

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

ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

Допускається до захисту
Кафедра Екології та захисту довкілля
« _____ » _____ 2025 р.

Завідувач кафедри _____
(підпис)

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Магістр
(рівень вищої освіти)

на тему: «Екологічна оцінка токсичності ґрунтів зеленої зони Львова із
пропозиціями щодо зниження антропогенного впливу на довкілля»

Виконав студент групи Еко-61
Спеціальності 101 «Екологія»
Голюк Микола Валерійович

Керівник Ірина САЛАМАХА
Консультант Лариса ГОРДІЙЧУК

Дубляни 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ

Кафедра екології
Рівень вищої освіти «Магістр»
Спеціальності 101 «Екологія»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри _____
к.б.н., доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ
« _____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студента
Голюка Миколи Валерійовича

1. Тема роботи: «Екологічна оцінка токсичності ґрунтів зеленої зони Львова із пропозиціями щодо зниження антропогенного впливу на довкілля».

Керівник кваліфікаційної роботи Саламаха Ірина Юріївна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент.

Затверджені наказом по університету від «__» _____ р. № _____.

Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 8 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи

Літературні джерела

Матеріали досліджень

Методики виконання досліджень

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

ВСТУП.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.

1.1 Геоморфологічні та фізико-географічні умови міста Львова.

1.2 Ґрунтовий покрив міста Львова

1.3 Зелені насадження комплексної зеленої зони міста Львова.

2. ОБ'ЄКТ, ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.

2.1 Об'єкти досліджень.

2.2 Програма досліджень.

2.3 Методика досліджень.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

3.1 Сучасний екологічний стан та основні фактори впливу на довкілля Львова.

3.2 Екологічний стан ґрунтового покриву міста Львова та чинники його антропогенної трансформації.

3.3 Аналіз стану та перспектив розвитку зеленої зони міста Львова.

3.4 Заходи щодо зниження антропогенного впливу на ґрунти зеленої зони Львова.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.

4.1 Охорона праці при проведенні досліджень токсичності ґрунтів.

4.2 Організаційно-технічні заходи безпеки під час відбору зразків ґрунту в межах міста.

4.3 Захист населення у надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

5. Перелік графічного матеріалу (подається конкретний перерахунок аркушів з вказуванням їх кількості): рисунки (15).

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3	Саламаха І.Ю., доцент кафедри екології		
4	Гордійчук Л.М., доцент кафедри інженерної механіки		

7. Дата видачі завдання 23 вересня 2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Написання вступу та розділу «Огляд літератури»	23.09.24 – 27.01.25	
2	Написання розділу «Об’єкт, методи і методика досліджень»	28.01.25 – 03.03.25	
3	Написання розділу «Результати досліджень»	04.03.25 – 26.08.25	
4	Написання розділу «Охорона праці та захист населення у надзвичайних ситуаціях», підготовка висновків, формування списку літератури	27.08.25 – 08.12.25	

Студент _____ Микола ГОЛЮК

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Ірина САЛАМАХА

УДК 504.54:631.41:504.06.

Екологічна оцінка токсичності ґрунтів зеленої зони Львова із пропозиціями щодо зниження антропогенного впливу на довкілля. Голюк М.В. Кваліфікаційна робота. Кафедра екології та захисту довкілля. Дубляни, ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького, 2025.

65 с. текст. част., 10 табл., 15 рис., 41 джерело.

Кваліфікаційна робота присвячена комплексній екологічній оцінці токсичності ґрунтів зеленої зони міста Львова та розробці пропозицій щодо зниження антропогенного впливу на довкілля. У роботі проаналізовано геоморфологічні та фізико-географічні умови міста, охарактеризовано ґрунтовий покрив та його структурні особливості, а також оцінено стан зелених насаджень у комплексній зеленій зоні Львова.

Досліджено сучасний екологічний стан міста, визначено основні чинники антропогенної трансформації ґрунтів, зокрема вплив автотранспорту, промислових викидів та урбанізаційного тиску. Розроблено програму та методику досліджень, включаючи відбір і лабораторний аналіз ґрунтових зразків для визначення вмісту важких металів.

На основі проведеного аналізу визначено стан і перспективи розвитку зеленої зони Львова, оцінено фітосанітарний стан та екологічну стійкість рослинного покриву. Запропоновано практичні заходи щодо зниження антропогенного навантаження на ґрунти, підвищення їх екологічної безпеки та покращення якості довкілля міста.

Робота має науково-практичне значення та може бути використана для планування екологічних заходів, удосконалення системи управління зеленими зонами та забезпечення сталого розвитку урбанізованих територій.

ЗМІСТ

ВСТУП.	6
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.	8
1.1 Геоморфологічні та фізико-географічні умови міста Львова.	8
1.2 Ґрунтовий покрив міста Львова.	14
1.3 Зелені насадження комплексної зеленої зони міста Львова.	17
2 ОБ’ЄКТ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.	21
2.1 Об’єкт досліджень.	21
2.2 Програма досліджень.	23
2.3 Методика досліджень.	24
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.	29
3.1 Сучасний екологічний стан та основні фактори впливу на довкілля Львова.	29
3.2 Екологічний стан ґрунтового покриву міста Львова та чинники його антропогенної трансформації.	33
3.3 Аналіз стану та перспектив розвитку зеленої зони міста Львова.	43
3.4 Заходи щодо зниження антропогенного впливу на ґрунти зеленої зони Львова.	48
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.	53
4.1 Охорона праці при проведенні досліджень токсичності ґрунтів.	53
4.2 Організаційно-технічні заходи безпеки під час відбору зразків ґрунту в межах міста.	55
4.3 Захист населення у надзвичайних ситуаціях.	56
ВИСНОВКИ.	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	62

ВСТУП

Сучасний науково-технічний розвиток супроводжується інтенсифікацією промисловості та транспорту, а також зростанням міського населення, що підвищує антропогенне навантаження на довкілля. У Львові збільшення автотранспортного потоку призвело до значного забруднення атмосферного повітря та ґрунтів токсичними речовинами. Ґрунтовий покрив, як ключовий компонент міських екосистем, виконує екологічні функції (акумуляція поживних речовин, регуляція водного балансу, середовище існування біоти) і особливо вразливий до урбанізаційного та промислового впливу, що спричиняє накопичення важких металів та органічних сполук, негативно впливаючи на біотичні та абіотичні компоненти екосистеми.

Збереження екологічної стабільності міських територій є ключовим напрямом урбаністичного та екологічного планування. Міські ґрунти, особливо в зелених зонах Львова, піддаються хімічному, механічному та біологічному забрудненню через урбанізацію, транспортні та промислові навантаження. Екологічна оцінка токсичності ґрунтів дозволяє визначити масштаби антропогенного впливу та розробити заходи для його зменшення, що сприяє покращенню стану міського середовища та збереженню біорізноманіття.

Зелена зона міста, до якої входять парки, сквери, бульвари та інші рекреаційні території, виконує важливу роль у підтриманні екологічної рівноваги та покращенні якості життя населення. Водночас ці території зазнають значного антропогенного впливу: транспортні потоки, промислові викиди та інші техногенні фактори сприяють накопиченню токсичних речовин у ґрунтах, порушенню їхніх фізико-хімічних властивостей та деградації рослинного покриву.

Дослідження ґрунтового покриву вздовж магістральних вулиць Львова з високою автомобільною насиченістю дозволяють оцінити рівень забруднення довкілля та зміни стану міських екосистем під впливом

техногенних викидів, а також визначити найбільш забруднені території. Аналіз накопичення свинцю та нікелю у ґрунтах залежно від відстані до дороги свідчить про інтенсивне забруднення ґрунтового покриву важкими металами у зонах із високою транспортною активністю. Враховуючи високу чутливість ґрунтів до дії важких металів, отримані результати можуть бути використані для оцінки забруднення окремих мікрорайонів та районів міста, а також для розробки науково обґрунтованих заходів щодо покращення екологічного стану Львова.

Метою кваліфікаційної роботи є оцінка токсичності ґрунтів зеленої зони міста Львова, визначення основних чинників антропогенної трансформації ґрунтового покриву та розробка науково обґрунтованих заходів щодо зниження негативного антропогенного впливу на довкілля.

Для досягнення поставленої мети передбачено виконання таких завдань:

1. Проаналізувати геоморфологічні та фізико-географічні умови міста Львова та охарактеризувати ґрунтовий покрив, його властивості та особливості формування в умовах урбанізації.
2. Дослідити склад, стан та взаємозв'язок зелених насаджень комплексної зеленої зони Львова із характеристиками ґрунту.
3. Провести екологічну оцінку ґрунтового покриву міста та визначити основні чинники його антропогенної трансформації.
4. Проаналізувати стан та перспективи розвитку зеленої зони Львова з урахуванням екологічної безпеки та соціально-економічних потреб міста.
5. Розробити науково обґрунтовані рекомендації та практичні заходи щодо зниження антропогенного впливу на ґрунти зеленої зони міста, включаючи технології озеленення, екологізації паркінгів та рекультивації ґрунтів.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Геоморфологічні та фізико-географічні умови міста Львова

Львів – один із найстаріших і найважливіших культурних, наукових та економічних центрів України, розташований у західній частині країни на межі кількох фізико-географічних регіонів (рис.1.1). Його природне середовище сформоване поєднанням різновікових геологічних структур, розчленованого рельєфу та різноманітного клімату, що зумовлює високу ландшафтну різноманітність [30]. Геоморфологічні, ґрунтові та кліматичні особливості міста є важливою основою для сучасних досліджень у сфері природокористування [2; 11; 22].

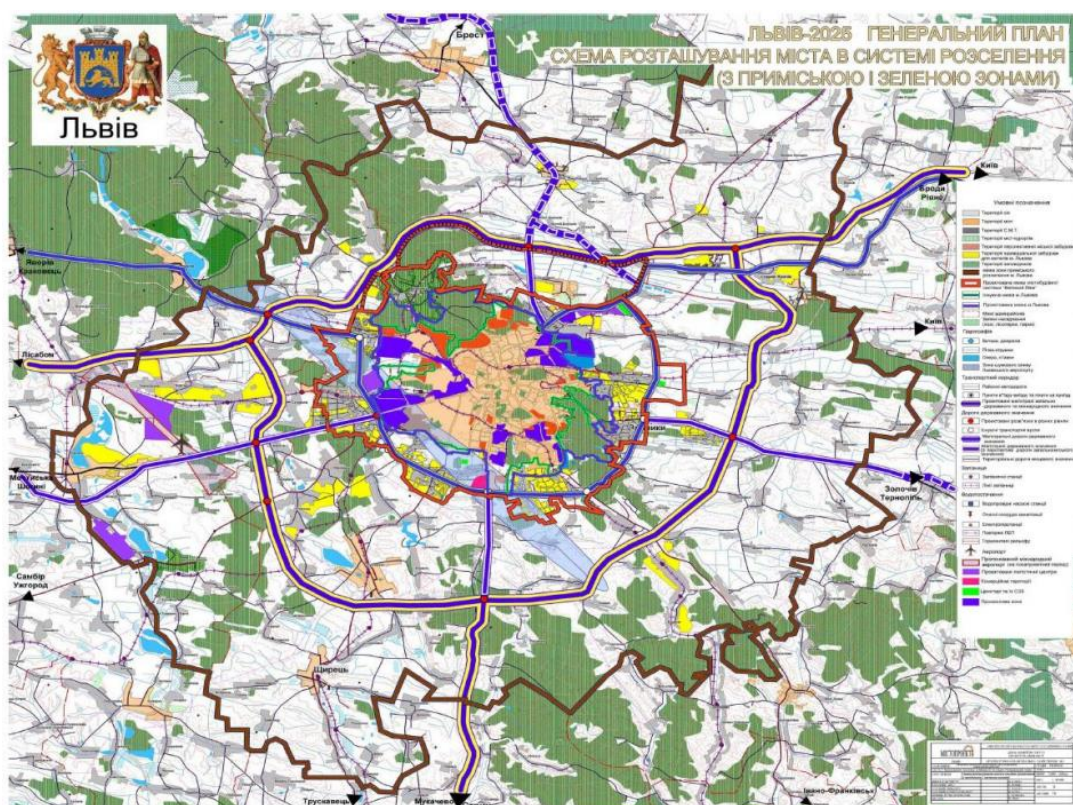


Рисунок 1.1 – Загальний план міста Львова

Місто Львів розташоване у західній частині Волино-Подільської височини, на перетині чотирьох фізико-географічних районів – Давидівського

пасма, Львівського Опілля, Розточчя та Грядового Опілля [10]. Його географічні координати становлять $49^{\circ}50'17''$ пн. ш. та $24^{\circ}01'23''$ сх. д., середня абсолютна висота – 284 м над рівнем моря. Рельєфна структура міста і прилеглих територій відзначається високою морфологічною різноманітністю, зумовленою взаємодією тектонічної будови, літологічних особливостей та геоморфологічних процесів [2; 15].

Львів сформувався в межах складної системи височин і долин, серед яких ключову роль відіграють Розточчя, Львівське плато, Опілля, Пасмове Побужжя, Білогорсько-Мальчицька долина та Львівська улоговина (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Геоморфологічна схема Львівської області.

Давидівське пасмо, на схилах якого було засноване місто у XIII ст., піднімається до 350–380 м н.р.м. і поступово переходить у Львівське Опілля, що характеризується слабо хвилястим рельєфом та густою мережею долин річки Зубра та її приток [11; 30].

Північні та північно-західні околиці міста формуються елементами Розточчя – горбистої гряди з абсолютними висотами до 380–390 м. Тут

Львів розташований на Головному європейському вододілі, який розмежовує басейни Балтійського та Чорного морів [11; 30]. На північ від міста стікають води річки Полтви, тоді як на південь – Давидівки, Зубри та Щирки. Сучасна гідромережа налічує понад 40 водойм та близько 100 джерел, однак близько 80% малих потоків каналізовані [15; 30]. У 1909–1935 рр. відбулося штучне спрямування русел, що призвело до скорочення довжини низки річок, зокрема Полтви – на 4 км (рис. 1.4).

