінена відповідно до рішення тієї ж ради від 17 січня 2008 року № 490-18/2008. Метою створення заказника є збереження цінних ботанічних угруповань, представлених рідкісними та регіонально важливими видами флори. Територія заказника вирізняється високим рівнем біорізноманіття, зокрема наявністю типових для Передкарпаття лісових екосистем, що мають значну наукову, природоохоронну та екологічну цінність. Статус присвоєно з метою збереження частини дубово-букового лісового масиву, який має ознаки пралісу, а також популяцій цінних рослин: цибуля ведмежа, лілія лісова, білоцвіт весняний, хвощ великий.

2. Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення «Копанки» охоплює площу 36,8 га. Частково об'єкт розташований у межах Войнилівського лісництва Філії «Калуське лісове господарство», а саме в кварталі 29, виділах 3, 7 та 16. Пам'ятка природи була офіційно створена на підставі рішення Івано-Франківської обласної ради від 17 січня 2002 року № 490-18/2008 з метою охорони й збереження рідкісного високопродуктивного дубового насадження віком понад 120 років, яке має значну ботанічну, екологічну та генетичну цінність. Дані деревостани вирізняються високим ступенем збереженості, стабільністю фітоценозу та є зразком корінних лісових екосистем регіону, що збереглися в умовах тривалого антропогенного впливу. Вони становлять особливий інтерес як для наукових досліджень у галузі лісознавства та дендрології, так і для моніторингу стану довкілля. Охоронний режим, встановлений для пам'ятки природи, передбачає заборону будь-якої діяльності, що може порушити природну структуру насаджень або негативно вплинути на стан біорізноманіття.

3. Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення «Височанські дуби» має площу 1,2 га та розташована в межах міста Калуш, у мікрорайоні Височанка (вул. Робітничка). Цей об'єкт природно-заповідного фонду було офіційно оголошено відповідно до рішення Івано-Франківської обласної ради від 22 червня 2018 року № 866-22/2018. Пам'ятка природи створена з метою охорони та збереження вікових екземплярів дуба (*Quercus robur*), які мають визначну екологічну, естетичну та генетичну цінність. Дуби, що зростають на цій території, є залишками колишніх корінних лісових угруповань, які становлять важливу частину природної історії регіону та відіграють роль біоіндикаторів стану міського середовища. Незважаючи на невелику площу, об'єкт виконує важливу функцію локального біоценотичного осередку, сприяє збереженню біорізноманіття та поліпшенню мікрокліматичних умов у межах урбанізованого простору. Наявність старовікових дерев створює сприятливе середовище для існування низки видів флори і фауни, зокрема комах-запилювачів, птахів та мікроорганізмів, що формують складні екологічні

взаємозв'язки. З метою забезпечення належного збереження природної цінності об'єкта, на його території встановлено режим особливої охорони, що передбачає обмеження господарської діяльності, заборону будь-яких дій, які можуть призвести до пошкодження дерев або деградації природного середовища.

4. Ландшафтний заказник місцевого значення «Ріка Лімниця з водоохоронною смугою вздовж берегів шириною 100 м» має загальну площу 2064 га. В адміністративних межах Калуської міської ради, зокрема на території міста Калуш та прилеглих сіл Студінка, Вістова і Пійло Калуського району, площа заказника становить 641,6642 га. Природоохоронний статус об'єкта було закріплено рішенням Івано-Франківської обласної ради від 31 липня 2020 року № 1510-36/2020 з метою збереження унікального природного комплексу долини річки Лімниця — однієї з найчистіших гірських річок Європи, яка відіграє важливу роль у формуванні регіонального гідрологічного режиму. Територія заказника включає русло річки та прибережну захисну смугу шириною 100 м по обох берегах, що має ключове значення для підтримання екосистемної цілісності водного ландшафту. Річка Лімниця вирізняється високим ступенем природності, мінімальним антропогенним навантаженням та значним біорізноманіттям, зокрема представництвом рідкісних і охоронюваних видів водної та прибережно-водної флори й фауни. Заказник виконує важливу екологічну функцію — збереження водозабірних джерел, запобігання ерозійним процесам, регуляцію мікроклімату, підтримання природного гідрологічного режиму та забезпечення стабільності ландшафтної структури долини.

5. Заповідне урочище місцевого значення «Пійлівське болото» площею 7,8 га розташоване на північ від села Пійло Калуського району Івано-Франківської області. Цей природоохоронний об'єкт було створено відповідно до рішення Івано-Франківського обласного виконавчого комітету від 16 жовтня 1984 року № 247. Урочище представляє собою унікальний гідрологічний комплекс, що включає евтрофне болото з характерною для таких екосистем

флорою та фауною. Болото має важливе значення для підтримання регіонального гідрологічного балансу, збереження біорізноманіття та слугує місцем існування багатьох видів, зокрема рідкісних та зникаючих.

Статус надано для збереження частини заболоченої ділянки долини річки Лімниця, де зростають рідкісні види рослин: пальчатокорінник м'ясо-червоний, пальчатокорінник плямистий, пальчатокорінник травневий (занесені до Червоної книги України). Фауна урочища представлена різноманітними видами, серед яких можна відзначити земноводних, птахів та ссавців, що пристосувалися до життя в болотних умовах. Зокрема, тут можна зустріти види, занесені до Червоної книги України, що підкреслює важливість охорони цієї території. метою збереження природних процесів та унікального біорізноманіття, на території заповідного урочища встановлено особливий режим охорони. Забороняються всі види рубок, у тому числі санітарні, видалення захаращеності та будь-яка діяльність, що може порушити природні процеси, відповідно до вимог, встановлених для природних заповідників .

6. Загальнозоологічний заказник місцевого значення «Чорний ліс» загальною площею 15081,74 га, на території Калуської міської територіальної громади площа становить близько 1373,8 га. Частина заказника розташована на території Ріп'янського та Завійського лісництв в с. Ріп'янка Калуської міської територіальної громади. Дана територія є у підпорядкуванні приватного підприємства «Спеціалізоване лісомисливське науково-дослідне природнозаповідне господарство «Чорний ліс» , яке створене відповідно до рішення обласної ради від 23.06.1997 року №443 (зі змінами у площі згідно з рішенням облради від 14.09.2004 року № 445-12/2004). Метою створення заказника стало збереження унікальних лісових екосистем Передкарпаття, що є важливим середовищем для численних представників фауни. Тут мешкають олень, кабан, косуля, заєць сірий, лисиця, а також періодично трапляються вовк сірий та рись. Близько третини природної флори регіону, яка налічує 418 видів, потребує захисту — як повного, так і часткового. Серед них є ендемічні, реліктові, рідкісні й зникаючі рослини. До Червоної книги України та

Європейського Червоного списку занесено 162 види, що представлені 47 родинами, 39 порядками та 6 класами. Ще 211 видів належать до Регіонального Червоного списку. Особливу увагу привертають надзвичайно рідкісні рослини: айстра альпійська, білотка альпійська (або едельвейс), водяний горіх плавучий, дріада восьмипелюсткова, ліннея північна, фіалка Джоя та сальвінія плавуча. На території заказника діє спеціальний режим охорони, який передбачає обмеження господарської діяльності, зокрема заборону проведення суцільних рубок, будівництва та інших дій, що можуть негативно вплинути на природні екосистеми. Дозволяються лише вибіркові санітарні рубки, які проводяться за погодженням з відповідними органами охорони навколишнього природного середовища та в межах встановлених лімітів.

2.2. Основні джерела потенційного забруднення ґрунтів у регіоні

У межах басейну річки Сівка спостерігається комплексний вплив різноманітних антропогенних чинників, що потенційно спричиняють погіршення екологічного стану ґрунтового покриву. Вивчення таких джерел є необхідною передумовою для об'єктивного оцінювання рівня забруднення та подальшого формулювання практичних рекомендацій щодо мінімізації негативного впливу на довкілля. Ґрунти у зазначеному басейні зазнають тиску з боку як стаціонарних, так і дифузних джерел забруднення, серед яких провідну роль відіграють промислові підприємства та сільськогосподарська діяльність.

