МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Криворізький національний університет
Кафедра геології та екології

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

за ступенем вищої освіти «Магістр»

зі спеціальності 101 Екологія

Тема роботи:

«ДОСЛІДЖЕННЯ СТУПЕНЮ ТРАНСФОРМАЦІЇ ГРУНТОВОГО ПОКРИВУ ІНДУСТРІАЛЬНОГО РЕГІОНУ (НА ПРИКЛАДІ М. КРИВИЙ РІГ)»

Виконала

магістрантка групи ЕО-24М Ірина МНОГОЛЄТНЯ

Науковий керівник Олександр ДОЛИНА

Нормоконтролер Світлана ПАНОВА

В. о. завідувача кафедри Світлана ПАНОВА

Кривий Ріг

2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Криворізький національний університет
Кафедра геології та екології

Денна форма навчання
Другий (магістерський) рівень
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри, кандидат технічних наук
_____ Панова С.М.
«___» _____2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

МНОГОЛЄТНЯ ІРИНА БОРИСІВНА

Тема роботи: «Дослідження ступеню трансформації ґрунтового покриву індустріального регіону (на прикладі м. Кривий Ріг)»

Керівник роботи: Долина Олександр Олександрович
Старший викладач, кандидат біологічних наук
затверджені
наказом Криворізького національного університету від 22.01.2025р. № 70с

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літературних джерел	01.12.2024 – 28.02.2025	
2	Виконання експериментальних досліджень	01.03.2025 – 30.06.2025	
3	Систематизація отриманих результатів	01.07.2025 – 30.09.2025	
4	Написання пояснювальної записки	01.10.2025 – 30.11.2025	

Засвідчую, що у роботі запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань не використовується.

Здобувач(ка) _____ Многолєтня І.Б.

Керівник роботи _____ Долина О.О.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить: 58 ст., 11 рис., 2 табл., 32 літературних джерел.

Мета роботи: дослідити ступінь трансформації ґрунтового покриву промислового регіону, оцінити вплив антропогенних факторів на структуру та властивості ґрунтів, а також виявити сучасні екологічні проблеми на прикладі м. Кривий Ріг.

Об'єкт дослідження: грунтовий покрив України та промислово трансформовані території, зокрема Криворіжжя.

Предмет дослідження: структура ґрунтового покриву, його властивості та ступінь трансформації під впливом антропогенних і техногенних факторів.

Перший розділ присвячений теоретичним основам ґрунтознавства: будові ґрунту, його типам, властивостям, діагностичним горизонтам, сучасним проблемам ґрунтового покриву та тому, як антропогенний вплив змінює структуру ґрунтів. У розділі розкриваються базові поняття та наукові підходи, необхідні для подальшого дослідження трансформації ґрунтів.

Другий розділ присвячений методології дослідження ґрунтів у промислово трансформованих регіонах. У ньому розглядаються ключові етапи становлення науки, вводиться поняття елементарного ґрунтового ареалу та аналізується концепція структури ґрунтового покриву за В.М. Фрідландом, що застосована на прикладі Кривого Рогу.

Третій розділ присвячений характеристиці структури ґрунтового покриву України та особливостям ґрунтів Кривого Рогу. Тут подано опис природних умов регіону, екологічної ситуації, рельєфу та сучасного стану місцевих ґрунтів, а також показано, як промисловість впливає на їх трансформацію.

Четвертий розділ присвячений практичним дослідженням і аналізу отриманих результатів. У ньому оцінюється ступінь трансформації ґрунтів Криворіжжя, визначається рівень забруднення, зміни властивостей ґрунтового профілю та надаються рекомендації щодо їх відновлення та рекультивації.

Ключові слова: ґрунтовий покрив, техногенні ґрунти, морфологія ґрунтів, польові дослідження, картографічний аналіз

ЗМІСТ

ВСТУП **5**

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ҐРУНТОЗНАВСТВА **7**

1.1. Ґрунт як природне тіло та об'єкт антропогенної трансформації 7

1.2. Мінеральні та органічні ґрунти 9

1.3. Діагностичні горизонти та властивості ґрунтів 11

1.4. Актуальні проблеми ґрунтового покриву в XXI столітті 13

1.5. Антропогенна еволюція структури ґрунтового покриву 15

РОЗІДЛ 2. ҐРУНТОЗНАВСТВО: ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ, СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТІВ У ПРОМИСЛОВО ТРАНСФОРМОВАНИХ РЕГІОНАХ **20**