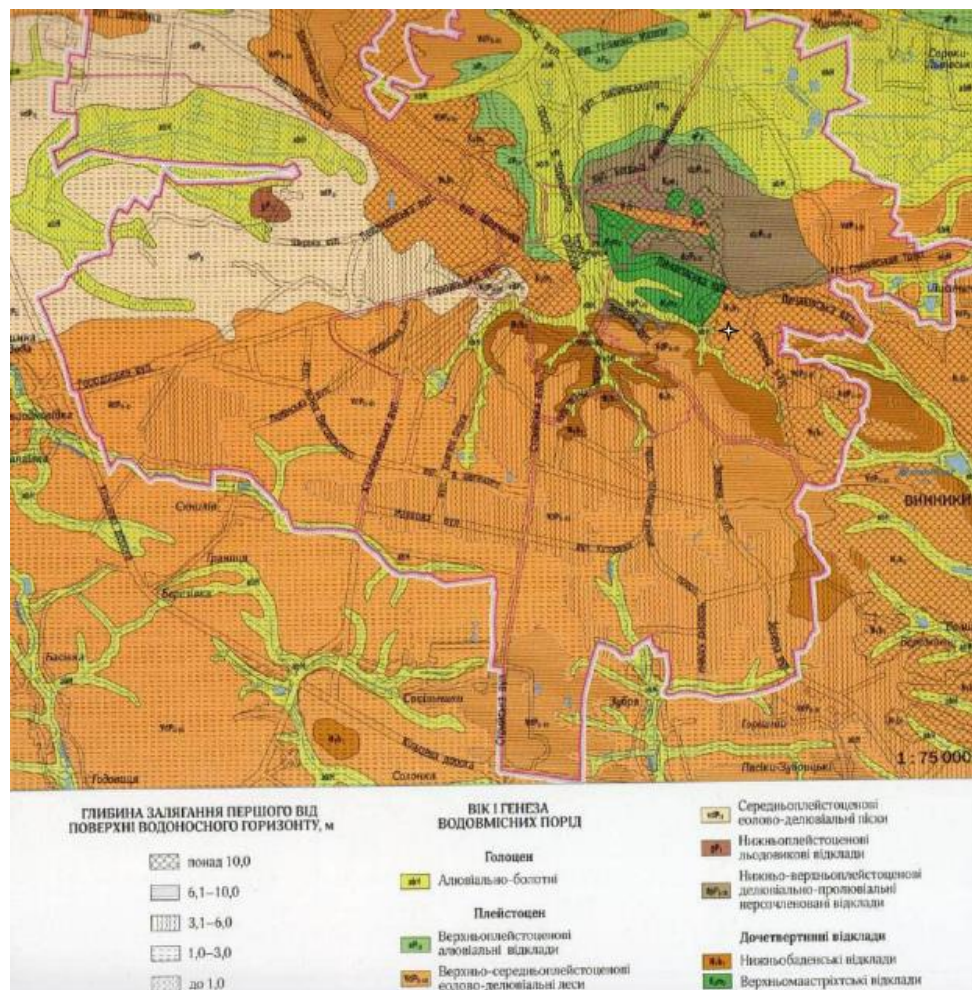


Рисунок 1.4 – Гідрогеологічна карта міста Львова

У південно-західній частині міста збереглися значні болотні масиви, зокрема Білогорський (3 км²) та Рясненський (понад 1 км²), у межах яких потужність торфових покладів досягає 4–6 м. На території міста поширені природно-антропогенні водойми, серед яких озера у парках «Знесіння» та

«Горіховий Гай», Піскові озера, а також штучні каскади на Вулецькому та Голосківському потоках [30].

Територія Львова лежить у межах Львівського палеозойського прогину, сформованого відкладами палеозою, мезозою та кайнозою. Крейдові породи представлені мергелями зі значним вмістом піщаних домішок, піриту та гіпсу. Третинні (неогенові) відклади поширені на Львівському плато, у Розточчі та Білогоро-Мальчицькій долині, тоді як у долині Полтви вони відсутні. Четвертинні породи утворюють потужний лесово-делювіальний покрив вододільних частин плато [35].

Львів належить до зони помірно теплого й вологого клімату, формування якого значною мірою зумовлюється впливом атлантичних повітряних мас. Місто має помірно континентальний клімат з м'якою зимою та теплим літом. Середньомісячна температура коливається від -3°C у січні до $+19^{\circ}\text{C}$ у липні. Абсолютний максимум становить $+37^{\circ}\text{C}$ (серпень 1921 р.), а мінімум $-33,6^{\circ}\text{C}$ (10 лютого 1929 р.). За останні 100–120 років середньорічна температура зросла приблизно на 1°C , а у травні 2024 р. фіксувалися нові рекорди. Середня річна вологість – 79 %, найчастіше дмуть західні вітри [11; 24; 30].

Львів відзначається великою кількістю опадів і порівняно низькими літніми температурами серед обласних центрів України. Найбільше дощів випадає в липні, найменше – у січні; у середньому 174 дні на рік із опадами. Через це місто називають «приреченим на дощ». Середня висота снігового покриву – 7,8 см (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Середньомісячна і річна кількість опадів, мм

Показник	Місяці												За рік
Опади, мм	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	798
	52	56	52	56	70	96	106	88	58	54	54	56	

Для всіх сезонів характерні різкі перепади тиску, температури та вологості. Зими м'які, морози нижче -20°C трапляються рідко, сніговий покрив нестійкий. Весна прохолодна та дощова, заморозки можливі до травня. Літо помірно тепле ($+20-25^{\circ}\text{C}$), спека понад $+30^{\circ}\text{C}$ рідкісна; часті грози та сильні вітри можуть спричиняти руйнування. Осінь помірно тепла та суха. Тривалість вегетаційного періоду – 215 днів.

Мікроклімат центру, розташованого в улоговині, характеризується нижчими мінімальними та вищими максимальними температурами, тоді як околиці – сильними вітрами. Сніговий покрив у Львові утримується в середньому з листопада по лютий. Найбільша товщина снігу зафіксована в лютому 1940 року і становила 64 см. Стійкий сніговий покрив, як правило, формується у другій половині листопада, а його руйнування відбувається протягом першої половини березня, при цьому повне сходження снігу зазвичай настає в кінці місяця [30].

Загалом, клімат міста Львова є сприятливим для росту деревно-чагарникової рослинності та видів рослин-інтродуцентів, що застосовуються у міському озелененні [6; 11].

Адміністративно місто Львів поділяється на шість районів. Центральна частина міста належить до Галицького району, західна – до Залізничного, північна – до Шевченківського, східна – до Личаківського, південно-східна – до Сихівського, а південна – до Франківського району. Водночас у повсякденному вжитку збереглися історичні назви районів та сільських поселень, які з часом були включені до складу міста, зокрема: Левандівка, Білогорща, Збоїща, Рясне, Майорівка, Новий Львів, Снопків, Боднарівка, Пирогівка, Козельники, Сихів та інші [11; 37].

Геоморфологічні та фізико-географічні умови Львова формують складний природний комплекс, у якому поєднуються різновікові геологічні структури, розчленований рельєф, розгалужена гідромережа та мозаїчність кліматичних характеристик. Розташування міста на стику кількох фізико-географічних районів та на Головному європейському вододілі визначає його

унікальну морфологічну будову, високу природну різноманітність та специфічні особливості розвитку міського ландшафту.

1.2 Ґрунтовий покрив міста Львова

Ґрунтовий покрив Львова і його околиць відзначається значним різноманіттям [2; 30]. Основними типами природних ґрунтів є дерново-підзолисті, сірі та світло-сірі опідзолені, а також дерново-карбонатні ґрунти і карбонатні чорноземи (рис. 1.5).

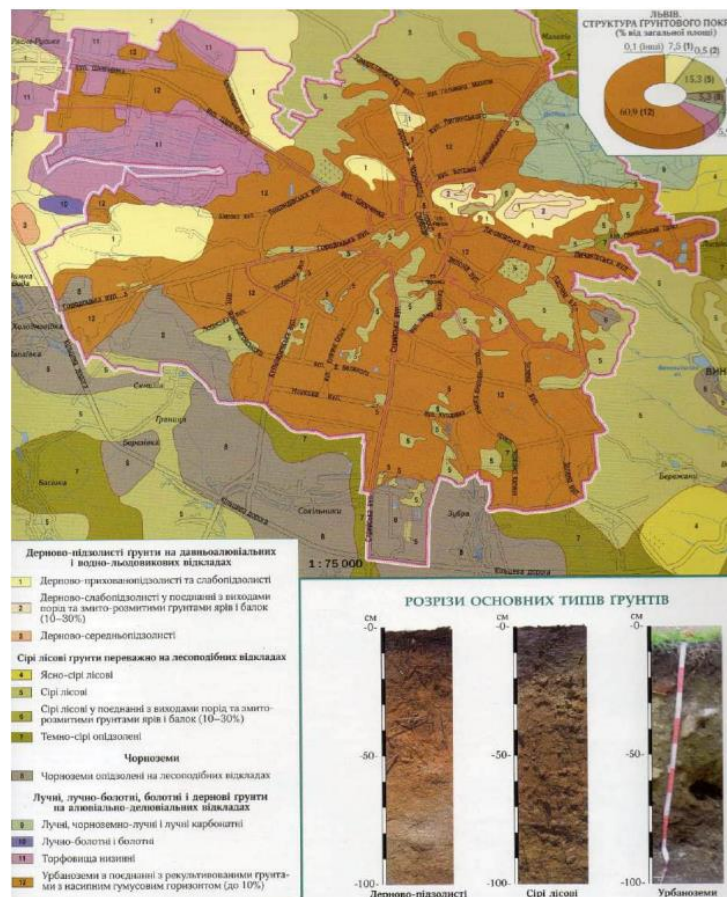


Рисунок 1.5 – Ґрунти міста Львова

Дерново-підзолисті ґрунти сформовані на безкарбонатних породах під лісопарками й характерні для Грядового Побужжя та Розточчя. Вони мають невеликий вміст гумусу, кислу реакцію та обмежену кількість поживних

речовин. Сірі та світло-сірі опідзолені ґрунти розташовані на карбонатних лесовидних суглинках під широколистяними лісами Давидівського пасма, Львівського плато та Розточчя [19; 30]. Карбонатні чорноземи поширені обмежено, переважно на терасах річок, де сформувалися на лесовидних суглинках під луками. Вони характеризуються високим вмістом гумусу, насиченістю основами, нейтральною або слаболужною реакцією та високою родючістю [19]. Болотні ґрунти зустрічаються в долинах річок Грядового Побужжя. Серед них виділяють лучно-болотні, болотні, торфово-болотні ґрунти та торфовища. Сьогодні багато таких ділянок частково або повністю осушені [30].

Ґрунти міста Львова умовно поділяються на два основні класи: природні та антропогенно змінені [4; 7].

Природні ґрунти характеризуються значним різноманіттям за генезисом, механічним складом, водно-фізичними властивостями та рослинним покривом [2; 7]. Для міста переважно характерні дерново-підзолисті, сірі та світло-сірі опідзолені ґрунти, чорноземні та торфово-болотні ґрунти. Чорноземні ґрунти формуються на лісовій підоснові, проте вони мають низький вміст гумусу. Історично на цих ґрунтах росли ліси, які згодом були вирубані, внаслідок чого сучасні львівські чорноземи нагадують бідні, деградовані лісові чорноземи [4; 27].

У районах, які ніколи не були вкриті лісом або на схилах, де лісовий покрив зник, на крейдовій та третинній підосві утворилися дерново-підзолисті та сірі лісові ґрунти. Їхня сільськогосподарська цінність нижча, ніж у чорноземів. Більшість природних ґрунтів зазнали інтенсивного використання, що надало їм окультуреного характеру та змінило морфологічну будову, водно-фізичні та агрохімічні властивості [4].

Ґрунти в зелених насадженнях Львова мають підвищену кислотність ($\text{pH} = 4,6\text{--}4,9$) та низький вміст поживних речовин. На 100 г ґрунту визначено: 0,2–11,6 мг фосфору, 9,5–40 мг калію та 0,03–0,19 мг азоту. На кислих та збіднілих ґрунтах у деревних порід рано проявляються ознаки уповільнення

росту, а процеси старіння та відмирання відбуваються інтенсивніше. Вивчення властивостей ґрунтів є однією з ключових проблем при створенні зелених насаджень, оскільки від цього значною мірою залежить ефективність озеленення міської території [4; 21].

Серед антропогенно змінених ґрунтів виділяють короткопрофільні, перемішані, насипні та намівні утворення. У районах новобудов переважають короткопрофільні та насипні ґрунти різної потужності з високим вмістом будівельного та побутового сміття. Це обумовлює необхідність ретельного вивчення особливостей ґрунтового покриву на ділянках, що плануються для озеленення, для забезпечення ефективного розвитку зелених насаджень у місті.

Насипні ґрунти Львова характеризуються нейтральною або слаболужною реакцією ($\text{pH} = 7,1\text{--}7,9$) та, як правило, достатнім вмістом поживних речовин. Вони часто містять більше гумусу порівняно з природними ґрунтами. Наприклад, у ґрунтах Стрийського парку вміст гумусу становить 1,1–1,9 %, тоді як у парку «Високий Замок», де ґрунти переважно насипні, цей показник перевищує 3,15 %. Проте високий вміст гумусу в насипних ґрунтах не завжди відображає умови оптимального ґрунтового живлення рослин. При ущільненні ґрунту та зниженні його аерації активність ґрунтових мікроорганізмів зменшується, що може призводити до азотного голодування рослин [4; 27].

Ґрунтовий покрив міста Львова характеризується значною різноманітністю природних і антропогенно змінених ґрунтів, що зумовлено поєднанням природних геоморфологічних умов і тривалим техногенним навантаженням. Природні ґрунти вирізняються різним рівнем родючості та переважно підвищеною кислотністю, тоді як насипні й короткопрофільні ґрунти містять більше поживних речовин, але часто мають порушені фізичні властивості. У зв'язку з цим ефективне озеленення міських територій потребує детальної оцінки ґрунтового середовища для оптимального підбору рослин і забезпечення їх сталого розвитку.

1.3 Зелені насадження комплексної зеленої зони міста Львова

Природна рослинність міста Львова формується під впливом його розташування на межі Східноєвропейської та Центральноєвропейської геоботанічних провінцій [27; 30] і на стику чотирьох геоботанічних районів: Немирово-Магерівського (букові, дубово-соснові та дубово-грабові ліси), Гологоро-Вороняківського (букові ліси), Щирецького (дубові ліси) та Кам'янсько-Бусько-Винниківського (дубово-соснові, дубові та грабово-дубові ліси). На схилах Давидівського пасма поширені дубово-соснові, дубові та грабово-дубові ліси [30]. Природні ліси такого типу збереглися в межах міста лише на окремих ділянках, зокрема в РЛП «Знесіння» (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Регіональний ландшафтний парк «Знесіння».