Домбровський кар'єр, розташований на території міста Калуш Івано-Франківської області, є одним із найнебезпечніших екологічних об'єктів України. Його виникнення та подальше функціонування є наслідком інтенсивного видобутку калійних солей, що здійснювався впродовж тривалого часу на території Прикарпаття, починаючи ще з середини ХХ століття. Упродовж 1967–2005 років на північній околиці міста Калуш Івано-Франківської області працював Домбровський кар'єр з видобутку калійної руди. Внаслідок тривалої розробки утворився глибокий котлован площею близько 64 гектарів і глибиною до 140 метрів. Починаючи з 2008 року, кар'єр почав заповнюватися водою — процес затоплення відбувається самовільно та без належного контролю [17]. Зокрема, саме на цій ділянці зосереджено значні поклади калійних та магнієвих солей, видобуток яких свого часу був стратегічним завданням хімічної промисловості України. Однак по завершенні промислової експлуатації кар'єру у 2000-х роках виникло складне техногенно-екологічне середовище, яке й досі продовжує чинити серйозний вплив на довкілля, включно з ґрунтовим покривом басейну річки Сівка. За весь період експлуатації з Домбровського кар'єру видобуто 50,1 млн. м³ гірничої маси. Балансові запаси, що залишилися, становлять 32 млн. тонн. Станом на листопад 2022 року в чаші Домбровського кар'єру нагромаджено близько 30 млн. м³ розсолів з мінералізацією від 15 г/дм³ до 400 г/дм³ [24]. Сутність проблеми полягає в тому, що Домбровський кар'єр після припинення видобутку не був

законсервований у належний спосіб. З часом унаслідок просідання гірничих виробок, затоплення кар'єру водами атмосферного та ґрунтового походження, а також активної інфільтрації через тріщини в соляних пластах відбулося розчинення залишкових порід та утворення високомінералізованих розчинів. Унаслідок неправильної експлуатації та захоронення токсичних відходів відбулося значне перевищення гранично допустимої концентрації сполук гексахлорбензолу в ґрунтах. ВАЛЮК В. Ф., ЯКИМЧУК Р. А., та інші у своєму дослідженні брали зразки ґрунту для проведення аналізу рівня цитогенетичних порушень у клітинах проростків *Triticum aestivum* L. Зокрема, зразки відбирали поблизу Домбровського кар'єру — одного з найбільш екологічно небезпечних об'єктів регіону, де фіксується значне накопичення токсичних сполук у ґрунті. Концентрації гексахлорбензолу в ґрунті становили відповідно 550,5 мг/кг, 292,0 мг/кг і 37,0 мг/кг, що перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК — 0,03 мг/кг) у 1233–18350 разів [28]. Тому, такі розчини з великою концентрацією іонів натрію, калію, хлору та магнію проникають у прилеглі ґрунтові горизонти, істотно змінюючи їх хімічний склад. Наслідком цього процесу є засолення ґрунтів, деградація структури ґрунтового покриву та порушення природного балансу в екосистемі.

Окремо слід наголосити, що з плином часу у кар'єрі накопичилися тисячі тонн розчинених хлоридних сполук. За відсутності належної ізоляції чи природного бар'єру, ці речовини поступово мігрують у прилеглі ґрунтові масиви, а також у підземні водоносні горизонти. Звідти вони можуть проникати у руслову систему річки Сівка, що несе пряму загрозу не лише родючості ґрунтів, а й якості води, яка використовується для господарських і навіть питних потреб населення. Водночас спостерігається і вторинне забруднення — коли вже засолені ґрунти стають джерелом повторного перенесення шкідливих речовин у навколишнє середовище під впливом дощів, сніготанення та вітрової ерозії. Південна частина кар'єру заповнена залишками загальним обсягом приблизно 5 млн м³, рівень яких сягає позначки +250 м. Через вплив атмосферних опадів відбувається розчинення соляних і соленосних порід, що

спричиняє активне формування карстових порожнин та щорічне накопичення до 1,3 млн м³ розсолів. Надзвичайно важливим є й той факт, що гідрогеологічна ситуація у цій місцевості ускладнюється природними особливостями Карпатського передгір'я. Через складну будову водоносних горизонтів, численні тріщини у вапнякових породах і високий рівень ґрунтових вод процес міграції солей має тенденцію до поширення на доволі великі відстані. Фактично, йдеться не про локальне, а про регіональне забруднення, що вже охоплює не лише прилеглі села Калуської територіальної громади, а й впливає на землі, розташовані нижче за течією річки Сівка – аж до її впадіння у Дністер.

Сучасні дослідження показують, що у ґрунтах, відібраних у зоні впливу кар'єру, виявлено підвищені вмісти іонів хлоридів, натрію та калію, що перевищують гранично допустимі концентрації у 3–8 разів. Крім того, у ряді випадків фіксується зниження буферної здатності ґрунтів до самовідновлення. Це означає, що ґрунтове середовище втрачає здатність до нейтралізації та утримання шкідливих речовин, що прискорює процеси деградації. Варто також звернути увагу на зміну кислотно-лужного балансу: у деяких пробах ґрунту зафіксовано значення рН, що суттєво відрізняються від норми, зокрема у бік підвищеної лужності.

На хвостосховищі № 1, площа якого по верху дорівнює 60 га, зберігаються відходи збагачувальної фабрики (мул, галіти) об'ємом 15 млн м³. Воно було створене ще у другій половині ХХ століття в контексті розгортання видобувної і переробної діяльності, зокрема для утилізації відходів, які утворювались у процесі експлуатації нафто- та газопромислів, а також підприємств з видобутку та збагачення сірки, калійних солей та інших корисних копалин, які є типовими для Прикарпаття. Протягом десятиліть експлуатації у хвостосховище потрапляли великі об'єми рідких і твердих відходів, серед яких домінують техногенні мінерали, збагачені солями важких металів, сполуками азоту, фенолами, нафтопродуктами, а також іншими хімічними компонентами, небезпечними для довкілля. Уже через три роки після введення в експлуатацію хвостосховище №1 досягло критичного рівня

наповнення — рівень розсолів перевищив проєктну відмітку на 0,2–0,3 м. У зв'язку з цим було проведено відбір проб рідкої фази з басейнів, умовно позначених як «галітовий» та «муловий». Результати лабораторного аналізу проб, відібраних у різних точках зазначених басейнів, засвідчили наступні показники: мінералізація розсолів у «муловому» басейні варіювалася в межах від 238,21 до 253,29 г/л, у «галітовому» — від 248,43 до 296,17 г/л. Водночас щільність рідкої фази становила від 1,174 до 1,180 кг/л у «муловому» та від 1,177 до 1,196 кг/л у «галітовому» басейнах. Концентрація завислих речовин коливалась у діапазоні 400–1180 мг/л для «мулового» басейну та 660–1820 мг/л — для «галітового» [29]. Хвостосховище №1 є складною інженерною спорудою, яка займає значну площу та має декілька шарів техногенного заповнення. Зовнішні вали, що утворені з місцевого ґрунту, не забезпечують повної герметичності, що зумовлює ризик фільтрації забруднених рідин у підґрунтові води, а звідти – у прилеглі території, включно з річкою Сівка. Поглиблення ерозійних процесів, а також тривала експлуатація без належного технічного обслуговування, призводять до поступового руйнування захисних бар'єрів, особливо у весняний період або під час інтенсивних опадів. Це створює ризик аварійного виходу хвостів за межі сховища. Екологічна небезпека хвостосховища №1 зумовлюється ще й тим, що воно розташоване в межах водозбору річки Сівка. Ґрунтові води, які підтікають під сховище, унаслідок зниження природної фільтраційної здатності та надмірного техногенного навантаження, втрачають свою природну очищувальну функцію. Як наслідок, забруднення із хвостосховища мігрує не лише вертикально у нижчі горизонти, але й горизонтально – у напрямку до водозбірної площі Сівки. У разі прориву або надмірного зволоження тіла сховища, потенційний винос шкідливих компонентів у водотік може стати причиною екологічної катастрофи локального масштабу. Навіть за умов нормальної експлуатації щорічно фіксується зростання площі вторинного техногенного навантаження на прилеглі сільськогосподарські угіддя, зокрема через просочування забруднених вод та пилові випадання.

Додатково, на території м. Калуш функціонувало хвостосховище № 2 (рис.2.2), у якому знаходиться понад 10 млн м³ виробничих відходів.



Рисунок 2.2 – Зображення хвостосховища № 2

Побудоване у 1984 році, воно займає площу 48 га та містить близько 8 млн м³ твердих відходів калійного й магнієвого виробництва, а також понад 1,2 млн м³ високомінералізованих техногенних розсолів [27]. У технічному відношенні воно являє собою відкриту гідротехнічну споруду, частково армовану насипами з місцевих суглинків, із мінімальним рівнем протифільтраційного захисту. У чашу хвостосховища надходять виключно атмосферні опади, які при взаємодії з галітовими відкладами спричиняють їх розчинення та утворення концентрованих розсолів. Рівень розсолів у хвостосховищі на поточний момент становить 328,29 м. Відмітка гребеня дамбового обвалування — 329,50 м. Відповідно до планувальної документації, хвостосховище № 2 має форму чотирикутника з замкненим дамбовим обвалуванням загальною довжиною периметра 2900 м. Через брак сучасних ізоляційних матеріалів, характерних для новітніх полігонів, хвостосховище має значну втрату рідкої фракції з проникненням у підґрунтові шари, що призводить до вторинного забруднення навколишніх земель.З відмітки 323,00

до 329,50 м дамби обвалування хвостосховища нарощувались на сформованому намивному пляжі з техногенних відходів (хвостів) із додатковим привантаженням низового укосу шляхом влаштування відсипки із гравелистих ґрунтів.

Протягом усього періоду використання сюди потрапляли в основному відходи буріння, продукти очищення вод від промислових циклів, а також осади після нейтралізації кислотно-лужних стоків. Аналіз їх складу свідчить про високий вміст сполук заліза, марганцю, барію, хлоридів, сульфатів, нітратів, а також техногенних органічних компонентів – залишків синтетичних реагентів, мастил, поверхнево-активних речовин. Крім цього, у межах водоохоронних зон річки Сівка зафіксовано порушення нормативів щодо концентрації забруднюючих речовин у ґрунті, що свідчить про недостатній контроль за викидами промислових стоків. Дослідження, проведені у 2023 році, виявили, що рівень мінералізації води в хвостосховищі №2 перевищує гранично допустимі концентрації у 110–140 разів. Зокрема, вміст хлоридів і сульфатів значно перевищує допустимі норми. [26]

Хімічні речовини, що знаходяться у складі шламів хвостосховища №2, мають здатність до тривалої міграції в екосистемі через пористу структуру відкладень. Ґрунти, прилеглі до об'єкта, піддаються постійному насиченню водорозчинними солями, що порушує сольовий баланс і призводить до деградації родючого шару. У зонах максимального впливу відмічено зростання кислотності ґрунту, підвищення електропровідності і зменшення кількості органічної речовини. Це створює несприятливі умови для росту сільськогосподарських культур і знижує природну здатність ґрунтів до самоочищення.