2.1. Елементарний ґрунтовий ареал 20

2.2. Концепція структури ґрунтового покриву В.М. Фрідланда: приклад Кривого Рогу 25

РОЗДІЛ 3. СТРУКТУРА ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ТА ЇЇ ПРОЯВ У ПРОМИСЛОВИХ РЕГІОНАХ **28**

3.1. Структура ґрунтового покриву України 28

3.2. Дослідження ґрунтів у Кривому Розі: історичний аспект, та сучасний підхід 31

3.2.1. Географічна характеристика регіону 32

3.2.2. Екологічна ситуація 33

3.2.3. Особливості рельєфу Криворіжжя 33

3.2.4. Ґрунтовий покрив 36

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ СТУПЕНЮ ТРАНСФОРМАЦІЇ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ІНДУСТРІАЛЬНОГО РЕГІОНУ М. КРИВИЙ РІГ **38**

4.1. Антропогенні зміни структури ґрунтових профілів обстеженої території 38

4.2. Карта структур ґрунтового покриву центральної частини м. Кривий Ріг 45

4.3. Рекомендації щодо поліпшення стану ґрунтів обстеженої території 52

ВИСНОВКИ **55**

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ **57**

ВСТУП

Ґрунт є основою життя на землі, ключовим компонентом екосистеми та важливим ресурсом для сільського господарства, промисловості та розвитку населення. Він виконує численні функції: підтримує біорізноманіття, регулює водний і повітряний режим, бере участь у біогеохімічних циклах, фільтрує забруднення та забезпечує родючість земель. У сучасних умовах глобальних змін клімату, індустріалізації, урбанізації та інтенсивного використання земель стан ґрунтового покриву зазнає значних трансформацій. Однією з найважливіших проблем є деградація ґрунтів: ерозія, хімічне забруднення, фізичне ущільнення та зниження біологічної активності. Особливо помітними ці процеси є в промислових регіонах, де діяльність людини формує нові типи ґрунтів — антропогенні та техногенні горизонти.

Вивчення трансформації ґрунтового покриву дозволяє оцінити вплив антропогенних факторів на екосистему, виявити критичні зміни та розробити практичні заходи щодо збереження родючості та відновлення земель. У цьому контексті дослідження ґрунтів Криворіжжя є особливо актуальним, оскільки регіон характеризується багаторічною гірничо-металургійною діяльністю, інтенсивним промисловим навантаженням і формуванням техногенних ландшафтів. Ґрунтовий покрив у таких умовах виступає чутливим індикатором екологічного стану території, відображаючи історію взаємодії людини з природою, рівень забруднення та зміни родючості. Його дослідження сприяє не лише науковому розумінню процесів трансформації, а й практичним заходам із рекультивації та сталого управління земельними ресурсами.

Мета роботи: дослідити ступінь трансформації ґрунтового покриву промислового регіону, оцінити вплив антропогенних факторів на структуру та властивості ґрунтів, а також виявити сучасні екологічні проблеми на прикладі м. Кривий Ріг.

Об'єкт дослідження: грунтовий покрив України та промислово трансформовані території, зокрема Криворіжжя.

Предмет дослідження: структура ґрунтового покриву, його властивості та ступінь трансформації під впливом антропогенних і техногенних факторів.

Практичне значення роботи: полягає у створенні картографічної схеми структури ґрунтового покриву центральної частини м. Кривий Ріг, яка може бути використана для екологічного моніторингу, планування рекультиваційних заходів та раціонального використання земельних ресурсів

промислового регіону. Отримані результати розширюють наукові уявлення про закономірності трансформації ґрунтового покриву в умовах тривалого техногенного впливу та можуть слугувати основою для подальших досліджень техногенних ґрунтів індустріальних регіонів України.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ҐРУНТОЗНАВСТВА

1.1. Ґрунт як природне тіло та об'єкт антропогенної трансформації

Поняття «ґрунт» має декілька значень. У традиційному розумінні це природне середовище для росту наземних рослин, незалежно від наявності чітко виражених горизонтів. Саме в такому значенні ґрунт є головним об’єктом людської уваги, оскільки від його стану залежить виробництво продуктів харчування, волокон, лікарської сировини та інших ресурсів, необхідних для життя. Крім того, ґрунт виконує важливі екологічні функції — він фільтрує воду, бере участь у кругообігу речовин, зберігає органічні залишки і сприяє очищенню навколишнього середовища. ґрунт вкриває майже всю поверхню Землі, за винятком голих скель, глибоких водойм та льодовиків. Його товщина визначається переважно глибиною проникнення коренів рослин.