На більшості територій замість них зустрічаються штучні насадження з участю клена, дрібнолистої липи, граба, каштана, червоного дуба, модрини сибірської та сосни звичайної. Особливістю Давидівського пасма є наявність

лучно-степової рослинності на схилах, яка у Львові збереглася лише на горі Хомиць [30] (рис. 1.7).

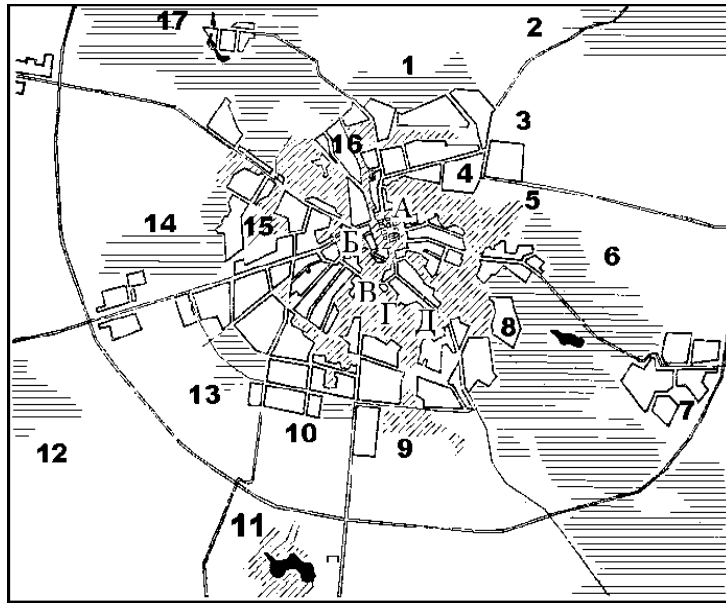


Рисунок 1.7 – Схематичний план комплексної зеленої зони міста:

А – мережа садів та скверів; Б – парк ім. І. Франка; В – Стрийський парк; Г – парк культури і відпочинку ім. Б. Хмельницького; Д – парк «Залізна вода»: 1 – Голоско, 2 – Збоїща, 3 – долина р. Полтви, 4 – парк «Високий Замок», 5 – РЛП «Знесіння», 6 – лісовий заказник «Винники», 7 – м. Винники; 8 – лісопарк «Погулянка», 9 – Сихів, 10 – Боднарівка, 11 – Глинна Наварія, 12 – Лапаївка, 13 – парк «Скнилівський», 14 – лісопарк «Білогорища», 15 – парк «Левандівський»; 16 – Кортумова гора, 17 – Брюховичі.

На Львівському Розточчі поширені природні дубово-соснові, дубово-грабові та букові ліси, а в заплавах річок на лучно-болотних ґрунтах формуються заплавні луки та евтрофні болота. Частково природна рослинність Розточчя збереглася в межах житлового масиву Рясне [27; 30].

У районі Львівсько-Любінської рівнини трапляються ділянки з лучно-болотними та торф'яними рослинними угрупованнями. Флора Львова налічує 1060 видів рослин, що належать до 503 родів і 111 родин, серед яких 785 видів є синантропними [30; 35].

Зелені насадження Львова є невід’ємною частиною містобудівного каркасу міста. До їхньої системи входять міські ліси та насадження загального користування, внутрішньо-квартальні зелені зони житлових районів, озеленення вулиць, парки, сквери, газони, квітники та інші зелені об’єкти, у тому числі території природно-заповідного фонду (рис. 1.8) [22].

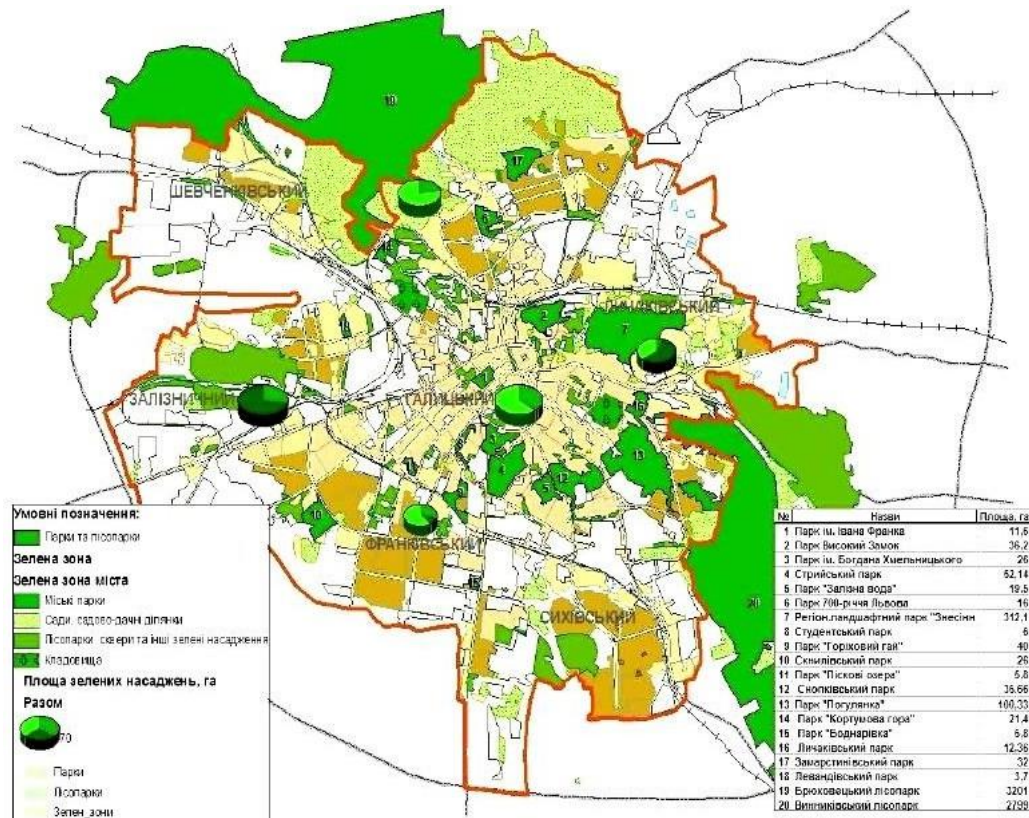


Рисунок 1.8 – Комплексна зелена зона міста Львова.

Загальна площа зелених насаджень Львова за різними категоріями становить близько 33 286 га, з яких у межах міста розташовано 4 419 га, що становить 26 % від території міста (табл. 1.2).

Лісопаркова зона Львова займає площу 25 690 га і включає ліси першої групи, у яких не проводяться рубки головного користування. Догляд за цими лісами передбачає лише санітарні та доглядові рубки, такі як проріджування, прохідні, вибірково-санітарні, суцільно-санітарні та лісовідновні [30].

На одного мешканця міста припадає близько 54 м² зелених насаджень. Забезпечення Львова посадковим матеріалом здійснюють квіткові господарства ЛКП «Зелений Львів», ВАТ «Агрокультура», ВАТ «Зеленбуд» та ряд приватних садових центрів [15; 34].

Таблиця 1.2 – Структура зелених насаджень Львова у межах міста, га .

Насадження загального користування:	1496,1
парки	480,0
лісопарки	520,0
сквери	55,0
бульвари	7,6
зони відпочинку	214,5
інші об'єкти	219,0
Насадження спеціального призначення	500,0
Внутрішньо-квартальні насадження	1386,0
Насадження обмеженого користування	921,0
Вуличні насадження	135,0
Ботанічні сади	17,0
Квіткові господарства	13,0
Загалом	4468,1

Таким чином, сукупність геоморфологічних, ґрунтових та біотичних характеристик Львова формує цілісну природну основу, яка визначає екологічний потенціал міста, його стійкість до антропогенних впливів і можливості розвитку комфортного середовища для населення. Раціональне використання та охорона цих компонентів є ключовими передумовами сталого розвитку Львова, а комплексний аналіз природних умов – необхідною науковою основою для планування міського простору, формування зеленої інфраструктури та підтримки екологічної рівноваги.

2 ОБ'ЄКТ, ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкти дослідження

Ґрунт, завдяки здатності накопичувати та утримувати забруднюючі речовини, зокрема важкі метали, є оптимальним об'єктом для оцінки стану довкілля та визначення впливу автотранспорту на підвищення концентрацій важких металів у ґрунтовому покриві урбанізованих територій. Інтенсивне зростання кількості автотранспорту у місті Львові та перевантаженість основних магістральних вулиць створюють значний рівень забруднення ґрунтового покриву різними поллютантами, серед яких особливе значення мають важкі метали, що призводить до їх широкого розсіювання та міграції в екосистемі.

Дослідження, проведені низкою науковців, а також науково-дослідними установами, підтвердили, що ґрунтовий покрив відображає рівень забруднення атмосфери токсичними речовинами, зокрема важкими металами [4; 8; 14; 32 – 34].

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є ґрунтовий покрив вздовж вулиць та доріг міста Львова. Для оцінки впливу автотранспорту на концентрацію важких металів, зокрема свинцю та нікелю, обрано об'єкти досліджень у різних районах міста. Відібрані зразки ґрунту належали до верхнього шару товщиною 5 см, оскільки саме в цьому горизонті найбільш наочно простежується накопичення важких металів.

Відбір ґрунтових зразків здійснювався вздовж вулиць на відстані до 10 м та 80–100 м від проїжджої частини. Досліджувані вулиці включали: Городоцьку, Стрийську, Зелену, Личаківську та Богдана Хмельницького.

Вулиця Городоцька є однією з найстаріших магістральних вулиць міста. На ділянці від початку вулиці до перехрестя з вул. Шевченка зелена зона відсутня через щільну забудову. У цьому районі розташовані історичні та культурні об'єкти, зокрема церква св. Анни та будівля Державного цирку.

Поблизу цирку сформована зелена зона Святоюрської гори із сквером, дитячим майданчиком та пейзажними насадженнями. У районі новобудов простягаються смуги зелених насаджень, представлені каштаном, кленом та липою дрібнолистою.

Вулиця Стрийська отримала назву від дороги, що вела від колишнього Галицького передмістя на Стрий. Ліва частина вулиці примикає до Стрийського парку, права – до парку культури і відпочинку ім. Б. Хмельницького. Уздовж вулиці збереглися масиви зелених насаджень, зокрема рядові посадки клена сріблястого та декоративні групи дерев, що створюють захисні та естетичні смуги вздовж транспортної магістралі.

Вулиця Зелена є однією з найдовших вулиць міста. Незважаючи на історичну назву, більша частина сучасної вулиці щільно забудована й слабо озеленена. В окремих ділянках створено сквери та декоративні насадження чагарників, листяних і хвойних дерев, що забезпечують зелені простори для рекреації та захисту довкілля.

Вулиця Личаківська розвивалася повільно і на значній частині щільно забудована. Незначні зелені площі збереглися біля освітніх, медичних та релігійних установ, а також у невеликих скверах на підйомі гори. В окремих ділянках створено рядові посадки каштана, що поступово переходять у сквери.

Вулиця Богдана Хмельницького є однією із найстаріших міських магістралей. Зелена зона представлена схилами Замкової гори, садом монастиря Св. Онуфрія та заростями дикої рослинності вздовж залізничного насипу, які слугують екологічними нішами для флори та фауни. Уздовж тротуарів, де дозволяє ширина простору, створені рядові посадки дерев (каштан, липа) та зелені ділянки підприємств і установ.

Слід зазначити, що у центральній частині Львова магістральні вулиці переважно щільно забудовані, а новобудови поступово збільшують ширину забудованих ділянок, обмежуючи площі зелених насаджень [24].

2.2 Програма досліджень

Програма досліджень охоплює комплексний аналіз природно-географічних умов міста Львова, оцінку рівня забруднення ґрунтового покриву та атмосферного повітря, а також розробку й апробацію методики відбору та лабораторного аналізу ґрунтових зразків. Особливу увагу приділено визначенню вмісту важких металів у верхньому шарі ґрунтів уздовж транспортних магістралей і в межах зеленої зони міста. Передбачено проведення порівняльного аналізу просторового розподілу, рівня аномальності накопичення важких металів та встановлення ступеня впливу автотранспорту на формування підвищених їх концентрацій у ґрунтовому покриві Львова.

Важливим елементом програми є аналіз стану та перспектив розвитку зеленої зони міста, що включає оцінку сучасної структури зелених насаджень, їх просторової організації, фітосанітарного стану, екологічної стійкості та ролі у пом'якшенні техногенного навантаження. На основі отриманих результатів передбачено розроблення комплексу заходів щодо зниження антропогенного впливу на ґрунти зеленої зони Львова, із визначенням пріоритетних екологічних, технічних та організаційних рішень, спрямованих на мінімізацію забруднення важкими металами та підвищення рівня екологічної безпеки міського середовища.

Кінцевим результатом дослідження є комплексна оцінка концентрацій важких металів (передусім свинцю та нікелю) у ґрунтовому покриві Львова, визначення впливу автотранспорту на формування аномальних концентрацій цих елементів та обґрунтування шляхів зниження антропогенного навантаження на ґрунти зелених територій міста.

2.3 Методика досліджень

Вивчення накопичення та вмісту важких металів, зокрема свинцю (Pb) та нікелю (Ni), проводилося у верхньому шарі ґрунтового покриву різних вулиць та доріг міста Львова. Відбір ґрунтових зразків здійснювався на різних відстанях від проїжджої частини, що дозволяє оцінити інтенсивність антропогенного забруднення у просторі.

Вздовж транспортних шляхів формуються смуги геохімічно-аномальних ландшафтів шириною від 10 до 100 м, у межах яких ґрунт та рослинність характеризуються підвищеним вмістом свинцю, нікелю та інших важких металів. Інтенсивність забруднення зменшується із віддаленням від автошляху. Серед основних металів, що найбільше забруднюють ґрунт, слід зазначити свинець (Pb), нікель (Ni), кадмій (Cd), цинк (Zn), мідь (Cu), кобальт (Co) та інші, які негативно впливають на активність ґрунтових мікроорганізмів та екосистемні процеси [19; 21; 22].