На території басейну площа земель сільськогосподарського призначення становить понад 48% від загальної площі. Сільськогосподарськими підприємствами, зокрема фермерськими господарствами, обробляється близько 1,6 тис. гектарів земель [18].

На території Калуша сільськогосподарську діяльність здійснюють 2 сільськогосподарські підприємства та 6 фермерських господарств (табл. 2.2)

Таблиця 2.2 - Сільськогосподарські підприємства на території Калуша

№ з/п	Назва	Характеристика, сфера діяльності
1.	ТЗОВ «Галагро-доба»	Вирощування зернових та бобових культур (соя)
2.	ТЗОВ «Гудвеллі Україна»	Одне із найбільших та найуспішніших агропромислових підприємств України, яке здійснює діяльність у галузі свинарства, вирощує зернові і технічні культури, займається розведенням великої рогатої худоби молочних порід. На підприємстві функціонує завод по виробництву біогазу, потужністю 1 МВт, на якому органічні відходи використовуються як сировина для виробництва електрики та тепла
3.	ФГ «Агроюгода»	Вирощування ягідних культур
4.	ФГ «Ольга»	Вирощування зернових та бобових культур (соя)
5.	ФГ «Пійлівський світанок»	Вирощування зернових культур (гречка, пшениця)
6.	ФГ «Ро-Ма»	Розведення великої рогатої худоби молочних порід
7.	ФГ «Соковиті трави»	Розведення великої рогатої худоби
8.	ФГ «Тужилів Агро»	Вирощування зернових та бобових культур (соя)

На території басейну функціонує низка фермерських господарств та товариств з обмеженою відповідальністю, які здійснюють діяльність переважно у сфері рослинництва та тваринництва. Всі перелічені господарства у таблиці в тій чи іншій мірі беруть участь у процесах, що мають потенціал до забруднення ґрунтів, передусім через агрохімічне навантаження. Наприклад, господарства, що спеціалізуються на вирощуванні зернових та бобових культур (пшениця, соя, гречка), застосовують пестициди (гербіциди, фунгіциди, інсектициди) з метою захисту рослин від шкідників, бур'янів та хвороб. Хоча такі засоби мають короткотерміновий позитивний ефект, у довгостроковій перспективі

вони спричиняють накопичення токсичних речовин у ґрунтах, що, в свою чергу, веде до деградації гумусового горизонту, зниження мікробіологічної активності та втрати природної родючості.

Варто окремо наголосити, що ТзОВ «Гуделли Україна» є однією з найбільших агропромислових структур регіону. Діяльність цього підприємства включає не лише вирощування сільськогосподарських культур, а й розведення великої рогатої худоби молочних порід. При цьому, на підприємстві функціонує завод з виробництва біогазу. Органічні відходи, що утворюються внаслідок тваринницької діяльності, використовуються як сировина для вироблення електрики та тепла, однак навіть за таких умов залишкові компоненти – гній, стічні води, побічні продукти ферментації – можуть потрапляти до навколишнього середовища, зокрема в ґрунт, через системи зберігання, транспортування чи внаслідок аварійних ситуацій. Така ситуація формує додаткове джерело забруднення, як органічного, так і мікробіологічного характеру.

Сільськогосподарські підприємства, що вирощують ягоди (наприклад, ФГ «Агроягода»), також активно використовують пестициди. Як показують численні дослідження, ягідні культури є одними з найвибагливіших до умов вирощування, а тому вимагають частого обприскування для досягнення стабільного врожаю. Проте надмірне та неконтрольоване використання таких препаратів призводить до потрапляння залишкових кількостей діючих речовин у навколишнє середовище, зокрема до ґрунтових горизонтів.

У свою чергу, фермерські господарства, які займаються тваринництвом (наприклад, ФГ «Ро-Ма» та ФГ «Соковиті трави»), продукують значну кількість органічних відходів: гній, сечовину, залишки кормів тощо. При недотриманні санітарних норм щодо утилізації чи зберігання таких відходів відбувається інфільтрація патогенних мікроорганізмів, важких металів та нітратів у ґрунт, що може призвести до вторинного забруднення водозаборів та біологічного забруднення рослин.

Господарства середніх розмірів, такі як ФГ «Ольга» чи ФГ «Тужильна Агро», мають потенціал до значного антропогенного впливу. Адже, як відомо, кількість внесених пестицидів та мінеральних добрив прямо корелює з площею посівів, і часто – за відсутності належного екологічного контролю – фермери нехтують рекомендованими нормами внесення. Це сприяє надлишковому насиченню орного шару ґрунту хімічними сполуками, деякі з яких є кумулятивними і можуть залишатися в середовищі протягом тривалого часу.

У межах басейну річки Сівка одним із найбільш значущих об'єктів, що становить потенційну загрозу для стану ґрунтового середовища, є полігон твердих побутових відходів (ТПВ), розташований у східній частині міста Калуша Івано-Франківської області, в урочищі Височанка – Залісся. Важливо зазначити, що захоронення побутових відходів завжди супроводжується певними екологічними ризиками, оскільки утворення фільтрату, газовиділення, а також поступове накопичення важких металів у відходах створюють несприятливі умови для функціонування ґрунтових екосистем.

Полігон у Калуші охоплює земельну ділянку площею 7,999 га, з яких під першу чергу захоронення ТПВ виділено 4,12 га; рекультивованої ділянки — 3,0 га, в тому числі під складування відходів — 2,461 га; під господарську зону — 0,41 га; під'їзна дорога до КНС, насосна станція КНС та інші — 0,71 га. Решта території — 3,88 га — призначена для другої черги складування ТПВ [18].

У процесі експлуатації полігону відбувається постійне нагромадження побутових відходів, серед яких переважають органічні залишки, пластик, папір, метал, скло та інші матеріали, що розкладаються з різною швидкістю. Найбільшою небезпекою для ґрунту є інфільтрація фільтрату — рідини, яка утворюється в результаті взаємодії опадів із відходами та має високий рівень токсичності. Цей фільтрат здатен проникати в глибші шари ґрунту, порушуючи його структуру, змінюючи кислотно-лужний баланс і насичуючи його важкими металами, фенолами, аміаком та іншими сполуками, що мають канцерогенний або мутагенний вплив.

З огляду на сучасні виклики у сфері екологічної безпеки, актуальним залишається питання ефективного управління ТПВ. У Калуші для вирішення цього завдання було створено Комунальне підприємство "Екоресурс", якому передано полігон ТПВ у користування. Основною метою діяльності підприємства є організація збору, транспортування, складування та захоронення твердих побутових відходів відповідно до вимог природоохоронного законодавства. Разом із тим, навіть за умов дотримання всіх норм та технологічних регламентів, зберігаються ризики негативного впливу на ґрунтове середовище. Наприклад, у II півріччі 2021 року на розширеній ділянці полігону ТПВ було захоронено 71611,519 м³ відходів (13462,968 т), а у 2022 році — вже 121208,969 м³ (22787,286 т). Щоденний об'єм прийнятих відходів становить у середньому 280–340 м³, або близько 40–50 тонн [18]. Така динаміка свідчить про значне антропогенне навантаження на локальне середовище.

Крім централізованого полігону, слід враховувати наявність численних стихійних сміттєзвалищ. Вони, як правило, утворюються внаслідок недосконалої системи збору ТПВ, відсутності належного контролю, а також низького рівня екологічної культури населення. Такі звалища часто з'являються поблизу водних об'єктів, у лісосмугах або на покинутих ділянках землі, що створює загрозу безпосереднього забруднення як ґрунтів, так і водоносних горизонтів, які мають гідрологічний зв'язок із річкою Сівка.

Необхідно також наголосити, що значну небезпеку становить неконтрольоване виділення полігонного газу, який утворюється внаслідок розкладу органічних речовин. Газова фаза включає метан, вуглекислий газ, сірководень, аміак та інші токсичні компоненти. У разі потрапляння цих речовин у приземний шар атмосфери або ґрунт, вони можуть негативно впливати на родючість ґрунту та погіршувати фітосанітарний стан навколишньої території.

У контексті організації експлуатації полігону важливо розглянути також процедурні аспекти, пов'язані з дотриманням екологічних вимог. Зокрема,

діяльність полігону підпорядковується щорічному плану, який визначає обсяги, послідовність і методи захоронення відходів.

На сучасному етапі, згідно з природоохоронними вимогами, підприємством "Екоресурс" щороку розробляється план організації робіт із захоронення ТПВ. Відповідно до технологічної схеми, роботи проводяться з урахуванням специфіки складування, ущільнення відходів, формування карт складування, а також локалізації фільтрату й газовиділення.

У перспективі передбачається проведення рекультиваційних робіт. Зокрема, вже виготовлено проектну документацію щодо рекультивації I черги полігону. Проект пройшов державну експертизу та отримав позитивний висновок. Заплановано проведення технічної та біологічної рекультивації з подальшим відновленням природного ландшафту та частковим поверненням земель до господарського використання [18].