У науковому розумінні ґрунт — це природне тіло, яке складається з мінеральних і органічних твердих частинок, рідини та газів, що утворилося на земній поверхні, займає певний простір і має властивості, відмінні від початкової породи. Ці властивості є результатом дії клімату, рельєфу, живих організмів і часу. Саме взаємодія цих чинників формує нове природне тіло — ґрунт, який має здатність підтримувати життя рослин. Таке визначення включає й особливі умови Антарктиди, де ґрунтоутворення відбувається навіть за відсутності розвиненої рослинності, але є процеси вивітрювання, накопичення органічних решток і мікробіологічна активність.

Верхня межа ґрунту — це контакт із повітрям, водою або рослинним покривом. Якщо шар води постійно перевищує 2,5 метра, така ділянка не вважається ґрунтом, оскільки не підтримує життя кореневих рослин. Горизонтальні межі ґрунту визначаються поступовим переходом до ділянок, де ґрунт переходить у скелі, лід або глибокі водойми. Нижня межа, що відокремлює ґрунт від непорушеного материнського матеріалу, є складнішою для визначення. Ґрунт складається з шарів біля поверхні землі, які, на відміну від нижніх порід, були змінені під впливом клімату, живих організмів та часу. Для класифікації умовно прийнято, що нижня межа ґрунту становить 200 сантиметрів. Навіть якщо біологічна активність простягається глибше, під час класифікації враховується лише шар до цієї глибини [3, 20, 31].

Ґрунт має шарувату будову, яку називають ґрунтовим профілем. У ньому розрізняють горизонти, що відрізняються за кольором, структурою, складом і властивостями. Верхній гумусовий горизонт (A) збагачений органічною речовиною, має темне забарвлення і високу родючість. Нижче залягає горизонт накопичення (B), де зосереджуються глини, оксиди заліза, солі та інші речовини, винесені з верхніх шарів. Ще глибше розташовується материнська порода (C), що є джерелом мінеральних частинок. Іноді

виділяють підгоризонти (наприклад, A1, A2, Bt, BC), які допомагають точніше описати процеси винесення й накопичення речовин у профілі. Сукупність цих горизонтів формує ґрунтовий покрив, структура якого відображає як природні, так і антропогенні умови його розвитку.

Ґрунт не є статичним тілом. Його властивості постійно змінюються у часі — як сезонно, так і протягом багатьох років. Ці зміни зумовлені коливаннями температури, вологості, біологічної активності та рослинного покриву. Змінюється кислотність, вміст органічної речовини, співвідношення вуглецю й азоту, мікробіологічна активність, кількість води й солей. Для дослідження трансформації ґрунтового покриву в індустріальних районах ця характеристика має особливе значення, адже саме відхилення від природного циклу визначає ступінь антропогенного впливу. Техногенні чинники — забруднення важкими металами, порушення водного балансу, ущільнення та зниження біологічної активності — спричиняють деградацію структури й зменшення здатності ґрунту виконувати свої екологічні функції [2, 26, 30].

У процесі ґрунтоутворення іноді спостерігається формування похованих ґрунтів, коли нові нашарування перекривають старі горизонти. Такі ґрунти зберігають інформацію про минулі умови формування і є важливими для реконструкції історії ландшафту, а також для виявлення змін, пов’язаних із господарською діяльністю людини. Поховані ґрунти часто зустрічаються в районах з активними техногенними процесами, зокрема при створенні насипів, відвалів чи заповненні кар’єрів.

Товщина ґрунтового шару варіює залежно від природних умов. У тундрі чи пустелі вона може бути лише кілька сантиметрів, тоді як у тропічних зонах процеси педогенезу охоплюють кілька метрів глибини. Для класифікації прийнято вивчати шар до 200 сантиметрів, однак під час дослідження трансформаційного впливу промисловості доцільно враховувати й глибші відклади, оскільки техногенні речовини часто проникають нижче активного шару.