Свинець та нікель характеризуються високою здатністю до накопичення у ґрунті та переходу в рослинність, що робить їх особливо небезпечними як забруднювачі довкілля [19]. Природна величина фонового вмісту свинцю та нікелю є незначною (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Природна та антропогенна величина емісії важких металів ($n \times 10$ т/рік) і їх середній вміст у земній корі

Елемент	Природне походження			Антропогенне походження		Загальна промислова емісія
	Вивітрювання	пил вулканічний	гази вулканічні	промисловий пил	спалювання	
Pb	50	8,7	0,012	16000	4300	20300
Ni	200	83	0,001	600	380	980

Вибір експериментальних об'єктів обумовлювався інтенсивністю автомобільного руху на вулицях та дорогах Львова. Ґрунтові зразки для

аналізу важких металів відбиралися методом «конверту» з верхніх 5 см ґрунтового шару, оскільки саме у цьому шарі найбільш чітко простежується антропогенне накопичення важких металів [13].

Відібрані зразки ґрунту висушували при температурі до 105 °С, подрібнювали у фарфоровій ступці та просіювали через ґрунтове сито з діаметром отворів 0,1 мм. Для проведення всіх аналізів використовували усереднені зразки ґрунту, що відповідає загальноприйнятій практиці ґрунтових досліджень [28].

Вміст важких металів у ґрунтовому покриві визначався за сучасними аналітичними методиками. Концентрації важких металів уздовж вулиць та доріг населених пунктів м. Львова визначалися атомно–абсорбційним методом. Рухомі форми свинцю та нікелю у ґрунтах визначали за допомогою ацетатного буферного розчину з рН 4,8, при співвідношенні ґрунт:розчин 1:10 та часі взаємодії 1 година. Визначення концентрацій цих металів у ґрунтовій витяжці здійснювалося атомно–абсорбційним методом, що ґрунтується на вимірюванні поглинання світла вільними атомами аналізованих елементів, які утворюються в полум'ї при введенні в нього зразків та розчинів стандартів [13].

Хід аналізу передбачає перенесення 25 г ґрунту в колбу об'ємом 500 мл, додавання ацетатного буферного розчину з рН 4,8, інтенсивне перемішування протягом 1 години та фільтрацію через складчастий фільтр діаметром 15 см. Першу мутну порцію витяжки не використовують.

Кількісне визначення елементів проводилося за допомогою градувальних графіків, якщо виміри здійснювалися у режимі оптичних густин, або безпосередньо у мкг/мл на дисплеї спектрофотометра, якщо вимірювання виконувалися в області лінійної залежності між оптичною густиною та концентрацією елементу.

При обробці результатів будувалися калібрувальні графіки: на осі абсцис відкладався вміст металу, що відповідав стандартному розчину, а на осі ординат – покази спектрофотометра. За допомогою цих графіків визначали

концентрації свинцю та цинку у ґрунтових зразках, відібраних на різних відстанях від автотраси та в різних зонах міста Львова.

Абсолютне накопичення того чи іншого хімічного елементу в ґрунті залежить від багатьох факторів, насамперед від обсягів забруднення довкілля. Рівень забруднення конкретної ділянки оцінюють за відносними показниками – коефіцієнтами аномальності:

$$K_{a\phi} \frac{K_r}{K_{\phi}} \quad (1),$$

де $K_{a\phi}$ – коефіцієнт аномальності; K_r – концентрація у ґрунті; K_{ϕ} – фонові концентрації.

Для оцінки змін у хімічному складі ґрунту та відповідних фізико-хімічних процесів у верхньому шарі, спричинених антропогенним впливом, застосовують коефіцієнт аномальності. Він визначається як відношення концентрації конкретного хімічного елементу у ґрунті до його фонового вмісту та гранично допустимої концентрації (ГДК) для цього елементу:

$$K_{aГДК} \frac{K_r}{K_{ГДК}} \quad (2),$$

де $K_{aГДК}$ – коефіцієнт гранично допустимої концентрації; K_r – концентрація у ґрунті; $K_{ГДК}$ – гранично допустима концентрація.

Фонові концентрації верхнього шару ґрунту зеленої зони у Львові визначена за даними вченого Клоке, а ГДК важких металів – нормативно-статистичних довідниках (табл. 2.2):

Коефіцієнт аномальності не повинен перевищувати одиницю; його перевищення свідчить про накопичення шкідливих речовин у ґрунті та погіршення умов для розвитку ґрунтових мікроорганізмів, рослинності та здоров'я людини.

Таблиця 2.2 – Фонові та гранично допустимі концентрації важких металів

Рівні концентрації важких металів	Елемент, мг/кг	
	Pb	Ni
Фонова концентрація у м. Львів	30,0	11,2
Фонова концентрація у Центральній Європі (за Клоке)	20,0	15,0
ГДК	32,0	12,0

На основі значень коефіцієнта аномальності проводилася порівняльна оцінка ступеня накопичення свинцю та нікелю у верхньому шарі ґрунту товщиною 5 см поблизу різних доріг та вулиць населених пунктів міста Львова. Отримані значення коефіцієнта порівнювалися із класифікацією типів екологічної ситуації, що визначає рівень забруднення:

1. Сприятлива ситуація – концентрація важких металів нижче фонового рівня.
2. Задовільна ситуація – концентрація на рівні фону або перевищення в 1,1–1,5 рази.
3. Несприятлива ситуація – концентрація перевищує фон у 1,5–3 рази.
4. Передкризова ситуація – перевищення фонового рівня у 3–10 разів.
5. Кризова ситуація – перевищення фонового рівня у понад 10 разів.
6. Катастрофічна ситуація – концентрація важких металів перевищує фон у 100 разів.

За показниками коефіцієнта аномальності визначався тип екологічної ситуації поблизу вулиць та доріг у різних районах м. Львова.

Дослідження ґрунтового покриву вздовж магістральних вулиць Львова підтверджують суттєвий вплив автотранспорту на формування підвищених концентрацій важких металів у верхньому 5-сантиметровому шарі ґрунту.

Обрані ділянки характеризуються різним рівнем озеленення та інтенсивністю транспортних потоків, що зумовлює просторову неоднорідність забруднення. Розроблена програма досліджень та застосована методика атомно-абсорбційного аналізу забезпечили визначення концентрацій свинцю та нікелю та оцінку їх аномальності відносно фонового та гранично допустимого рівнів. Отримані показники дозволяють встановити тип екологічної ситуації для різних вулиць міста та підтверджують, що автотранспорт є ключовим джерелом накопичення важких металів у ґрунтах урбанізованої території.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Сучасний екологічний стан та основні фактори впливу на довкілля Львова

Екологічний стан міста Львова формується під впливом поєднання природних, соціально-економічних та техногенних чинників, серед яких ключове місце займає якість атмосферного повітря. Системна оцінка рівнів забруднення повітряного басейну здійснюється відповідно до загальнодержавних нормативів та програм моніторингу, що визначають правові, методичні та організаційні засади контролю довкілля [3; 11; 15]. Аналіз динаміки викидів забруднюючих речовин дозволяє встановити тенденції зміни екологічного навантаження на місто та обґрунтувати подальші природоохоронні заходи [12; 33].

Відповідно до статті 32 Закону України «Про охорону атмосферного повітря», постанови Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 № 827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» та Указу Президента України від 23.03.2021 № 111/2021 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України щодо викликів і загроз національній безпеці в екологічній сфері та першочергових заходів щодо їх нейтралізації», у Львівській області розроблено Програму державного моніторингу атмосферного повітря на 2021–2025 роки для Львівської зони [15].

Однією з основних причин надмірного викиду забруднюючих речовин стаціонарними джерелами є повільне впровадження пилогазоочисного обладнання енергетичними підприємствами та підприємствами, що використовують природне вугілля як паливо. До ключових показників, що характеризують стан повітряного басейну регіону, належать обсяги шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу стаціонарними та пересувними

джерелами, їх динаміка, а також розрахунок цих викидів на 1 км² території та на одного мешканця [11].

Львівська область займає шосте місце за обсягами викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел після Одеси, Харкова, Дніпропетровська та Києва. У середньому викиди від стаціонарних джерел у регіоні становили 3,5 т/км², що складає 4,6 % від загального обсягу. Розрахунок на одного мешканця свідчить про викид в атмосферу близько 30,3 кг забруднювальних речовин (40,2 % від загальної кількості) (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Динаміка обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря (2022 – 2024 р.р.)

Показник	2022 рік	2023 рік	2024 рік
Забруднюючі речовини на одну особу, кг	35,4	30,3	30,3
Забруднюючі речовини на 1 км ² , тис. т	4,1	3,5	3,5
Загальний обсяг забруднюючих речовин, тис. т	88,865	76,013	75,082

Незважаючи на високі обсяги забруднення, спостерігається тенденція до поступового зменшення викидів від стаціонарних джерел. Позитивні прогнози щодо поліпшення екологічної ситуації обумовлені перспективами проведення структурних реформ із екологічною орієнтацією та технологічної модернізації підприємств [3; 15; 26].

У 2024 році загальний обсяг викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря стаціонарними джерелами підприємств, установ та організацій Львівської області становив 75,082 млн т, тоді як у 2023 році цей показник дорівнював 76,013 млн т. Частка викидів від стаціонарних джерел у загальному обсязі викидів по області становила 47,3 %. За останні п'ять років спостерігається скорочення викидів на 34 тис. т.

Що стосується екологічної ситуації у місті Львові, незважаючи на спад промислового виробництва, вона залишається напруженою, створюючи значні проблеми як для населення міста, так і для регіону загалом [2; 20; 31]. Основними чинниками такого стану є застарілі та ресурсномісткі технології виробництва, зношена система водопостачання та водовідведення, накопичення значних обсягів відходів, відсутність ефективних методів їх збору, зберігання та видалення, прояв небезпечних геологічних процесів, недосконалість транспортної інфраструктури, висока щільність забудови, низький рівень екологічної свідомості населення та брак правових норм, що регулюють охорону довкілля.

Основними забруднювачами у Львові є пересувні джерела (автотранспорт, залізничний та авіатранспорт), що формують до 96% загального викиду (СО – 74%, сполуки азоту – 12%, вуглеводні – 11%). Стационарні джерела (понад 600 підприємств, переважно теплоенергетика) формують близько 40% викидів, серед яких переважають метан (48,1%) і сполуки сірки (28,6%). Пріоритетними заходами є модернізація теплоенергетики, контроль за транспортними потоками, моніторинг якості повітря та використання біо- та ліхеноіндикаторів [15; 32; 33].

У межах міста розташовано 83 водойми, що потребують постійного контролю якості води та благоустрою (рис. 3.1). Лабораторні дослідження охоплюють 35 об'єктів, водні джерела вивчаються на предмет перевищень гранично допустимих концентрацій забруднювачів.

У місті реалізується комплексна система поводження з побутовими та промисловими відходами, включаючи сортування ТПВ (пластик, скло, папір) і збирання небезпечних відходів (люмінесцентні лампи, акумулятори, мастила). Впроваджується муніципальна програма поводження з побутовою електронікою, що фінансується ЄС.



Рисунок 3.1 – Озеро у Стрийському парку.

Водночас, порівняно з іншими великими містами України, Львів у екологічному аспекті є відносно благополучним. Екологічна ситуація у місті обумовлена специфічним комплексом природних, містобудівних, інженерних та соціально-економічних чинників, що взаємопов'язані між собою та ускладнені через спроби поліпшення екологічного стану.

Ситуація характеризується високою ймовірністю виникнення надзвичайних ситуацій та обмеженою здатністю природного середовища до самопідтримання і самовідновлення. Згідно з даними Управління екології та природних ресурсів департаменту містобудування Львівської міської ради [11; 15; 41], територія міста поділена на чотири зони залежно від рівня забруднення атмосферного повітря. Пости спостережень за якістю повітря розташовані з урахуванням цієї зональної класифікації. Відносно гранично допустимих концентрацій (ГДК) зафіксовано перевищення таких компонентів: пил – 15 мг/м^3 ; діоксид азоту – $0,040 \text{ мг/м}^3$; формальдегід – $0,004 \text{ мг/м}^3$.

Львівська область та місто Львів мають розгалужену та добре розвинену мережу автомобільних доріг державного та місцевого значення, що

забезпечує транспортну доступність густонаселених територій. Через територію Львівщини проходять міжнародні транспортні коридори, що з'єднують Україну з Польщею, Румунією та Словаччиною, що, однак, збільшує рівень транспортного забруднення повітря.

Важливим аспектом є формування екологічної свідомості населення. У Львові діє система підготовки фахівців-екологів у вищих і середніх навчальних закладах, позашкільна екологічна освіта включає природоохоронні акції, конкурси, табори та просвітницькі програми. Пріоритетом залишається розвиток громадської екологічної освіти та інформування населення про стан довкілля.

Екологічний стан Львова поєднує позитивні та негативні чинники: зменшуються промислові викиди, але високий транспортний тиск, застарілі технології та проблеми з відходами підтримують екологічну напруженість. Для покращення потрібен комплексний підхід: модернізація підприємств, розвиток екологічного транспорту та посилений контроль довкілля.

3.2 Екологічний стан ґрунтового покриву міста Львова та чинники його антропогенної трансформації

Ґрунтовий покрив Львова зазнає значного техногенного навантаження, яке проявляється у хімічному, механічному та біологічному забрудненні. Основними джерелами є викиди промислових підприємств, інтенсивний автомобільний трафік, теплоенергетичні об'єкти, несанкціоновані сміттєзвалища, побутові та будівельні відходи, а також скиди зі систем каналізації та відстійників. Під час догляду за міською рослинністю додатковий вплив мають добрива й пестициди.

У ґрунти Львова надходять важкі метали, канцерогенні сполуки, азот і сірка, однак ступінь зв'язку між їхніми концентраціями в повітрі та фактичним рівнем ґрунтового забруднення потребує уточнення. Забруднений ґрунт також є джерелом вторинного забруднення атмосферного повітря. Оцінювання стану

міського середовища ґрунтується на визначенні фонових концентрацій хімічних елементів та виявленні геохімічних аномалій, які можуть становити ризик для здоров'я населення.