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Методика відбору зразків ґрунту

Методика відбору зразків ґрунту у межах даного дослідження ґрунтується на нормах та положеннях, викладених у ДСТУ ISO 10381-2:2005 «Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 2» [31]. Зразки повинні бути репрезентативними, тобто такими, що точно відображають стан ґрунтового горизонту на досліджуваній ділянці. Залежно від мети дослідження, обираються різні методи відбору зразків ґрунту, які відрізняються способом відбору, глибиною їх залягання та подальшими процедурами обробки.

Вибір методів відбору та підбір відповідного обладнання визначається характеристиками об'єктів моніторингу та завданнями дослідження. До найпоширеніших методик відносять: [25]

Непорушені (зберігають природну структуру об'єкта, частки та порожнини не змінюють первинний розподіл).

– Порушені (структура не зберігається, частки можуть переміщатися відносно одна одної; використовуються найчастіше).

– Порушені (структура не зберігається, частки можуть переміщатися відносно одна одної; використовуються найчастіше).

– Точкові (характеризують склад об'єкта в конкретній точці, отримуються однократним відбором необхідного об'єму; можуть бути порушеними або непорушеними).

– Об'єднані (усереднюють склад об'єкта з урахуванням просторової та/або часової неоднорідності; утворюються змішуванням кількох точкових проб; є порушеними).

За глибиною відібрані проби об'єктів контролю поділяють на поверхневі (глибина відбору 0-20 см) та глибинні (глибина відбору більше 20 см). Для поверхневих проб ґрунту (глибина відбору 0–20 см) зазвичай використовують совкові лопатки, скребки або спеціальні ґрунтові шпателі. Ці інструменти дозволяють зібрати верхній шар ґрунту з мінімальним порушенням структури і

швидко отримати репрезентативний зразок. Для глибинних проб (глибина більше 20 см) застосовують пробовідбірники типу бурів — шнекові або трубчасті ґрунтові зонди і бурильники. Вони забезпечують вилучення монолітного зразка з потрібної глибини, зберігаючи природну структуру шарів ґрунту, що важливо для точного аналізу фізико-хімічних властивостей. [25]

Польовий етап дослідження передбачав планомірне проведення відбору ґрунтових зразків у басейні річки Сівка з метою подальшого аналізу рівня антропогенного забруднення. Всього було організовано три відбірні точки, які розміщувалися на відстанях 5 метрів, 15 метрів та 25 метрів від русла річки. Кожна з цих точок репрезентувала окрему зону, потенційно відмінну за ступенем забруднення.

Відбір проводився за методом точкових проб, що передбачає вилучення невеликих об'ємів ґрунту з конкретних місць без попереднього змішування. Такий спосіб забезпечує можливість порівняльного аналізу зразків між різними точками. Проби відбирали вручну за допомогою ґрунтової лопати. Перед початком відбору з поверхні ділянки видаляли рослинні залишки, суху траву та інші сторонні об'єкти. Це дозволяло забезпечити чистоту зразків та уникнути небажаного впливу органічних матеріалів на результати аналізів.

Збір здійснювався з поверхневого шару ґрунту на глибині 0–20 см. Саме цей шар є найбільш чутливим до впливу антропогенних чинників і слугує основним депо для забруднювальних речовин, що потрапляють з атмосфери, поверхневого стоку або при господарській діяльності людини. З кожної окремої точки відбирали приблизно 800–1200 грамів ґрунту. Така маса є достатньою для виконання широкого спектру лабораторних аналізів: агрохімічного, токсикологічного, хімічного тощо. Зібрані зразки маркували з зазначенням місця, точки та відстані, після чого їх пакували в пакети. Маркування здійснювалося на листі паперу. Для транспортування використовували поліетиленові пакети із ручками. Для якісного транспортування використовуються пакети на замку, але у зв'язку із браком таких пакетів довелося застосувати альтернативні методи пакування зразків ґрунту.

Після завершення відбору всі зразки були зібрані та розміщені в захищеній сумці, що запобігала механічному пошкодженню та потраплянню прямих сонячних променів. Усі проби доставлялися до лабораторії ІФНТУНГ в найкоротші терміни — протягом тієї ж доби, у якій проводився відбір. Після доставки до лабораторії проводилася попередня підготовка зразків до аналітичних досліджень. Вона включала процес висушування при кімнатній температурі протягом кількох діб, що дозволяло зберегти структуру ґрунту без втрати летких сполук. Далі проби піддавалися механічному подрібненню та просіюванню через сито з діаметром отворів 1 мм. Це забезпечувало однорідність матеріалу та сприяло точності лабораторних вимірювань. Усі 9 зразків були ретельно перемішані окремо (в межах однієї точки) методом конусів та квартування. Відібрана частина проби використовувалась безпосередньо для аналізу, тоді як залишки зберігалися в архіві лабораторії для можливого повторного контролю. Під час підготовки проб усували сторонні домішки: каміння, коріння, великі органічні залишки. Важливим було дотримання стерильності інструментів на кожному етапі, щоб уникнути перехресного забруднення.

Особливу увагу приділяли дотриманню методичних вказівок згідно з національними стандартами та нормами, що регулюють порядок відбору ґрунтів для екологічного моніторингу. Кожен етап було задокументовано, що дозволило забезпечити прозорість процедур і підтвердити достовірність отриманих результатів. Проведення відбору проб таким чином дозволило отримати надійні, репрезентативні дані щодо стану поверхневого шару ґрунтів у межах досліджуваної території. Вибрані точки дали можливість зіставити рівень забруднення на різних віддальх від річки Сівка, що є важливим елементом оцінки антропогенного навантаження. Сукупність зібраних і підготовлених зразків лягла в основу подальших агрохімічних, фізико-хімічних та екологічних аналізів, необхідних для комплексної оцінки впливу джерел забруднення.

3.2 Методи визначення вмісту забруднювальних речовин

Для комплексної оцінки рівня антропогенного забруднення ґрунтів басейну річки Сівка застосовувався ряд сучасних аналітичних методів, що дозволяють визначити концентрації різноманітних забруднюючих речовин з високою точністю та достовірністю. Вибір конкретних методів дослідження ґрунтувався на специфіці потенційних джерел забруднення, характеристиках досліджуваної території та завданнях, поставлених у роботі.

Рентгено-флуоресцентний аналіз важких металів

Основним методом визначення вмісту важких металів у ґрунтових зразках був рентгено-флуоресцентний аналіз, що проводився на сучасному аналізаторі (рис. 3.2). Цей метод характеризується високою точністю визначення елементів (1-10 ppm), експресністю проведення аналізу та можливістю одночасного визначення широкого спектра хімічних елементів.

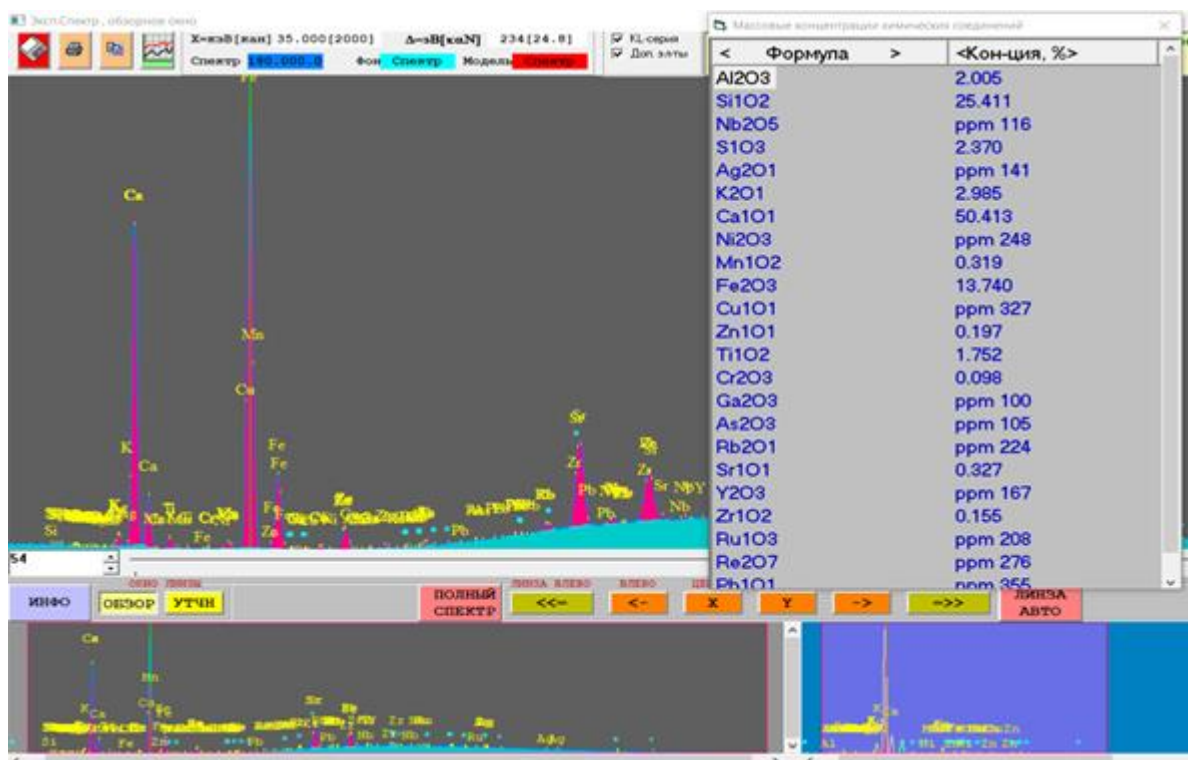


Рисунок 3.2 – Типовий спектр випромінювання для зразка дерев'яної золи отриманий з аналізатора EXPERT 3L

Принцип роботи рентгено-флуоресцентного аналізатора базується на методі спектрального аналізу спектрів флуоресценції елементів, випромінених при адсорбції високоенергетичного випромінювання. Атоми досліджуваного

зразка ґрунту збуджуються рентгенівським іонізуючим випромінюванням. При взаємодії атомів речовини з високоенергетичним випромінюванням електрони, близькі до ядра атома, вибиваються із своїх орбіталей. При цьому електрони з вищих енергетичних орбіталей займають їх місце, виділяючи при цьому фотони — характеристичне флуоресцентне випромінювання. Відбувається емісія випромінювання з меншою енергією за поглинуту.