Ґрунти змінюються не лише у просторі, а й у часі. Протягом року в них чергуються періоди зволоження і висихання, тепла і холоду, активності й спокою живих організмів. Відповідно змінюється швидкість розкладання органічної речовини, переміщення солей і формування структурних агрегатів. Для природних екосистем ці процеси є закономірними, однак у межах промислових районів вони часто порушуються. Ущільнення ґрунтів транспортом і будівництвом, забруднення хімічними сполуками, порушення водного режиму призводять до втрати структури, зниження пористості, погіршення аерації та пригнічення біологічних процесів. Саме тому оцінка змін сезонної динаміки ґрунтових властивостей є важливою складовою дослідження ступеня трансформації ґрунтового покриву індустріальних територій [2, 18, 29].

1.2. Мінеральні та органічні ґрунти

Ґрунти світу поділяються на дві основні групи — мінеральні та органічні. Для їх розмежування необхідно, по-перше, визначити, з яких матеріалів складається ґрунт — мінеральних чи органічних, а по-друге, встановити, яка частка цих речовин переважає. Майже всі ґрунти містять певну кількість як органічних, так і мінеральних компонентів, проте в більшості випадків один із них домінує. Як правило, якщо вміст органічної речовини менший за 20–30 % від маси сухого ґрунту, він належить до мінеральних, тоді як більша частка органіки характерна для торф'яних і болотних ґрунтів.

Мінеральна складова ґрунту — це переважно частинки гірських порід, уламки мінералів, глина, пісок і пил, які утворюють тверду основу. Органічна частина формується внаслідок розкладання рослинних і тваринних решток і представлена гумусом, перегноєм, торфом, а також продуктами мікробіологічних процесів. Співвідношення між цими двома компонентами визначає фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту, а також його здатність до самовідновлення після антропогенного впливу [31, 32].

Мінеральний ґрунтовий матеріал зазвичай насичується водою менше ніж на 30 днів протягом року і містить менше 20 % органічного вуглецю. Якщо ж ґрунт перезволожений протягом тривалого періоду, тоді межа для віднесення його до мінеральних знижується — вміст органічного вуглецю має бути меншим за 18 % у важких глинистих матеріалах і меншим за 12 % у легких піщаних породах. Це пояснюється тим, що у вологих умовах розклад органіки відбувається повільніше, тому навіть невелика її кількість суттєво впливає на властивості середовища [31].

Органічні ґрунти, навпаки, характеризуються значним накопиченням недекомпостованих або частково розкладених рослинних залишків. До них належать торф'яні, болотні, гідроморфні ґрунти, у яких переважають сполуки гумусового ряду. Вони формуються в умовах надлишкового зволоження, низького вмісту кисню й уповільненого розкладання біомаси. Такі ґрунти мають малу щільність, високу водоємність, темне забарвлення і часто містять до 80 % органічної речовини. Органічна складова визначає не лише їх фізичні властивості, а й хімічну активність, буферність і схильність до окисно-відновних реакцій.

Варто зазначити, що більшість ґрунтів мають як мінеральні, так і органічні горизонти. У верхній частині профілю, де відбувається інтенсивне надходження рослинних решток, утворюється шар, збагачений органічною речовиною — гумусовий горизонт. Нижче залягають мінеральні шари, в яких накопичуються глини, оксиди металів, солі та інші продукти переміщення речовин. Для класифікації важливо визначити, який матеріал переважає в межах профілю. Якщо органічна частина становить більшу частину об'єму, ґрунт класифікують як органічний; якщо ж більшу роль відіграє мінеральна фракція — він належить до мінеральних.

Деякі ґрунти можуть мати проміжні властивості. Наприклад, у районах з вулканічними відкладами зустрічаються так звані андісоли — ґрунти, що мають мінеральне походження, але містять велику кількість органічної речовини, колоїдів і мінералів короткочасного порядку (алюмосилікатів). Вони поєднують у собі риси як мінеральних, так і органічних ґрунтів і мають високу родючість. У системі класифікації USDA такі ґрунти виділяють окремо, оскільки їхні фізико-хімічні властивості визначаються не співвідношенням органічних і мінеральних речовин, а особливим мінералогічним складом.