Природні ґрунти у межах зелених насаджень Львова характеризуються підвищеною кислотністю та низьким умістом поживних елементів (0,2–11,6 мг фосфору, 9,5–40 мг калію та 0,03–0,19 мг азоту на 100 г ґрунту), що зумовлює уповільнений ріст дерев і ознаки їх передчасного старіння [27]. Антропогенно змінені ґрунти мають короткопрофільну та перемішану будову, високий уміст будівельного сміття, нейтральну або лужну реакцію (рН 7,1–7,9) і знижений рівень поживних речовин, що ускладнює розвиток рослин [9].

Просторовий розподіл полютантів визначають у межах фонових, локальних, регіональних та глобальних зон забруднення [6].

Важкі метали, зокрема свинець та нікель, на сьогодні визнані пріоритетними забруднювачами навколишнього середовища через їхню гостру токсичність і здатність до накопичення в екосистемах. Особливу увагу приділяють промислового забрудненню ртуттю, свинцем, кадмієм, цинком, нікелем та іншими металами першого та другого класу небезпеки.

Дослідження джерел потрапляння свинцю у навколишнє середовище займають значне місце у світовій практиці екологічних та токсикологічних досліджень. Свинець як токсикант привернув особливу увагу під час вивчення ґрунтового покриву та рослинності вздовж доріг з інтенсивним рухом автотранспорту.

За токсикологічною класифікацією свинець відноситься до першого класу небезпеки, є високотоксичним і належить до поширених забруднювачів навколишнього середовища. Основними джерелами свинцевого забруднення є двигуни внутрішнього згоряння на бензині, металургійні підприємства, а також застосування пестицидів і деяких мінеральних добрив у сільському господарстві. Особливо високий рівень забруднення ґрунтового покриву свинцем спостерігається на відстані до 50 м від доріг населених пунктів, тоді як на більших відстанях концентрація цього елементу суттєво знижується. Зі

збільшенням промислового розвитку та інтенсивності автомобільного руху у міських умовах свинець стає одним із найзначніших забруднювачів середовища проживання людини.

У місті Львові інтенсивне зростання кількості автотранспорту протягом останніх років спричинило значні викиди токсичних елементів в атмосферне повітря, серед яких провідне місце займає свинець. Рівень його концентрації у верхньому 5-сантиметровому шарі ґрунту вздовж магістральних вулиць Львова на різній відстані від проїзної частини представлено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Концентрація свинцю у ґрунтовому покриві вздовж вулиць та доріг м. Львова, мг/кг

Вулиці міста Львова	Відстань від дороги		
	10 м	від 30 до 50 м	понад 100 м
Городоцька	92,4	79,8	58,9
Стрийська	82,1	73,5	46,3
Зелена	88,5	76,3	53,7
Личаківська	80,2	68,4	44,1
Богдана Хмельницького	84,3	72,8	39,1

Аналіз концентрацій свинцю вздовж різних вулиць міста дозволяє стверджувати, що нагромадження цього металу в ґрунтовому покриві значною мірою залежить від відстані до автомобільних доріг та інтенсивності руху транспорту. Найвищі концентрації свинцю спостерігаються вздовж вулиць Городоцька, Зелена та Богдана Хмельницького, тоді як дещо нижчі показники характерні для вулиць Стрийська та Личаківська.

Дослідження залежності концентрацій свинцю від відстані до проїзної частини показало, що на відстані 30–50 м середня концентрація металу зменшується приблизно у 1,15 раза, а на відстані понад 100 м – у 1,77 раза.

Основними джерелами надходження нікелю у навколишнє середовище є промислові підприємства та автотранспорт. Значні концентрації цього металу в ґрунтах поблизу автодоріг обумовлені використанням бензину та зношенням автомобільних деталей, що містять нікель. Нікель відноситься до високотоксичних елементів та є одним із найбільш розповсюджених забруднювачів довкілля. Щорічно внаслідок природних процесів у довкілля потрапляє близько 25 тис. т нікелю, тоді як антропогенна діяльність спричинює надходження близько 50 тис. т. Надлишкові концентрації нікелю у ґрунті та рослинності призводять до пригнічення проростання насіння, гальмування росту стебел і коренів, зниження інтенсивності фотосинтезу, пошкодження кореневої системи дерев та погіршення життєвих умов ґрунтових мікроорганізмів.

Рівні концентрації нікелю у верхньому 5-сантиметровому шарі ґрунту вздовж магістральних вулиць та доріг м. Львова залежно від відстані до проїзної частини представлені на рисунку 3.2.

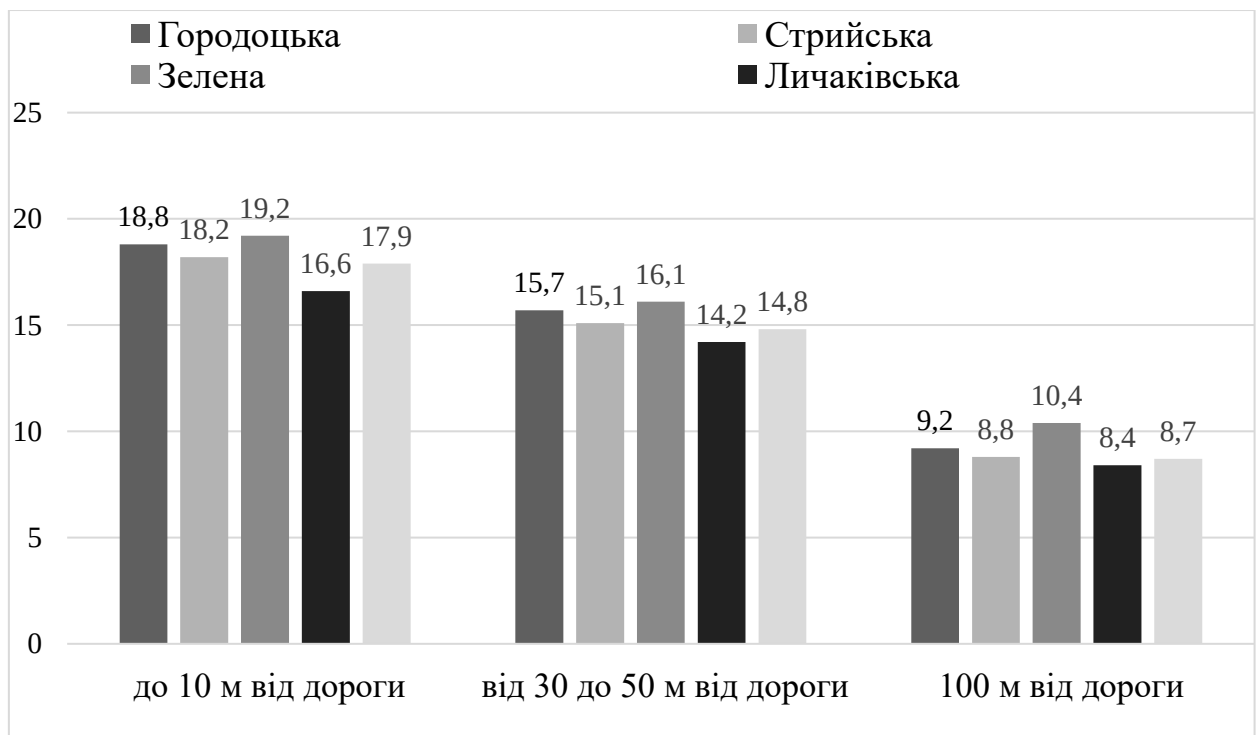


Рисунок 3.2 – Концентрація нікелю у ґрунтовому покриві вздовж вулиць та доріг м. Львова, мг/кг.

Коливання концентрацій нікелю у верхньому шарі ґрунту на відстані до 10 м від проїзних частин вулиць м. Львова варіюють від 16,6 мг/кг (вул. Личаківська) до 19,2 мг/кг (вул. Зелена). Співвідношення між максимальною та мінімальною концентрацією нікелю у ґрунті на цій відстані становить 1,16.

На відстані понад 100 м від доріг концентрації нікелю значно знижуються. Так, мінімальна концентрація зафіксована на вул. Личаківській і становить 8,4 мг/кг сухої ваги, тоді як максимальна концентрація на вул. Зеленій дорівнює 10,4 мг/кг. Співвідношення між максимальною та мінімальною концентрацією нікелю на відстані понад 100 м від доріг складає 1,24.

Значно менші концентрації свинцю спостерігаються у ґрунтовому покриві територій, віддалених від проїзду автотранспорту. Так, на відстані 30–50 м від дороги рівні концентрації свинцю становлять 68,0–76,0 мг/кг, тоді як на відстані понад 100 м від проїзної частини їх величина зменшується майже вдвічі та коливається в межах 39,1–53,7 мг/кг (рис. 3.3).

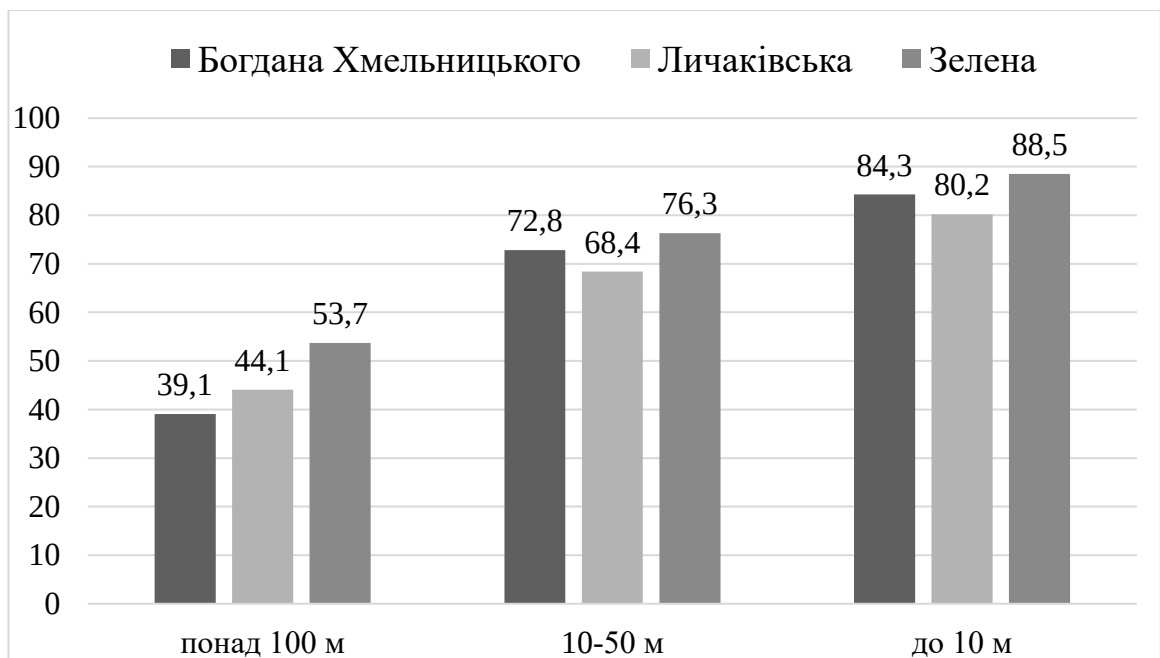


Рисунок 3.3 – Концентрація свинцю у ґрунтовому покриві залежно від відстані територій віддалених від проїзду вздовж вулиць та доріг м. Львова, мг/кг.

Загалом, середня концентрація свинцю у ґрунтовому покриві у безпосередній близькості від доріг становить 69,3 мг/кг за сухою масою.

Найвищі концентрації нікелю у ґрунтовому покриві спостерігаються вздовж вулиць Городоцька, Стрийська та Зелена. Трохи менші значення елемента зафіксовані вздовж вулиць Личаківська та Богдана Хмельницького.

Аналіз залежності накопичення нікелю від відстані до автомобільних доріг показує, що на відстані 30–50 м від проїзної частини концентрація нікелю в середньому зменшується в 1,19 рази, а на відстані понад 100 м – майже вдвічі (1,99 рази).

Загалом, середня концентрація нікелю у верхньому шарі ґрунтового покриву в безпосередній близькості до доріг становить 18,1 мг/кг сухої маси, на відстані 30–50 м від доріг – 15,2 мг/кг, а понад 100 м – 9,1 мг/кг сухої маси. Середнє значення концентрації нікелю в ґрунті вздовж усіх досліджених доріг і вулиць міста складає 14,1 мг/кг сухої ваги.

Таким чином, зелена рослинність міста Львова виконує важливу функцію зниження концентрації нікелю у верхньому шарі ґрунтового покриву вздовж вулиць та доріг населених пунктів.

Аналіз концентрацій важких металів у ґрунтовому покриві міста Львова свідчить, що нагромадження як свинцю, так і нікелю значною мірою визначається розташуванням вулиць і доріг, а також відстанню від яких відбиралися проби для подальшого аналізу. Найнижчі концентрації металів зафіксовані на відстані понад 100 м від автомобільних доріг, дещо вищі – на відстані 30–50 м, і найвищі – у безпосередній близькості до доріг, на відстані до 10 м від їх осі.

Нагромадження важких металів у ґрунтовому покриві урбанізованих територій значною мірою визначається інтенсивністю автотранспортного потоку та обсягом шкідливих викидів в атмосферу.

Рівень забруднення ґрунту на різних відстанях від магістральних вулиць міста оцінюють за допомогою коефіцієнта аномальності (K_a). Цей показник використовується для аналізу змін хімічного складу ґрунту та

фізико-хімічних процесів у верхніх шарах ґрунту під впливом антропогенних факторів. Коефіцієнт аномальності визначається як відношення концентрації хімічного елемента до його фонові концентрації або до гранично допустимого значення. Цей підхід дозволяє кількісно оцінити рівень антропогенного забруднення ґрунтового покриву та його просторову диференціацію вздовж транспортних артерій міста.

Фонові концентрації важких металів у верхньому шарі ґрунту зеленої зони м. Львова були визначені на основі результатів попередніх досліджень, проведених на території міста (рис. 3.4). Гранично допустимі концентрації (ГДК) важких металів у ґрунтовому покриві взяті з нормативно-статистичних довідників [5; 8; 34; 39].