За допомогою детектора реєструють спектр флуоресценції (рис. 3.2). За положенням максимумів у спектрі випромінювання проводять якісний елементарний аналіз такого спектру. При цьому за величиною інтенсивності спектральних ліній (використовуючи еталонні зразки) можна провести кількісний аналіз. Всі дослідження проводяться в атмосфері інертного, хімічно чистого гелію для уникнення інтерференції з елементами повітря

Підготовка зразків для рентгено-флуоресцентного аналізу

Підготовка ґрунтових зразків для рентгено-флуоресцентного аналізу включала декілька етапів:

- 1) Висушування зразків при кімнатній температурі до постійної маси
- 2) Механічне подрібнення та просіювання через сито з розміром отворів 0,25 мм для забезпечення однорідності
- 3) Гомогенізація проб методом квартування
- 4) Формування аналітичних наважок масою 2-3 г
- 5) Пресування зразків під тиском для отримання компактних таблеток

Метод дозволяє визначати концентрації таких важких металів, як свинець (Pb), кадмій (Cd), цинк (Zn), мідь (Cu), нікель (Ni), хром (Cr), залізо (Fe), марганець (Mn) та інші елементи, що є основними індикаторами техногенного забруднення ґрунтів.

3.3 Характеристика місць відбору матеріалу для дослідження

У межах дослідження, присвяченого аналізу джерел і наслідків антропогенного забруднення ґрунтів у басейні річки Сівка, одним із ключових завдань було обґрунтоване визначення місць відбору матеріалу. Вибір досліджуваних ділянок має безпосередній вплив на об'єктивність результатів та дозволяє зробити науково обґрунтовані висновки щодо масштабів і характеру забруднення. Вибір конкретних точок відбору ґрунтових зразків для дослідження у межах басейну річки Сівка був зумовлений як природно-географічними, так і техногенними факторами, які безпосередньо впливають на стан ґрунтів. Основною метою було отримання репрезентативних даних щодо рівня антропогенного забруднення ґрунтів поблизу потенційних джерел впливу. Це такі райони (рис. 3.1) (детальніше можна ознайомитись у Додатку Г:

1. Точка 1 знаходиться біля об'їзної, неподалік від Домбровського кар'єру
2. Точка 2 знаходиться в центрі міста на проспекті Лесі Українки. Цей район є густонаселеним, неподалік є ринок та супермаркет "Гостинний Дім"
3. Точка 3 знаходиться в районі с/м "Мрія" в районі АТП
4. Хвостосховище №2 калієво-магнієвого комбінату знаходиться на вул. Промислова

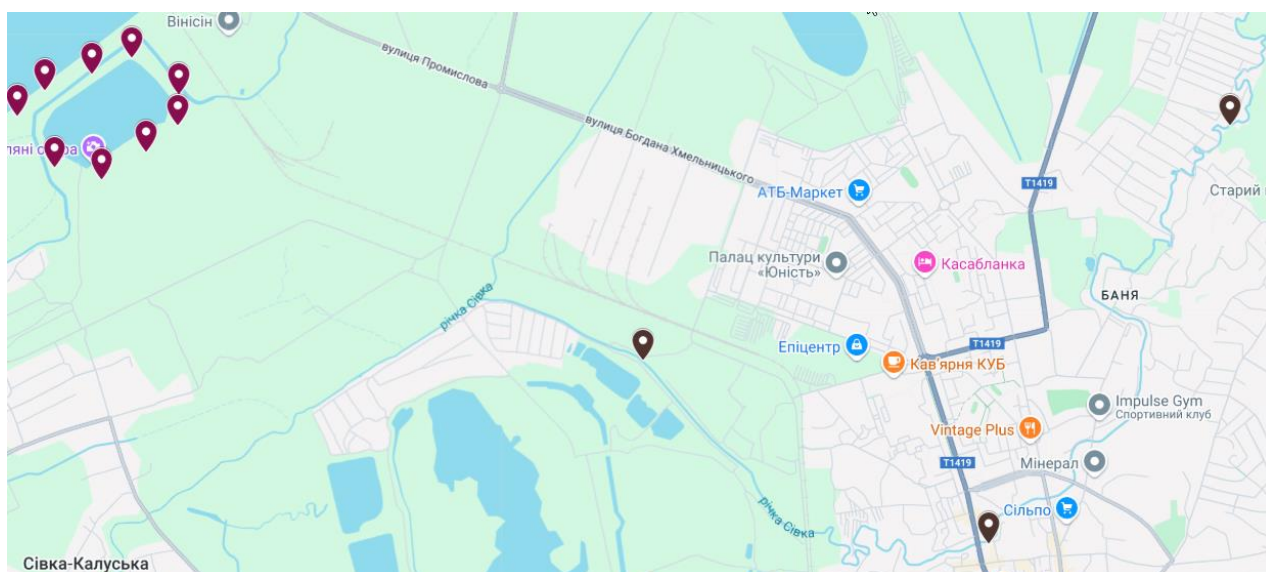


Рисунок 3.1 – Карта точок відбору проб

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1 Результати лабораторного аналізу ґрунтових зразків

Лабораторний аналіз ґрунтових зразків, відібраних у трьох ключових точках басейну річки Сівка, був проведений методом рентгено-флуоресцентної спектрометрії з використанням аналізатора EXPERT 3L. Дослідження охопило визначення елементного складу ґрунтів, включаючи концентрації важких металів та інших хімічних елементів, що дозволило оцінити рівень антропогенного забруднення досліджуваної території. Результати аналізу наведені у Додатку В.

Результати аналізу зразків із першої точки відбору, розташованої поблизу Домбровського кар'єру, засвідчили найвищі концентрації забруднювальних речовин серед усіх досліджуваних ділянок. Основу мінералогічного складу ґрунтів становлять оксиди кремнію (66,88-69,27%), алюмінію (11,29-11,52%) та заліза (8,85-10,23%), що є характерним для регіональних ґрунтів передгірських районів. Концентрації важких металів у цій точці демонструють значне перевищення фонових показників. Вміст свинцю коливається від 190 ± 24 на відстані 5 м від річки до $ppm\ 44 \pm 9$ на відстані 25 м, що свідчить про зменшення забруднення з віддаленням від потенційного джерела. Концентрація цинку становить $ppm\ 239 \pm 10$ поблизу річки та збільшується до $ppm\ 284 \pm 8$ на середній відстані, демонструючи нерівномірний розподіл забруднення. Вміст міді варіює від 67 ± 8 до $ppm\ 228 \pm 8$, демонструючи локальну мінливість концентрацій залежно від мікрорельєфу та гідрологічних особливостей ділянки. Результати аналізу показали наступні концентрації нікелю: 120 ± 12 мг/кг, 65 ± 7 мг/кг та 168 ± 13 мг/кг. Така варіативність свідчить про нерівномірний розподіл забруднення

Аналіз ґрунтових зразків із центральної частини міста Калуш виявив помірний рівень забруднення, типовий для урбанізованих територій. Концентрації основних породоутворюючих оксидів залишаються стабільними: SiO_2 становить 70,14-72,03%, Al_2O_3 — 9,58-9,95%, що відповідає природному

складу місцевих ґрунтів. Вміст свинцю в цій точці коливається в межах 121 ± 19 — 150 ± 20 ppm, що є нижчим порівняно з першою точкою, але все ще перевищує типові фонові значення для незабруднених ґрунтів. Концентрації цинку демонструють значну варіабельність від 273 ± 9 до 481 ± 11 ppm, що може бути пов'язано з впливом транспортних потоків та міської інфраструктури. Примітним є підвищений вміст міді, який досягає ppm 272 ± 11 у зразку з відстані 5 м від річки, що може свідчити про надходження забруднювачів із систем водопостачання, електричних мереж або промислових об'єктів міста. Концентрації нікелю залишаються на рівні ppm 70-92, що є помірно підвищеним показником для урбанізованих територій.

Третя точка відбору, розташована в районі автотранспортного підприємства, характеризується специфічним профілем забруднення, пов'язаним із транспортною діяльністю. Основний мінералогічний склад представлений SiO_2 (70,89-81,20%) та Al_2O_3 (6,11-9,73%), що вказує на переважання кварц-польовошпатових компонентів. Найвищий вміст міді у цій точці становить 97 ± 8 на відстані 5 м. Концентрації свинцю варіюють від 106 ± 15 до 167 ± 17 ppm, що є помірно підвищеним рівнем, характерним для територій з інтенсивним автомобільним рухом. Вміст цинку коливається в межах 164 ± 6 — 422 ± 10 ppm. Концентрації нікелю варіюють від 60 ± 7 до 90 ± 10 мг/кг, з проміжним значенням 74 ± 8 мг/кг.

Під час аналізу вмісту важких металів у ґрунтах хвостосховища (табл. 4.2) було виявлено низку нетипових і на перший погляд парадоксальних закономірностей, що заслуговують на особливу увагу. Зокрема, найбільш неочікуваним є той факт, що концентрації важких металів у зоні хвостосховища не лише не перевищують гранично допустимих концентрацій (ГДК), а й в окремих випадках є нижчими, ніж на значній відстані від джерела потенційного забруднення. У точках 1 та 6–9 вміст свинцю взагалі не було виявлено, що є надзвичайно незвичайним, враховуючи характер діяльності поблизу хвостосховища №2. Це може свідчити або про обмежену міграційну здатність свинцю в конкретних ґрунтово-гідрологічних умовах цієї ділянки, або про

специфічний мінеральний склад ґрунту, що сприяє його фіксації в глибших горизонтах чи нерозчинних формах. Додатково, цілком ймовірно, що напрямки поверхневого та ґрунтового стоку зміщують максимум забруднення далі вниз по басейну, де у точках 2, 3 та 4 вже спостерігається значне перевищення ГДК для свинцю — приблизно у 4,2, 3,3 та 2,4 рази фіксується підвищений вміст цих елементів, що, ймовірно є результатом додаткового впливу хвостосховища №2. Щодо інших металів, концентрації цинку, міді та нікелю у більшості випадків наближені до допустимих норм або дещо перевищують їх, але незначно, що може свідчити про фонову техногенну насиченість регіону без очевидного локального джерела. У точці 4 фіксуються незначні перевищення, де вміст цинку, міді та нікелю становить відповідно 1,6; 1,3 та 1,9 ГДК. Також у точках 6–9 спостерігається лише незначне відхилення концентрацій Zn, Cu та Ni від встановлених нормативів. Загалом, дані свідчать про складну і не завжди передбачувану динаміку міграції забруднюючих речовин у ґрунтового середовищі, де ступінь забруднення не зменшується пропорційно відстані до джерела, а формується під впливом поєднання гідрологічних, геохімічних та антропогенних факторів.

Таблиця 4.2 - Вміст важких металів у ґрунтах поблизу хвостосховища №2

№ зразка	Pb, мг/кг	Zn, мг/кг	Cu, мг/кг	Ni, мг/кг
1	—	98 ± 5	44 ± 5	52 ± 7
2	133 ± 15	145 ± 6	56 ± 6	92 ± 8
3	104 ± 13	126 ± 5	50 ± 5	75 ± 7
4	77 ± 17	184 ± 7	72 ± 7	95 ± 10
5	73 ± 11	90 ± 4	33 ± 4	45 ± 6
6	—	105 ± 5	37 ± 5	57 ± 7
7	—	132 ± 6	51 ± 6	71 ± 8
8	—	133 ± 5	65 ± 5	56 ± 7
9	—	136 ± 7	47 ± 6	81 ± 9
ГДК	32	115	50	55

Просторовий розподіл забруднення:

Аналіз розподілу забруднювальних речовин залежно від відстані від річки Сівка виявив загальну тенденцію до зниження концентрацій важких металів з віддаленням від водотоку. Це може свідчити про роль річки як транспортного шляху для забруднювачів або про наявність джерел забруднення в безпосередній близькості до водного об'єкта. Найбільш виражену залежність від відстані демонструють концентрації свинцю та хрому, які систематично знижуються при віддаленні від річки у всіх трьох точках відбору. Водночас, розподіл цинку та міді характеризується більшою просторовою мінливістю, що може вказувати на множинність джерел надходження цих елементів у ґрунтове середовище.

Отримані результати засвідчують наявність антропогенного забруднення ґрунтів у басейні річки Сівка з різним рівнем інтенсивності залежно від характеру господарської діяльності в конкретних точках. Найвищі концентрації забруднювальних речовин зафіксовано в районі Домбровського кар'єру, що підтверджує його роль як основного джерела техногенного впливу на довкілля в досліджуваному регіоні.

4.2 Оцінка ступеня забруднення ґрунтів відносно нормативних показників та екологічних стандартів

Для об'єктивної оцінки екологічного стану ґрунтів басейну річки Сівка проведено порівняльний аналіз отриманих концентрацій важких металів з чинними нормативними показниками та міжнародними екологічними стандартами. Оцінка здійснювалася відповідно до Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів ДСП 173-96 та методичних рекомендацій щодо оцінки ступеня забруднення ґрунтів хімічними речовинами.

Аналіз концентрацій свинцю в досліджуваних зразках виявив значні перевищення нормативних показників у всіх точках відбору. При ГДК свинцю в ґрунті 32 мг/кг, фактичні значення коливаються від 44 до 190 мг/кг, що становить перевищення від 1,4 до 5,9 разів. Найвищі концентрації зафіксовано в точці 1 на відстані 5 метрів від річки (190 ± 24 мг/кг), що свідчить про інтенсивне забруднення в зоні впливу Домбровського кар'єру.

Концентрації цинку в усіх досліджуваних зразках перевищують гранично допустимий рівень 115 мг/кг. Найвищі значення спостерігаються в точці 2 на відстані 5 метрів від річки (481 ± 11 мг/кг), що у 4 рази перевищує норматив. Такі концентрації свідчать про сильний ступінь забруднення цинком, характерний для урбанізованих територій з інтенсивним техногенним навантаженням.

Вміст міді в ґрунтах демонструє найбільш критичні показники забруднення. При нормативі 55 мг/кг концентрації міді досягають 272 ± 11 мг/кг у точці 2, що перевищує допустимий рівень у 5 разів. Середні концентрації міді в усіх точках відбору становлять 3-6 кратне перевищення нормативу, що вказує на хронічне забруднення території сполуками міді.

Концентрації нікелю коливаються в межах 60-120 мг/кг при гранично допустимому рівні 50 мг/кг. У більшості зразків спостерігається перевищення нормативу в 1,2-2,4 рази.

Відповідно до методики оцінки ступеня забруднення ґрунтів, досліджувана територія характеризується різними категоріями забруднення залежно від точки відбору та виду забруднювальної речовини. За інтегральним показником забруднення точка 1 відноситься до категорії сильно забрудненої території з коефіцієнтом концентрації важких металів від 2 до 8. Точка 2 класифікується як помірно забруднена з локальними осередками сильного забруднення, особливо щодо цинку та міді. Точка 3 демонструє критичний рівень забруднення міддю при помірному забрудненні іншими металами.

Розрахунок сумарного показника забруднення за формулою $Z_c = \sum_{i=1}^n K_{Ci} - (n - 1)$, де K_{Ci} — коефіцієнт концентрації i -го елемента, показав наступні результати. Для точки 1 показник $Z_c = 29.55$, що відповідає помірно небезпечній категорії забруднення. Точка 2 характеризується найвищим показником $Z_c = 34.52$, що класифікується як небезпечно забруднення. Для точки 3 сумарний показник становить $Z_c = 27.14$, що свідчить про помірно небезпечний рівень забруднення. Загалом, сумарний показник забруднення біля хвостосховища склав в районі $Z_c = 0.677 - 5.21$ що класифікується як допустимий рівень.

Екологічна інтерпретація результатів:

Виявлені концентрації важких металів створюють значні екологічні ризики для функціонування ґрунтових екосистем та здоров'я населення. Перевищення нормативних концентрацій свинцю в 2-6 разів може призводити до пригнічення мікробіологічної активності ґрунту, зниження ферментативної діяльності та порушення процесів мінералізації органічної речовини. Високі концентрації міді, що перевищують норматив у 6 разів, створюють фітотоксичний ефект, пригнічуючи ріст рослин та знижуючи продуктивність ґрунтів.

Особливе занепокоєння викликає можливість транслокації важких металів у харчові ланцюги через накопичення в рослинах, вирощених на забруднених ґрунтах. За даними досліджень біодоступності металів, свинець та

мідь характеризуються високою здатністю до переходу в рослини, що створює ризик хронічного отруєння населення через споживання контамінованої сільськогосподарської продукції.

Просторовий розподіл забруднення вказує на наявність стаціонарних джерел емісії важких металів, зокрема Домбровського кар'єру та промислових об'єктів міста Калуш. Градієнт концентрацій від річки вглиб території свідчить про роль поверхневого стоку в перенесенні забруднювачів та необхідність впровадження заходів щодо запобігання подальшому поширенню контамінації.

Отримані результати вимагають негайного впровадження комплексних заходів з ремедіації забруднених ґрунтів та усунення джерел надходження важких металів у навколишнє середовище. Пріоритетними напрямками повинні стати консервація найбільш забруднених ділянок, впровадження технологій фіторемердіації та регулярний моніторинг стану ґрунтового покриву для запобігання подальшому погіршенню екологічної ситуації.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження антропогенного забруднення ґрунтів басейну річки Сівка дозволило отримати комплексну оцінку екологічного стану досліджуваної території та виявити основні джерела техногенного впливу на ґрунтове середовище. Результати роботи підтверджують актуальність проблеми забруднення ґрунтів у межах промислово розвинених регіонів Прикарпаття та необхідність впровадження заходів з охорони довкілля.