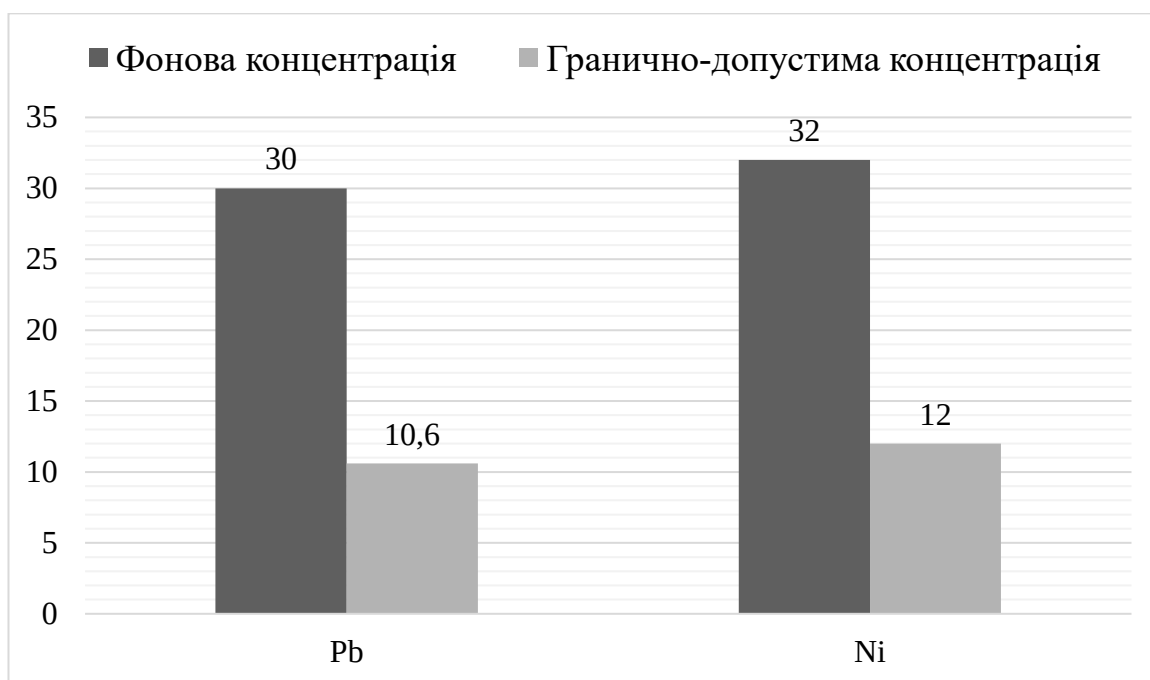


Рисунок 3.4 – Фонові та гранично допустимі концентрації важких металів, мг/кг

Значення коефіцієнта аномальності важких металів у ґрунтовому покриві за фонові концентрацією вздовж вулиць та доріг міста Львова представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Значення коефіцієнта аномальності важких металів у ґрунтовому покриві міста Львова за фоновою концентрацією

Елемент	Відстань	Середні значення концентрації, мг/кг	Фонова концентрація, мг/кг	Коефіцієнт аномальності
Свинець	до 10 м	85,5	30,0	2,85
	від 30 до 50 м	74,1	30,0	2,47
	понад 100 м	48,4	30,0	1,61
Нікель	до 10 м	18,1	10,6	1,71
	від 30 до 50 м	15,2	10,6	1,43
	понад 100 м	9,1	10,6	0,86

Коефіцієнт аномальності за свинцем відносно фонової концентрації перевищує одиницю незалежно від відстані до дороги. Максимальні значення коефіцієнта спостерігаються у ґрунтовому покриві на відстані до 10 м від вулиць та доріг населених пунктів міста і складають 2,85. На відстані 30–50 м від дороги коефіцієнт зменшується до 2,47, а для ґрунту, віддаленого більш ніж на 100 м, він становить 1,61.

Щодо концентрації нікелю у верхньому шарі ґрунтового покриву, коефіцієнт аномальності на відстані понад 100 м від доріг не перевищує одиниці і становить 0,86. На відстані 30–50 м від дороги коефіцієнт аномальності перевищує одиницю та дорівнює 1,43, а поблизу дороги (до 10 м) він досягає 1,71.

Таким чином, забрудненість ґрунтового покриву значною мірою залежить від віддаленості від транспортних магістралей, а наявність зеленої рослинності міста Львова відіграє суттєву роль у зниженні концентрацій важких металів у ґрунті.

Для визначення коефіцієнта аномальності важких металів за гранично-допустимою концентрацією на різних відстанях від дороги наведені дані у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Значення аномальності важких металів у ґрунтовому покриві міста Львова за гранично допустимою концентрацією

Елемент	Відстань	Середні значення концентрації, мг/кг	Гранично допустима концентрація, мг/кг	Коефіцієнт аномальності
Свинець	до 10 м	85,5	32,0	2,67
	від 30 до 50 м	74,1	32,0	2,31
	понад 100 м	48,4	32,0	1,51
Нікель	до 10 м	18,1	12,0	1,51
	від 30 до 50 м	15,2	12,0	1,27
	понад 100 м	9,1	12,0	0,76

Коефіцієнти аномальності свинцю у ґрунтовому покриві міста Львова, як і за фоновою концентрацією, незалежно від відстані до дороги перевищують одиницю. Проте рівень аномальності за цим показником дещо менший, оскільки ГДК свинцю у ґрунті значно перевищує його фонову концентрацію. Значення коефіцієнта аномальності свинцю відносно ГДК коливається в межах 1,51–2,67 залежно від відстані до вулиць та доріг.

Щодо нікелю, коефіцієнт аномальності відносно ГДК також є нижчим у порівнянні з аномальністю за фоновими показниками, оскільки ГДК нікелю у ґрунтовому покриві перевищує його фонову концентрацію. Бал аномальності нікелю відносно ГДК варіює від 0,76 до 1,51 залежно від відстані до доріг та вулиць.

Загалом, коефіцієнти аномальності за нікелем значно менші, ніж за свинцем, і на відстані понад 100 м від магістральних вулиць та доріг аномальність за нікелем відсутня.

Отримані коефіцієнти аномальності порівнювалися з методикою визначення типів екологічної ситуації міста, що передбачає наступну класифікацію:

- сприятлива ситуація – вміст важких металів нижче фонові концентрації;

- задовільна ситуація – вміст на рівні фону або перевищення у 1,1–1,5 рази;
- несприятлива ситуація – вміст у 1,5–3 рази перевищує фон;
- передкризова ситуація – вміст у 3–10 разів перевищує фон;
- кризова ситуація – вміст понад 10 разів вище фонові концентрації;
- катастрофічна ситуація – вміст важких металів у 100 разів перевищує фон.

Згідно з цією класифікацією, за свинцем стан ґрунтового покриву в безпосередній близькості до вулиць та доріг населених пунктів Львова, а також на відстані до 30 м від них, оцінюється як несприятливий, тоді як на відстані понад 100 м – як задовільний.

За нікелем ситуація дещо відрізняється: поблизу доріг та на відстані 30–50 м від них стан ґрунту відповідає задовільному рівню, а на відстані понад 100 м – сприятливому.

Для отримання більш повної інформації про екологічну ситуацію у місті Львові щодо концентрацій та аномальності важких металів необхідно досліджувати не лише ґрунт вздовж автомобільних магістралей із високим трафіком, але й території житлової забудови, лісопаркові та паркові зони, а також розширити спектр контрольованих металів та врахувати функціональні зони міста при оцінці нагромадження забруднювачів.

Отже, стан ґрунтового покриву Львова загалом характеризується низькою природною родючістю ґрунтів і погіршеними фізико-хімічними властивостями ґрунтів антропогенного походження. Забезпечення екологічної безпеки міського середовища потребує регулярного геохімічного моніторингу, раціонального використання земель та проведення рекультиваційних заходів, особливо в межах зелених зон.

3.3 Аналіз стану та перспектив розвитку зеленої зони міста Львова

Дослідженням зеленої зони великих міст, зокрема особливостей формування та функціонування зелених насаджень у Львові, займалися такі науковці, як В. П. Кучерявий [22], Я. В. Генік [8; 27] та інші. За визначенням В. П. Кучерявого, зелена зона міста є системою природних та природно-антропогенних елементів урболандшафтів, що формує екологічний каркас планувальної структури міста. Вона виконує рекреаційну, природоохоронну, санітарно-гігієнічну, естетичну та соціальну функції, сприяючи створенню здорового довкілля, збереженню біорізноманіття та забезпеченню рекреаційної діяльності населення.

Зелені зони Львова займають 33286 га (майже 26% території міста) і включають ліси, парки, сквери, лінійні насадження та приватні території. Серед видів рослин 47 занесено до Червоної книги України. Проблемними є ураження дерев мінуючою міллю (до 80%) та випадки незаконної вирубки [15; 31].

На території Львова налічується велика кількість лісопарків, парків та скверів. Проте вони часто перериваються вулицями з активним транспортним рухом або територіями, непридатними для прогулянок, що знижує рекреаційну цінність зелених насаджень [25]. Спостерігається також фрагментація суміжних об'єктів зелених насаджень, наприклад замкового комплексу та парку культури на вулиці Вітовського.

До основних компонентів системи зелених насаджень Львова належать:

- зелені насадження культурного та рекреаційного призначення (парки, сквери, бульвари, газони);
- лісопарки та міські ліси державної власності, у тому числі об'єкти природно-заповідного фонду;
- зелені зони житлових кварталів і масивів, квітники;

- зелені насадження водоохоронного, наукового та освітнього призначення;
- зелені насадження підприємств та вулиць.

У Львові функціонують три об'єкти природно-заповідного фонду загальнодержавного значення загальною площею понад 80 га: ботанічні сади Національного лісотехнічного університету України та Львівського національного університету імені Івана Франка, а також пам'ятка садово-паркового мистецтва «Стрийський парк». Об'єкти природно-заповідного фонду місцевого значення займають 602,7 га і включають регіональний ландшафтний парк «Знесіння» (312 га), ботанічний сад Львівського медичного університету (1,5 га), лісопарк «Погулянка» (100 га), дві геологічні пам'ятки природи та вісім парків-пам'яток садово-паркового мистецтва. У сумі природно-заповідний фонд охоплює понад 15 % міської зеленої зони та близько 4 % території міста [31].

Критеріями оцінки та планування озеленення є рівномірність розташування зелених насаджень, їх доступність для житлових масивів і транспортних шляхів, безперервність системи та інтеграція відкритих просторів у межах лісопарків і міських масивів. Для забезпечення екологічної ефективності застосовується комплексна схема озеленення міської території (рис. 3.5).

Структура системи зелених насаджень визначається планувальною організацією урбопростору:

- у межах мікрорайону – сад;
- у межах району – громадський сад, бульвар або сквер;
- у межах планувальної зони – районний парк;
- для всього міста – міський парк, аквапарк, лісопарк, бульвари, сквери.

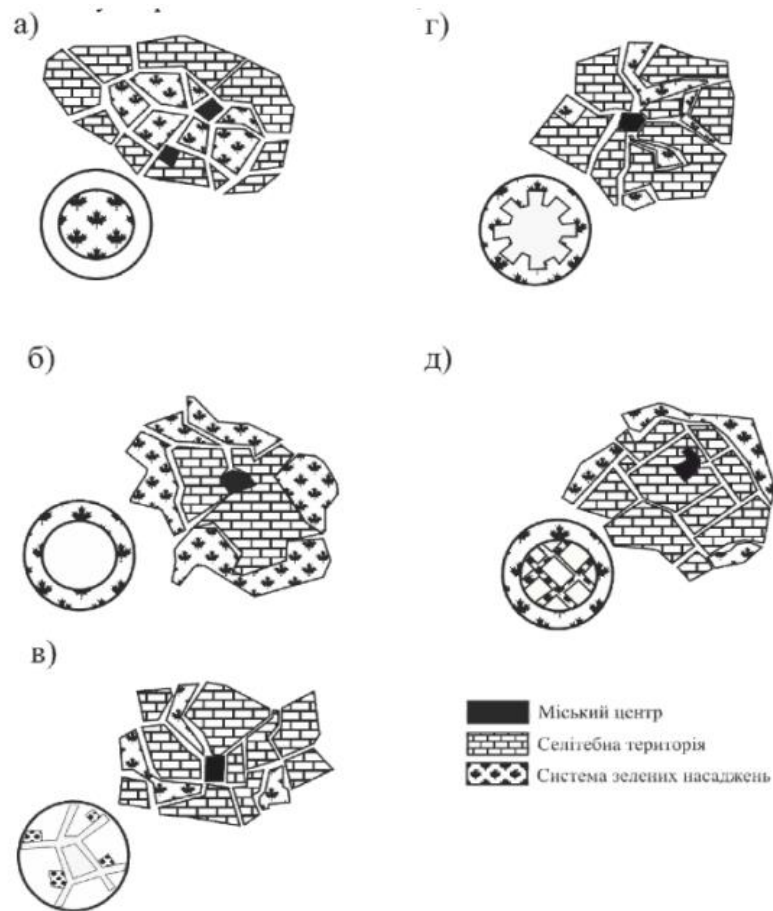


Рисунок 3.5 – Типові схеми міських структур озеленення (а – озеленення; б – периферійна; в – групова; г – клинами; д – лінійно-смугова)

Масштаб населеного пункту впливає на склад системи озеленення: у малих містах – прості структури (парки, бульвари, мікросади), у середніх – поєднання міських парків і житлових садів, у великих містах – комплексні системи з дитячими та спортивними парками, аквапарками, лісопарками, бульварами та громадськими садами.

Сучасні ресурси озеленення Львова є недостатніми для ефективної регенерації урбанізованого середовища. Процеси урбанізації охоплюють відкриті території зеленої зони та приміські території. Додатковими проблемами є несанкціоновані рубки, забудови, недостатній догляд, сміттєзвалища та загалом низький якісний стан зелених зон. Збереження існуючих насаджень, підвищення біорізноманіття та оптимізація просторової

структури зеленої зони є ключовими завданнями для покращення екологічного стану міського середовища.

Забруднення урбанізованих територій часто перевищує здатність природних екосистем до самоочищення. Зелені насадження, які повинні пом'якшувати вплив забруднень, самі зазнають негативного впливу антропогенної діяльності, що спричиняє дигресію та деградацію паркових насаджень, зміну фізико-хімічних та фізико-механічних властивостей ґрунту.