Фізико-географічна характеристика басейну річки Сівка засвідчила його належність до складних природно-техногенних систем, де поєднуються сприятливі кліматичні умови помірно континентального типу з інтенсивним антропогенним навантаженням. Ґрунтовий покрив території представлений переважно опідзоленими чорноземами та сірими лісовими ґрунтами з високою природною родючістю, що робить їх особливо цінними з точки зору сільськогосподарського використання та водночас вразливими до техногенного впливу.

Дослідження виявило три основні категорії джерел антропогенного забруднення ґрунтів у басейні річки Сівка. Найбільшу загрозу становлять гірничо-промислові об'єкти, зокрема Домбровський кар'єр та хвостосховища, які є джерелами надходження високомінералізованих розчинів та важких металів у навколишнє середовище. Сільськогосподарська діяльність формує дифузне забруднення через застосування пестицидів та мінеральних добрив, тоді як урбанізація та транспортна інфраструктура створюють локальні осередки забруднення важкими металами та нафтопродуктами.

Лабораторний аналіз ґрунтових зразків методом рентгено-флуоресцентної спектрометрії підтвердив наявність значного антропогенного забруднення в усіх досліджуваних точках. Найвищі концентрації забруднювальних речовин зафіксовано в зоні впливу Домбровського кар'єру, де вміст свинцю досягає 190 мг/кг при нормативі 32 мг/кг. Критичні рівні забруднення міддю виявлено в центрі міста — 272 ± 11 мг/кг при допустимому рівні 55 мг/кг. Також центральна частина міста характеризується помірним забрудненням з локальними

перевищеннями нормативів для цинку до 481 мг/кг.

Аналіз вмісту важких металів у ґрунтах поблизу хвостосховища №2 показав відносно нижчі концентрації забруднювальних елементів порівняно з іншими досліджуваними точками, що можна пояснити особливостями гідрологічних умов та розташуванням досліджуваних ділянок щодо джерела викидів. Виявлені закономірності підтверджують неоднорідність просторового розподілу контамінантів та необхідність диференційованого підходу до управління техногенним навантаженням на ґрунтове середовище.

Порівняльний аналіз з нормативними показниками засвідчив перевищення гранично допустимих концентрацій важких металів у всіх досліджуваних зразках. Сумарний показник забруднення коливається від 0.677 в хвостосховищі до 34.52 у точці 2, що відповідає категоріям від допустимого до небезпечного забруднення. Такі рівні контамінації створюють серйозні ризики для функціонування ґрунтових екосистем, сільськогосподарського виробництва та здоров'я населення через можливість потрапляння токсичних речовин у харчові ланцюги.

Встановлено чіткий просторовий градієнт забруднення з максимальними концентраціями поблизу річки Сівка та поступовим зниженням з віддаленням від водотоку. Це свідчить про роль поверхневого стоку в перенесенні забруднювачів та підтверджує гіпотезу щодо зв'язку між промисловими об'єктами та забрудненням прилеглих територій. Виявлені закономірності розподілу контамінантів вказують на необхідність першочергового впровадження заходів з локалізації джерел забруднення та запобігання подальшому поширенню токсичних речовин у навколишньому середовищі.

Результати дослідження можуть стати основою для прийняття управлінських рішень щодо обмеження господарської діяльності на найбільш забруднених ділянках та впровадження технологій ремедіації ґрунтів.

Рекомендується продовження моніторингових досліджень з розширенням мережі точок спостереження та включенням додаткових параметрів, зокрема органічних забруднювачів та радіонуклідів. Необхідним є впровадження

комплексних заходів з рекультивації найбільш забруднених ділянок, включаючи фіторемедіацію та застосування сорбційних технологій. Першочерговими завданнями повинні стати консервація Домбровського кар'єру та модернізація систем очищення стічних вод промислових підприємств з метою мінімізації їх негативного впливу на довкілля басейну річки Сівка.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Angon, P. B., Islam, M. S., Das, A., Anjum, N., Poudel, A., & Suchi, S. A. Sources, effects and present perspectives of heavy metals contamination: Soil, plants and human food chain // *Heliyon*. – 2024. – Т. 10, № 10. – С.
2. Наконечний І.В., Літвак О.А., Літвак С.М., Маринець О.М. Аналіз чинників, що впливають на процес біоремедіації ґрунтів, забруднених нафтопродуктами // *Екологічні науки*. – 2023. – № 4(49). – С. 114–123.
3. Шелінговський Д.В. Моніторинг забруднення ґрунтів нафтою та нафтопродуктами // *Міжнародна співпраця у галузі екологічних досліджень: матеріали наук. конф. (м. Одеса, 22 груд. 2023 р.)* / Одес. держ. екол. ун-т. – Одеса: ОДЕКУ, 2023. – Вип. 107. – 218 с.
4. Бочаров О.В. Вплив промислових підприємств на забруднення ґрунтів // *Екологічна безпека та раціональне природокористування: тези Всеукраїнської наукової конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених (Житомир, 16 листопада 2023 р.)* / за заг. ред І.Г. Пацева. – Житомир: Житомирська політехніка, 2023. – С. 71
5. Я.Г. Гриньова, Є.А. Криштоп. Проблеми забруднення навколишнього середовища важкими металами та шляхи їх подолання // *Інженерія природокористування*. – 2021. – № 1(19). – С. 111–119.
6. С.Томин. Забруднення пестицидами навколишнього середовища. URL: <https://pol.osv.org.ua/news/1681894121/> (дата звернення: 19.04.2023)
7. Ю.В. Мелешко, С.П. Іваненко, О.В. Дмитренко, Н.І. Васюра. Забруднення ґрунтів радіонуклідами на контрольних ділянках // *Охорона ґрунтів випуск 1* // *Агрохімічна служба України: роль і місце в розвитку агропромислового комплексу держави: матеріали міжн. наук. прак. конф. (м. Київ, 2014р.)* / інст. охор. ґрун. України. – Київ: 20. – Вип. 1. – 401 с.
8. Ninglin Luo. Methods for controlling heavy metals in environmental soils based on artificial neural networks. // *Scientific Reports*. – 2024. – Vol. 14, Article number: 2563.

9. Heavy metals in soil ecosystems. European Environment Agency URL: <https://www.eea.europa.eu/en/european-zero-pollution-dashboards/indicators/heavy-metals-in-soil-ecosystems-signal> (дата звернення: 03.03.2025)

10. Віцентій Н. Й. Екологічна оцінка забруднення ґрунтів важкими металами // *Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика: матеріали II Міжнародної наукової Інтернет-конференції (20 листопада 2020 р.)* // Тернопіль: Західноукраїнський національний університет, 2020. – С. 44–48.

11. Ігнатенко О. Пестициди можуть негативно впливати на зір, нюх та нервову систему людини. Інформаційний центр "Зелене досьє". URL: <https://www.dossier.org.ua/news/negative-effect-of-pesticides-on-humans/>

12. Ковальова С. П., Ільніцька О. В., Рубан І. М., Шикирава Н. В., Малявська М. В. Забруднення радіонуклідами сільськогосподарських угідь Житомирської області // *Чорнобильська катастрофа. Актуальні проблеми, напрями та шляхи їх вирішення* : зб. праць міжнар. наук.-практ. конф. (22–23 квіт. 2021 р., м. Житомир) / Поліський нац. ун-т. — Житомир : ПНУ, 2021. — С. 115-119.

13. Про затвердження Програми з питань охорони, використання і відтворення тваринного світу Калуської міської територіальної громади на 2024-2026 роки : Рішення Калуської міської ради від 25.07.2024 № 3393 // Калуська міська рада. URL: https://kalushcity.golos.net.ua/?p=pryynyati_rishennya&sp=single&id=9179

14. Звіт про стратегічну екологічну оцінку генерального плану населеного пункту Сівка-Калуська, Калуського району Івано-Франківської області / ТОВ «Нікопроект» : директор С. Г. Рябченко, гол. архіт. проекту О. В. Теленик. Управління архітектури та містобудування Калуської міської ради. — Миколаїв, 2023. — 105 с.

15. Abel Michael. Heavy Metals in Soil: A Review / Abel Michael // *Chemical Engineering and Process Techniques*. – 2021. – Vol. 8, Iss. 1.

16. Adnan M., Xiao B., Ali M.U., Xiao P., Zhao P., Wang H., Bibi S.

Heavy metals pollution from smelting activities: A threat to soil and groundwater // *Environmental Pollution*. 2024. Vol. 12, Article 116189.

17. Микітчак Т., Козловський В., Мателешко О. Формування фауни безхребетних гідробіонтів у водоймі Домбровського кар'єру в період 2014–2018 років // *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. — 2021. — Вип. 84. — С. 94–104.

18. ГО "Impact Center SXID.UA". *Екологічний профіль Калуської міської територіальної громади* / Погоджено рішенням Калуської міської ради від 27.04.2023 № 2097. – Калуш, 2023. – 60 с.

19. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. *Будівельна кліматологія* : Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с.

20. Касіяничук Д.В. Еколого-геологічна оцінка стану ґрунтового покриву території Івано-Франківської області. *Екологічні науки* : науковопрактичний журнал. Київ: ДЕА, 2020. № 2(29). Т. 2. С. 112-119.

21. Gavrilesco M. Enhancing phytoremediation of soils polluted with heavy metals // *Current Opinion in Biotechnology*. 2022. Vol. 74. P. 21–31.