Аналіз результатів обліку механічних пошкоджень деревно-кущової рослинності у різних парках показав, що інтенсивність пошкоджень зростає з підвищенням відвідуваності (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – Механічні пошкодження дерев у паркових насадженнях міста Львова

Парки міста Львова	Кількість обстежених дерев, шт.	Механічно пошкоджено дерев, шт.	Зламані дерева	Пошкодження гілок	Пошкодження кори	Пошкодження кореневих лап	Комбіновані пошкодження
«Високий замок»	52	44	15	7	11	4	7
ім. Івана Франка	28	27	3	14	1	4	7
«Піскові озера»	218	73	23	12	41	15	7

Найбільша кількість пошкоджених дерев спостерігається у парку «Піскові озера» – 57 дерев, найменше – у парку ім. Івана Франка – 17 дерев. Водночас процент пошкодження дерев у центральних парках значно нижчий: ім. Івана Франка – 5,94 %, «Високий замок» – 7,82 %, «Піскові озера» – 17,54 %. Це пояснюється більш культурним відвідуванням центральних історичних парків [14].

Окрім механічних ушкоджень, для паркових територій Львова характерне інтенсивне витоптування рослинного покриву, що проявляється у формуванні як стежкового, так і площинного типів деградації. Найпоширенішим є саме стежкове витоптування, тоді як площинне зустрічається значно рідше. Формування хаотичних стежок додатково свідчить про підвищене рекреаційне навантаження на зелені насадження. На основі площі витоптаних ділянок та відсотка механічних пошкоджень дерев було визначено стадії дигресії паркових насаджень.

На основі площі витоптаних ділянок та проценту механічних пошкоджень дерев визначали стадії дигресії паркових насаджень. Розподіл непорушеної та витоптаногої території наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6. – Розподіл площі паркових зон за процентом витоптаності та стадії дигресії насаджень

Парки міста Львова	Непорушена територія, м ²	Витоптування (стежкове), м ²	Витоптування (площинне), м ²	Ступінь витоптування, %	Стадія дигресії
«Високий замок»	102292,9	160	1878	7,09	I
ім. Івана Франка	95495,4	321	446	4,60	I
«Піскові озера»	84894,2	236	1652	5,78	II

Стежкове витоптування значно переважає площинне – 128 м² (4,27 % загальної площі досліджень), тоді як площинне витоптування становить лише 1,60 %. Загальний усереднений ступінь витоптаності – 5,87 %. Це пояснюється наявністю продуманої дорожньо-стежкової мережі парків [27; 34].

Ґрунтовий покрив є одним із найбільш вразливих компонентів екосистеми до антропогенного впливу. Витоптування призводить до ущільнення ґрунту, порушення його структури та пористості, погіршення водно-фізичних властивостей, збільшення теплопровідності і

випаровуваності, що негативно впливає на ріст кореневих систем деревно-кущової рослинності.

Стан паркових насаджень Львова відображає поєднання природних та антропогенних факторів. Необхідними є комплексні заходи з охорони, відновлення та розширення зеленої зони міста, що сприятиме покращенню екологічного стану та якості життя населення.

3.4 Заходи щодо зниження антропогенного впливу на ґрунти зеленої зони Львова

Забруднення ґрунтів у межах міських територій, зокрема в зелених зонах Львова, формується під впливом інтенсивного транспортного руху, техногенних викидів промисловості, урбанізаційного тиску та локального дефіциту зелених насаджень. У таких умовах ґрунтовий покрив характеризується підвищеним вмістом важких металів, поліциклічних ароматичних вуглеводнів, бензапірену, нафтопродуктів та інших ксенобіотиків. Зменшення рівня антропогенного навантаження на міські ґрунти потребує комплексного застосування технічних, фітомеліоративних та організаційно-управлінських заходів.

Одним із основних напрямів мінімізації токсичного впливу автотранспорту є оптимізація транспортних потоків. Раціональне просторове планування міста – рівномірне розташування житлових районів, промислових зон, громадських центрів та рекреаційних територій – знижує перевантаженість дорожньої мережі та інтенсивність емісій. Ділянки з підвищеним рівнем транспортного руху потребують розширення проїзних смуг або облаштування швидкісних магістралей. Це підвищує пропускну здатність вулиць, зменшує кількість заторів і, відповідно, обмежує обсяги викидів, що осідають на ґрунті у формі пилоподібних частинок та аерозолів.

Суттєве значення мають заходи щодо обмеження транзитного транспорту в центральних районах Львова, створення пішохідних зон та

регульованих режимів доступу для спеціалізованих транспортних засобів. Розвиток громадського транспорту зменшує транспортне навантаження: площа, необхідна для перевезення одного пасажера трамваєм, становить близько $0,9 \text{ м}^2$, автобусом – $1,1 \text{ м}^2$, тоді як легковий автомобіль потребує понад 20 м^2 транспортного простору [25; 36]. Таким чином, збільшення частки електротранспорту прямо сприяє зниженню інтенсивності забруднення міських едафотопів.

До ефективних технічних рішень належить модернізація автопарку та впровадження екологічно безпечних видів палива (метанол, етанол, водень, стиснений природний газ). Використання альтернативних палив зменшує концентрацію оксиду вуглецю, вуглеводнів та твердих частинок, що осідають у верхніх горизонтах ґрунту. Важливими складовими є контроль якості палива, своєчасна діагностика двигунів, удосконалення систем нейтралізації відпрацьованих газів та регулярний технічний огляд транспортних засобів.

Організаційно-управлінська складова включає формування ефективної нормативно-правової бази та системи муніципального контролю за викидами транспорту. Економічні стимули (знижені тарифи на електротранспорт, податкові пільги для екологічних авто), виділення пріоритетних смуг руху для автобусів і трамваїв, обмеження приватного транспорту у зонах з високою концентрацією забруднюючих речовин та введення платного в'їзду в центральну частину міста – це інструменти, які довели свою ефективність у великих європейських містах. Оптимізація дорожньої інфраструктури шляхом будівництва нових транспортних розв'язок, підземних переходів і паркувальних майданчиків також сприяє рівномірному розподілу транспортних потоків та зниженню вторинного пилового забруднення.

Важливим заходом зменшення негативного впливу транспорту на ґрунти та повітря є впровадження концепції екологічних паркінгів. Вони передбачають не лише організацію місць для стоянки автомобілів, а й інтеграцію зелених елементів – газонів, дерев, чагарників та живоплотів – у межах паркінгів.

Зелені насадження на паркувальних майданчиках виконують функцію природного фільтру, поглинаючи пил, важкі метали та аерозолі від автомобільних викидів, а також знижують нагрівання поверхні та запобігають деградації ґрунту. Крім того, використання перфорованих плит та дренажних систем у поєднанні з рослинним покривом забезпечує фільтрацію дощових вод, що зменшує ризик потрапляння токсичних речовин у нижні горизонти ґрунту. Впровадження еко-паркінгів у міських районах із високою інтенсивністю транспорту дозволяє суттєво знизити локальне забруднення ґрунтового покриву та підвищити ефективність зелених зон як біофільтрів (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Еко-паркінг на території арт-центру «Фабрика повидла»

Фітомеліорація є одним із найрезультативніших природних методів зменшення забруднення ґрунтів у міських умовах. Дерева та чагарники виконують функцію біологічних фільтрів, затримуючи пил, важкі метали, аерозолі та газоподібні токсиканти на листовій поверхні. Для міських алеї рекомендується застосовувати породи з різними типами крон (овальними, розлогими, пірамідальними, кулеподібними), що забезпечує оптимальний рівень пилозатримання: клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), липа дрібнолиста (*Tilia cordata* Mill.), тополя чорна (*Populus nigra* L.) (рис. 3.7).



Липа дрібнолиста (*Tilia cordata* Mill.)



Клен гостролистий (*Acer platanooides* L.)



Тополя чорна (*Populus nigra* L.).

Рисунок 3.7 – Породи дерев-
пилозатримувачів

При створенні алеї важливо враховувати міські стрес-фактори – ущільнення ґрунту, дефіцит вологи, підвищену загазованість, – забезпечуючи достатній об'єм посадкових ям, правильну схему розміщення рослин та післяпосадковий догляд.

Живоплоти з таких видів, як *Rosa rugosa* L., створюють ефективний бар'єр для осідання токсичних речовин на висоті до 1–1,2 м. Їхня функціональність залежить від регулярного формування крони, проріджування, оновлення пагонів та застосування регуляторів росту для підтримання щільності зеленої стіни.

Газони слугують стабілізатором ґрунтової поверхні та знижують рівень пилового навантаження з атмосферного повітря. Партерні, спортивні та звичайні газони доцільно розміщувати в архітектурних вузлах та зонах інтенсивного людського потоку, де вони виконують не лише декоративну, а й екологічну функцію. Їх утримання потребує систематичного поливу, стрижки, аерації, внесення добрив і контролю фітосанітарного стану для підтримання щільності дернини.

Таким чином, комплексне впровадження технічних рішень, оптимізація транспортної системи, розвиток екологічно орієнтованого міського планування та активне застосування фітомеліоративних заходів здатні суттєво знизити рівень антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив зеленої зони Львова. Система вуличного озеленення, правильно підібрані породи дерев і чагарників, а також якісно сформовані газони виступають природними біофільтрами, що зменшують осідання токсичних речовин та сприяють збереженню екологічної рівноваги міських едафотопів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці при проведенні досліджень токсичності ґрунтів

Проведення екологічних досліджень токсичності ґрунтів міських зелених зон Львова потребує системного підходу до забезпечення охорони праці та безпеки дослідників. Ґрунти парків, скверів та інших зелених територій можуть містити різноманітні шкідливі речовини, включно з важкими металами, залишками пестицидів та промисловими забруднювачами. Потенційна токсичність таких компонентів створює ризик для здоров'я персоналу, що здійснює відбір та аналіз зразків. Організація робочого процесу повинна передбачати комплекс заходів, спрямованих на мінімізацію впливу небезпечних факторів і забезпечення безпечних умов праці.

Аналіз потенційних ризиків є невід'ємною складовою охорони праці під час досліджень токсичності ґрунтів [29].

Основними ризиками для персоналу є:

- контакт із забрудненим ґрунтом та пилом;
- вдихання аерозолів, що містять важкі метали або органічні токсиканти;
- випадкове проковтування частинок ґрунту;
- механічні травми при роботі з інструментами та лабораторним обладнанням;
- вплив агресивних хімічних реагентів під час проведення лабораторних аналізів.

Процедура оцінки ризиків включає ідентифікацію небезпечних факторів, визначення ступеня їхнього впливу на здоров'я працівників та встановлення пріоритетів для впровадження запобіжних заходів.

Для зниження ризиків під час польових та лабораторних досліджень застосовуються комплексні технічні та організаційні заходи.

Технічні засоби захисту включають:

- використання індивідуальних засобів захисту: рукавичок, респіраторів, захисного одягу та окулярів;
- застосування герметичних контейнерів для відбору, транспортування та тимчасового зберігання зразків ґрунту;
- оснащення лабораторних робочих місць системами вентиляції та фільтрації повітря;
- забезпечення наявності наборів для швидкого очищення та дезінфекції при випадковому контакті з токсичними речовинами.

Організаційні заходи включають:

- проведення інструктажів з охорони праці перед початком польових і лабораторних робіт;
- розробку та дотримання процедур безпечного поводження з токсичними зразками ґрунту;
- контроль за дотриманням правил безпеки та санітарних норм;
- регулярні медичні огляди персоналу, залученого до досліджень.

Ефективна профілактика ризиків у процесі досліджень ґрунтів передбачає постійне підвищення кваліфікації та формування безпечної поведінки персоналу [29]. До ключових заходів належать:

- навчання методам безпечного відбору, транспортування та тимчасового зберігання зразків ґрунту;
- формування культури безпечної праці та екологічної відповідальності;
- регулярне оновлення знань щодо токсичних речовин та сучасних стандартів безпеки при роботі з ними.

Під час проведення відбору зразків ґрунту працівники повинні суворо дотримуватися правил особистої безпеки. Перед виїздом у польову експедицію спеціалісти проходять обов'язковий інструктаж із техніки безпеки та здають контрольний іспит, що фіксується відповідним записом у журналі.

До початку робіт працівники проходять медичний огляд для оцінки стану здоров'я та готовності до виконання польових завдань.

Організація забезпечує персонал необхідним спеціальним одягом, транспортом, інструментами та пакувальними матеріалами. Інструменти та тару для збору зразків ретельно пакують і доставляють безпосередньо на місце проведення робіт. Всі польові операції виконуються у світлу пору доби для забезпечення безпечних умов. Після завершення роботи гострі та небезпечні предмети підлягають очищенню, дезінфекції та належному пакуванню з метою мінімізації ризику травмування.

Забезпечення охорони праці при проведенні екологічних досліджень токсичності ґрунтів є ключовим елементом ефективного та безпечного виконання робіт, що дозволяє мінімізувати ризики для здоров'я дослідників та підвищити достовірність отриманих результатів.

4.2 Організаційно-технічні заходи безпеки під час відбору зразків ґрунту в межах міста

Відбір зразків ґрунту в межах міських територій належить до робіт підвищеної небезпеки, оскільки здійснюється в умовах інтенсивного антропогенного навантаження, транспортного руху та перебування населення. Тому під час виконання таких робіт необхідно дотримуватися вимог охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії відповідно до чинних нормативно-правових актів.

Перед початком польових робіт усі виконавці проходять обов'язковий вступний та цільовий інструктаж з охорони праці з обов'язковою реєстрацією в журналі обліку інструктажів. До відбору зразків допускаються лише особи, які пройшли попередній медичний огляд і визнані придатними до виконання робіт у міських умовах.

Працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту, зокрема спеціальним одягом, захисним взуттям і рукавицями, а за потреби –

засобами захисту органів дихання. Для виконання робіт використовуються лише справні та безпечні інструменти, а також герметична й промаркована тара для відбору та зберігання ґрунтових зразків.

Під час відбору зразків у районах транспортної інфраструктури працівники повинні дотримуватися правил дорожнього руху, використовувати сигнальні елементи одягу та уникати перебування на проїжджій частині. Роботи виконуються переважно у світлу пору доби та за сприятливих метеорологічних умов, що забезпечує належну видимість і знижує ризик виникнення аварійних ситуацій.