22. Rashid A., Schutte B. J., Ulery A., Deyholos M. K., Sanogo S., Lehnhoff E. A., Beck L. Heavy metal contamination in agricultural soil: Environmental pollutants affecting crop health // *Agronomy*. — 2023. — Vol. 13, №6. — Article 1521.

23. Данилів О. О. Ґрунтові ресурси Івано-Франківської області та їх охорона // *Вісник Уманського національного університету садівництва*. – 2022. – № 2. – С. 22–27.

24. Барна І., Забігайло О. Геоекологічні особливості природокористування Калуської територіальної громади // *Scientia* : зб. наук. праць. – 2023. – 1 груд. (Берлін, Німеччина). – С. 146–150.

25. Відбір проб ґрунтів та відходів при здійсненні хіміко-аналітичного контролю просторового (загального і локального) забруднення об'єктів навколишнього природного середовища в районах впливу промислових, сільськогосподарських, господарсько-побутових і транспортних джерел

забруднення / Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. – Чинний з 22.02.2005. – К., 2005. – 24 с.

26. Моніторингові дослідження еколого-гідрогеохімічної ситуації у зоні впливу техногенних об'єктів гірничопромислового комплексу Калуш-Голинського родовища калійної солі // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2024. – Т. 15, № 2. – С. 83–95.

27. Гірничорудні об'єкти Калущини можуть стати техногенно безпечними // Kalush.info : сайт. – 2013. URL: <https://kalush.info/page/girnichorudni-obyekti-kalushhini-mozhut-stati-tehnogenno-bezpechnimi>

28. Valyuk V. F., Yakymchuk R. A., Sobolenko L. Yu., Sorokina S. I. Assessment of mutagenic activity of toxic waste polygon (Kalush) soil's chemical pollution by the level of cytogenetic disorders in *Triticum aestivum* L. // Фактори експериментальної еволюції організмів : зб. наук. пр. / НАН України, Ін-т молекуляр. біол. і генетики, Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М.І. Вавилова. 2020. – Т. 2. – С. 293-298.

29. Vintonyak, Vasyl. "STUDY OF THE ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL STATE OF THE LIMNYTSIA RIVER". *SWorld-Ger Conference proceedings* 1, no. gec34-00 (August 30, 2024): 58–66. Accessed June 10, 2025.

30. Савонова А. О. Дослідження вмісту рухомих форм Феруму, Цинку та Плюмбуму в ґрунті : кваліфікац. робота на здобуття освіт. ступеня бакалавра / А. О. Савонова ; наук. керівник: Купчик О. Ю. ; Нац. ун-т "Чернігівський колегіум" ім. Т. Г. Шевченка, Природничо-матем. ф-т, Каф. хімії, технологій та фармації. – Чернігів, 2020. 63с.

31. ДСТУ ISO 10381-4:2005. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 4. Настанови щодо процедури дослідження природних, майже природних та оброблюваних ділянок (ISO 10381-4:2003, IDT). – [Чинний від 2006-01-01]. – Київ: Держспоживстандарт України, 2006. – 22 с

ДОДАТКИ

Додаток А

Накопичення хімічних в ґрунтах у зоні впливу промислових підприємств і інших джерел забруднення

Джерела забруднення	Тип виробництва	Кратність перевищення концентрацій забруднюючих речовин над фоновими	
		Більш 10	від 2 до 10
Кольорова металургія	Виробництво кольорових металів безпосередньо з руд і концентратів	Свинець, цинк, мідь, срібло	Олово, вісмут, миш'як, кадмій, сурма, ртуть
	Вторинна переробка кольорових металів	Свинець, цинк, олово, мідь	Ртуть
Джерела забруднення	Тип виробництва	Кратність перевищення концентрацій забруднюючих речовин над фоновими	
		Більш 10	від 2 до 10
	Виробництво твердих і тугоплавких кольорових металів	Вольфрам	Молібден
	Виробництво титану	Срібло, цинк, свинець, бор, мідь	Титан, марганець, молібден, олово, ванадій
Чорна металургія	Виробництво легованих сталей	Кобальт, молібден, вісмут, вольфрам, цинк	Свинець, кадмій, хром, цинк
	Залізорудне виробництво	Свинець, срібло, миш'як	Цинк, вольфрам, кобальт, ванадій
Машинобудівна й металообробна промисловість	Підприємства з термічною обробкою металів (без ливарних цехів)	Свинець, цинк	Нікель, хром, ртуть, олово, мідь
	Виробництво свинцевих акумуляторів	Свинець, нікель, кадмій	Сурма, свинець, сурма, цинк, вісмут
	Виробництво приладів для електротехнічної й електронної промисловості		
Хімічна	Виробництво суперфосфатних добрив	Стронцій, цинк, фтор	Рідкі землі, мідь, хром, миш'як
	Виробництво пластмас	-	Мідь, цинк, срібло
Промисловість будівельних матеріалів	Виробництво цементу		Ртуть, стронцій, цинк
Поліграфічна промисловість	Шрифтоливарні заводи, друкарня		Свинець, цинк, олово

Продовження Додатка А

Тверді побутові відходи великих міст, використовувані якості добрив		Свинець, кадмій, олово, мідь, срібло, сурма, цинк	Ртуть
Опади каналізаційних стічних вод		Свинець, кадмій, ванадій, нікель, олово, хром, мідь, цинк	Ртуть, срібло
Забруднені поливальні води		Свинець, цинк	Мідь

Додаток Б
Структура ґрунтового покриву Івано-Франківської області

№	Генетична назва ґрунту	Заг. площа, тис. га	Орних земель, тис. га
1	Дерново-підзолисті оглесні ґрунти	100,0	47,1
2	Підзолисто-дернові оглесні	2,7	1,8
3	ясно-сірі опідзолені, в тім числі оглесні	5,3	2,7
		1,8	0,9
4	Сірі опідзолені	28,5	17,6
	в тім числі оглесні	13,3	9,4
5	Темно-сірі опідзолені	59,4	55,1
	в тім числі оглесні	20,0	17,5
6	Чорноземи опідзолені	101,1	95,5
	в тім числі оглесні	54,5	51,6
7	Чорноземи глибокі мало гумусні карбонатні	11,3	9,7
8	Чорноземи глибокі мало гумусні вилугувані	3,3	3,0
9	лучно-чорноземні	3,9	2,2
10	Чорноземно-лучні	5,1	2,8
11	лучні	50,0	29,5
12	лучно-болотні	8,7	1,3
13	Болотні	13,1	1,6
14	Торфовища низинні	2,4	0,1
15	Дернові ґрунти	13,9	3,1
	в тім числі оглесні	7,8	3,3
16	Піски слабо задерновані	4,1	–
17	Дернові опідзолені	39,6	27,9
	в тім числі оглесні	19,3	10,6
18	Буроземно-підзолисті	38,2	16,7
	в тім числі оглесні	31,7	11,4
19	Бурі гірсько-лісові переважно щебенюваті ґрунти	56,0	1,7
20	Бурі гірсько-лісові опідзолені	21,0	5,2
	в тім числі оглесні	8,9	3,9
21	Дерново-буроземні неглибокі	49,1	4,0
	в тім числі оглесні	33,9	0,8
22	Дерново-буроземні опідзолені	28,3	13,7
	в тім числі глейові	8,4	3,2
23	лучно-буроземні	3,0	1,7
24	виходи порід	4,1	0,1
Разом		659,9	347,6

Додаток В

Зведені результати хімічного складу ґрунтових зразків басейну річки Сівка

Хім. елемент	Точка 1 (Домбровський кар'єр)			Точка 2 (Центр міста)			Точка 3 (Район АТП)		
	5м	15м	25м	5м	15м	25м	5м	15м	25м
Основні компоненти (%)									
SiO ₂	67,33	69,27	66,88	70,31	72,03	70,14	72,24	81,20	70,89
Al ₂ O ₃	11,29	11,52	11,32	9,95	9,58	9,93	8,05	6,11	9,73
Fe ₂ O ₃	10,09	8,85	10,23	7,68	7,24	7,37	8,14	4,99	7,68
K ₂ O	5,74	5,20	5,75	5,12	5,57	5,40	5,64	3,71	5,76
CaO	1,54	1,31	1,71	3,08	2,08	3,38	2,05	1,02	2,24
MgO	0,88	1,04	0,72	0,79	0,51	0,97	1,01	0,75	1,14
Важкі метали (ppm)									
Pb	190±24	109±19	44±9	150±20	121±19	150±19	166±20	106±15	167±17
Zn	239±10	284±8	359±11	481±11	307±9	273±9	422±10	164±6	317±8
Cu	67±8	228±8	96±9	272±11	214±9	72±7	97±8	47±6	81±7

Продовження Додатка В

Ni	120±12	65±7	168±13	70±10	92±9	88±9	90±10	60±7	74±8
Cr	323±7	304±6	227±48	64±5	134±36	193±37	276±71	159±34	126±31
Мікроелементи (ppm)									
Sr	304±11	199±8	285±12	200±9	216±9	240±9	175±9	92±6	214±8
Rb	330±10	245±8	333±11	187±8	223±8	221±8	175±9	79±6	141±7
Zr	117±1	74±1	125±2	73±1	79±1	55±10	80±1	134±1	490±8
Y	98±11	60±8	102±12	72±9	77±9	56±8	83±1	72±6	49±7
V	333±107	172±35	493±71	-	-	-	159±34	-	276±71

Додаток Г
QR-код регіону дослідження