Відбір зразків у зонах масового перебування людей (парки, сквери, прибудинкові території) здійснюється з дотриманням принципів мінімального втручання у ґрунтовий та рослинний покрив і без створення небезпеки для населення. Після завершення робіт інструменти очищаються від залишків ґрунту, за необхідності дезінфікуються, а місця відбору приводяться у належний санітарний стан.

Дотримання зазначених організаційно-технічних заходів забезпечує безпечні умови праці під час відбору ґрунтових зразків у межах міста та знижує ризики травматизму і негативного впливу на навколишнє середовище.

4.3 Захист населення у надзвичайних ситуаціях

Забруднення ґрунтів у зелених зонах міста Львова токсичними речовинами є серйозним екологічним викликом, що безпосередньо впливає на здоров'я населення та якість довкілля. Основними джерелами антропогенного впливу є транспортні викиди, промислові підприємства, використання хімічних засобів у благоустрої міських парків та інші форми урбанізаційного навантаження.

Надмірна концентрація важких металів, органічних сполук і пестицидів у ґрунтовому покриві не лише порушує екосистемні функції, але й створює ризик безпосереднього або опосередкованого впливу на людей через контакт

із ґрунтом, перенесення токсинів у водні ресурси та накопичення в продуктах харчування, вирощених у забруднених ділянках [23].

У надзвичайних ситуаціях, коли концентрація токсичних сполук перевищує допустимі нормативи, виникає загроза гострого або хронічного отруєння населення, що обумовлює необхідність формування ефективних заходів захисту та оперативного реагування.

Захист населення у разі екологічних надзвичайних ситуацій базується на комплексному підході, який включає:

1. Системний моніторинг та оцінку ризиків: своєчасне виявлення токсичних сполук у ґрунтах та оцінка потенційного впливу на людей забезпечується через регулярні хімічні аналізи ґрунтових зразків, а також застосування біоіндикаційних методів. Останні передбачають спостереження за змінами рослинного покриву, які слугують ранніми індикаторами накопичення токсичних речовин.

2. Інформаційно-просвітницькі заходи: інформування населення про можливі загрози та надання рекомендацій щодо безпечної поведінки є критично важливим. Це включає обмеження контакту із забрудненими ґрунтами, уникнення використання місцевих продуктів харчування з підозрілих ділянок та дотримання санітарних правил.

3. Превентивні заходи: превентивні дії спрямовані на запобігання накопиченню токсичних речовин і мінімізацію їхнього впливу на населення.

До таких заходів належать:

- обмеження доступу до найбільш забруднених ділянок;
- впровадження методів рекультивації ґрунтів (фітоекстракція, мульчування, стабілізація токсичних ділянок);
- використання спеціального захисного обладнання для працівників, що проводять лабораторні або польові дослідження.

4. Оперативні заходи під час надзвичайної ситуації. У разі перевищення допустимих концентрацій токсичних речовин необхідно:

- локалізувати та ізолювати забруднені ділянки;

- провести екстрену рекультивацію або видалення токсичного ґрунту;
- організувати медичне спостереження за особами, що могли контактувати із забрудненим ґрунтом;
- використовувати бар'єри та покриття для зменшення перенесення токсичних частинок у повітря та водні ресурси.

Для системного зниження ризиків та підвищення рівня захисту населення необхідно реалізовувати комплекс екологічних і управлінських заходів, що включають:

- регулювання та контроль промислових і транспортних викидів у зелених зонах міста;
- впровадження екологічно безпечних агрохімічних засобів і обмеження їхнього використання у міських парках;
- відновлення та рекультивацію ґрунтів із залученням фітоекстрактивних та ґрунтоочисних технологій;
- створення інтегрованої системи моніторингу ґрунтів, води та повітря із відкритим доступом для громадськості та оперативним інформуванням про загрози.

Захист населення у надзвичайних екологічних ситуаціях є важливою складовою екологічної безпеки міста. Комплексний підхід, що включає моніторинг, превентивні заходи, інформування населення та оперативне реагування, мінімізує ризики для здоров'я та забезпечує контроль за станом ґрунтів у зелених зонах [23]. Запроваджені заходи сприятимуть зменшенню антропогенного впливу та підвищенню рівня екологічної безпеки Львова.

Охорона праці в дослідженнях токсичності ґрунтів є ключовою для ефективного управління екологічними ризиками. Наявність важких металів, залишків пестицидів і промислових забруднювачів становить загрозу для дослідників і населення, тому поєднання технічних засобів захисту, організаційних заходів і навчання персоналу забезпечує безпечне виконання польових і лабораторних робіт [23].

Токсичне забруднення ґрунтів створює ризики через контакт із ґрунтом, потрапляння токсинів у воду та їхнє накопичення в продуктах харчування. Ефективний захист населення базується на системному моніторингу, профілактичних діях, інформуванні та застосуванні технологій очищення ґрунтів.

Інтегрований підхід до охорони праці та захисту населення, що поєднує профілактику, контроль якості ґрунтів і своєчасне реагування на перевищення нормативів, забезпечує підвищення екологічної безпеки та збереження здоров'я мешканців міста.

ВИСНОВКИ

1. Екологічна ситуація у місті визначається поєднанням природних, соціально-економічних та техногенних чинників. Інтенсивний розвиток автотранспорту у Львові призводить до значного забруднення атмосферного повітря та ґрунтового покриву важкими металами, зокрема свинцем і нікелем, що належать до першого класу небезпеки.

2. Концентрації свинцю у ґрунті суттєво зменшуються з віддаленням від доріг: 30–50 м – 68,0–76,0 мг/кг; понад 100 м – 39,1–53,7 мг/кг. Найвищі концентрації спостерігаються вздовж вулиць Городоцька, Зелена та Богдана Хмельницького.

3. Концентрації нікелю на відстані до 10 м від доріг складають 16,6–19,2 мг/кг, а понад 100 м знижуються до 8,4–10,4 мг/кг. Найбільше накопичення спостерігається на вулицях Городоцька, Стрийська та Зелена.

4. Концентрації свинцю значно перевищують концентрації нікелю: до 10 м – у 4,72 рази; 30–50 м – у 4,87 рази; понад 100 м – у 5,32 рази.

5. Коефіцієнт аномальності за фоновою концентрацією свинцю перевищує одиницю на всіх відстанях від доріг, тоді як для нікелю це спостерігається лише до 50 м.

6. За класифікацією екологічної ситуації: ґрунт поблизу доріг за свинцем – несприятливий до 10 м та задовільний понад 100 м; за нікелем – задовільний на 30–50 м та сприятливий понад 100 м.

7. Зелені насадження міста знижують концентрації важких металів у ґрунті, але їхня фрагментованість зменшує ефективність екологічного каркасу Львова.

8. Для покращення екологічного стану необхідно:

- зменшувати викиди шкідливих речовин;
- контролювати технічний стан автотранспорту та відпрацьовані гази;

- створювати мобільні пости контролю токсичності;
- застосовувати адміністративну та кримінальну відповідальність за перевищення нормативів;
- обмежувати рух автотранспорту в центральних частинах міста;
- зберігати та розвивати зелені зони;
- сприяти збереженню та відновленню біорізноманіття й підвищенню екологічної свідомості населення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексєєва Т. М., Козловська Т. Ф., Безденєжних Л. А. Стан ґрунтового покриву як індикатор екологічної небезпеки. *Екологічна безпека*. 2011. № 1(11). С. 73–77.
2. Андрейчук Ю. та ін. *Геоєкологія Львівської області* : монографія / за заг. ред. Є. Іванова. Львів : Простір-М, 2021. 606 с.
3. Боголюбов В. М., Сальнікова А. В., Ракоїд О. О. *Екологічний моніторинг* : навч. посіб. / за ред. проф. В. М. Боголюбова. Київ : НУБіПУ, 2023. 200 с.
4. Борис Я., Телегуз О. Особливості урбаноземів міста Львова. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: географія*. 2022. Вип. 52, № 1. С. 59–65. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.22.1.8>.
5. Бугай О. В., Бойчук Ю. І., Солошенко Е. С. *Екологія і охорона навколишнього середовища*. Київ : Університетська книга, 2016. 316 с.
6. Булигін С. Ю., Барвінський А. В., Ачасова А. О. *Оцінка і прогноз якості земель*. Харків : ХНАУ, 2006. 262 с.
7. Вовк О. Б., Чорнобай Ю. М. Становлення та перспективи досліджень екології антропогенізованих ґрунтів. *Наукові записки державного природознавчого музею*. 2006. № 22. С. 79–92.
8. Генік Я. В. *Нагромадження важких металів у ґрунтах та фітомасі комплексної зеленої зони міста Львова* : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.03.01. Львів, 1994. 23 с.
9. Генік Я. В., Дида А. П., Марутяк С. Б. Зміни фізико-хімічних властивостей ґрунтів лісопаркових і паркових насаджень міст внаслідок рекреаційних навантажень. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. № 21.10. С. 66–71.
10. Геоморфологічні райони Львівської області. Волино-Подільська височина. *Географія*. URL: https://geoknigi.com/book_view.php?id=655 (дата

звернення: 01.06.2025).

11. *Стан довкілля та природних ресурсів Львівської області за 2020 рік* : статистичний збірник / Головне управління статистики у Львівській області. Львів, 2021.

12. Головчинська Н. О., Кобець О. П. Екологічна безпека в Україні: стан та перспективи. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: біологія*. 2019. Вип. 1(74). С. 3–11.

13. Джигирей В. С. *Екологія та охорона навколишнього природного середовища*. Київ : Знання, КОО, 2007. 422 с.

14. Дудин Р., Денисова Г. Вплив антропогенних навантажень на екологічний стан паркових насаджень міста Львова. *Grail of Science*. 2022. № 22. С. 129–135. DOI: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.25.11.2022.22>.

15. Екологічний паспорт за 2024 рік – Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації. *Департамент екології та природних ресурсів Львівської ОДА*. URL: <https://deplv.gov.ua/ekologichnyj-pasport/> (дата звернення: 01.09.2025).

16. Завадський В. І. *Біоіндикація забруднення навколишнього середовища*. Київ : Наук. думка, 2011. 236 с.

17. Зінченко Т. Є. Ретроспективний аналіз та оцінка сучасного стану використання і охорони земель. *Ефективна економіка*. 2012. № 7. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1285>.

18. *Каталог зелених рішень* / авт. кол.: А. Зозуля, М. Рябика. Львів : ПЛАТО, 2021. 62 с.

19. Кирильчук А. А., Бонішко О. С. *Хімія ґрунтів. Основи теорії і практикум* : навч. посіб. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 354 с.

20. Клименко М. О., Пилипенко Ю. В., Мороз Ю. С. *Екологія міських систем*. Херсон : Олді-плюс, 2010. 294 с.

21. Криштоп Є. А., Волощенко В. В. Міські ґрунти як невід’ємний елемент урбанізованих і техногенно забруднених територій. *Вісник ХНАУ*.

Екологія ґрунтів. 2013. № 2. С. 200–206.

22. Кучерявий В. П. *Урбоекологія*. Львів : Новий Світ-2000, 2020. 460 с.

23. Левчук К. О., Романюк Р. Я., Толок А. О. *Цивільний захист* : навч. посіб. Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2016. 325 с.

24. Львів. *Wikipedia*. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%8C%D0%B2%D1%96%D0%B2> (дата звернення: 13.07.2025).

25. *Lviv GCAP Final UKR merged*. URL: https://ebrdgreencities.com/assets/Uploads/PDF/Lviv-GCAP-Final-UKR-merged_May-2020.pdf (дата звернення: 12.06.2025).

26. Манько О. В., Рожко В. М. *Екологічна безпека та раціональне використання природних ресурсів* : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2018. 268 с.

27. Мельничук Н. Я., Генік Я. В. Ландшафтно-екологічні особливості формування зелених насаджень у Львівській урбоecosистемі. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29, № 9. С. 09–14.

28. *Методи аналізу ґрунтів і рослин* / за ред. С. Ю. Булигіна, С. А. Балюка та ін. Харків, 1999. 157 с.

29. Москальова В. М. та ін. *Охорона праці (питання та відповіді)* : довідник. Львів : Магнолія 2006, 2011. 438 с.

30. Назарук М. М. *Львівська область: природні умови та ресурси*. Львів : Вид-во Старого Лева, 2018. 592 с.

31. Назарук М. М., Жук Ю. І. Зелені зони малих та середніх міст Львівської області: сучасний стан та проблеми функціонування. *Фізична географія та геоморфологія* : Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка. 2013. № 1(69). С. 54–62.

32. Петровська М., Морквич В. Аналіз впливу автотранспорту на забруднення атмосферного повітря перехресть вулиць Львова монооксидом карбону. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2014. № 47. С.

217–223. DOI: <https://doi.org/10.30970/vgg.2014.47.961>.

33. Погребенник В. Д., Белоконь К. В. Стан забруднення атмосферного повітря Львівської області. *Прикладні науково-технічні дослідження* : матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф., (5–7 квіт. 2021 р., Івано-Франківськ). Івано-Франківськ : Видавець Кушнір Г. М., 2021. С. 24–26.

34. Снітинський В. В., Смаль О. В. Вміст важких металів у ґрунтах насаджень різного функціонального значення зеленої зони м. Львова. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. № 60. С. 131–138.

35. *Статистичний довідник показників стану здоров'я населення та діяльності лікувально-профілактичних закладів Львівської області за 2011 рік*. Львів, 2012. 238 с.

36. *Транспортна екологія* / О. І. Запорожець та ін. ; за заг. ред. С. В. Бойченка. Київ : НАУ, 2017. 507 с.

37. Управління екології та природних ресурсів департаменту містобудування Львівської міської ради. *Офіційний веб-сайт Львівської міської ради*. URL: <https://cityadm.lviv.ua/lmr/office/viddil-ekolohii-ta-prirodnykh-resursiv> (дата звернення: 01.05.2025).

38. Хижко М. І. *Екологічна безпека України* : навч. посіб. Київ, 2017. 266 с.

39. Чорний С. Г. *Оцінка якості ґрунтів*. Миколаїв : МНАУ, 2018. 233 с.

40. Шалай В. В., Петренко А. А., Кірілова Г. А. *Оцінка впливу різних джерел забруднення на стан екосистем*. Київ : Вид-во НАН України, 2016. 312 с.

41. *Щорічна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області в 2024 році*. Львів : ЛОДА, 2024. 277 с.