Для практичного визначення типу ґрунту використовується товщина його органічного шару. Якщо сукупна товщина шарів із високим вмістом органічної речовини перевищує 60 сантиметрів у болотних ґрунтах або 40 сантиметрів у більш щільних сапропелях, то такий ґрунт відносять до органічних. Якщо ж органічний шар менший або становить менше третини загальної товщини профілю, то ґрунт вважається мінеральним. Такий підхід дозволяє точно оцінити тип ґрунту навіть без лабораторних аналізів, спираючись на польові спостереження.

Класифікаційні відмінності між мінеральними та органічними ґрунтами мають велике значення при дослідженні антропогенних процесів, особливо в індустріальних регіонах. Мінеральні ґрунти є стійкішими до механічного впливу, але швидше деградують при хімічному забрудненні — через зниження кислотно-лужного балансу, засолення, накопичення важких металів. Органічні ж ґрунти, зокрема торфові, мають високу сорбційну здатність і можуть акумулювати значні кількості токсичних елементів, що призводить до зміни їхньої структури, кольору й запаху, а також до зменшення біологічної активності. В обох випадках промислова діяльність змінює природний баланс речовин і руйнує структуру ґрунтового покриву.

Мінеральні ґрунти формують основу для більшості екосистем планети. Їхній стан визначає можливості рослинного покриву, сільськогосподарського використання й екологічної рівноваги. Органічні ґрунти виконують функцію природних фільтрів і резервуарів вуглецю, зменшуючи концентрацію парникових газів в атмосфері. У промислових районах, де відбувається активна трансформація ґрунтового середовища, обидва типи піддаються різним видам деградації. Саме тому вивчення співвідношення органічної та мінеральної складової є ключовим елементом оцінки ступеня трансформації ґрунтового покриву.

Таким чином, розмежування мінеральних і органічних ґрунтів не є формальним класифікаційним прийомом, а має глибокий екологічний сенс. Воно дає змогу розуміти, які процеси домінують у конкретному ландшафті, які властивості має ґрунт і як він реагуватиме на антропогенний тиск. У системі *Keys to Soil Taxonomy* ці ознаки є фундаментальними для подальшої класифікації — від рівня порядку до серії ґрунтів. Саме на них спираються всі сучасні методики дослідження деградації та відновлення ґрунтів у техногенно змінених регіонах [31, 32].

1.3. Діагностичні горизонти та властивості ґрунтів

Для системи класифікації ґрунтів одним із головних завдань є визначення діагностичних ознак, які дозволяють розрізняти типи ґрунтів за їхньою будовою, складом і властивостями. Ці ознаки називаються діагностичними горизонтами, або епіпедонами, і вони відображають процеси, що відбувалися під час формування ґрунтового покриву. Кожен горизонт має свій набір характеристик, які формуються внаслідок фізичних, хімічних та біологічних процесів, і дозволяють судити про напрям ґрунтоутворення, інтенсивність педогенезу та ступінь перетворення природного матеріалу.

Діагностичні горизонти поділяються на дві основні групи — поверхневі (епіпедони) та підповерхневі горизонти. Поверхневі горизонти — це ті, що залягають на поверхні або безпосередньо під нею і зазвичай збагачені органічною речовиною. Підповерхневі формуються внаслідок переміщення продуктів розкладу з верхніх шарів донизу. Вони накопичують глини, сполуки заліза, алюмінію, кальцію та інші мінеральні елементи, що змінюють їхній колір, структуру і щільність. Саме характер горизонтів відображає як природні процеси розвитку ландшафту, так і ступінь антропогенної трансформації території.

Поверхневі горизонти поділяються на кілька типів, серед яких найбільш поширені молічний (mollic), умбрічний (umbric), охрічний (ochric), антропічний (anthropic) і плаггеновий (plaggen). Молічний горизонт притаманний родючим ґрунтам степових і лучних зон. Він темного кольору, має високий вміст гумусу, добре структурований і нейтральний за реакцією. Такий горизонт свідчить про стабільний біологічний обмін речовин і високий рівень продуктивності екосистеми. Умбрічний горизонт подібний до молічного, але має підвищену кислотність і менший насичений обмінний комплекс, що характерно для лісових та гірських регіонів із вологим кліматом. Охрічний горизонт є світлішим, тоншим і містить менше органічної речовини. Його наявність свідчить про слабкий розвиток процесів гумусоутворення або про деградацію верхнього шару під дією ерозії, зрошення чи механічного впливу [20, 31].

Особливу увагу в класифікації приділяють антропічному та плаггеновому горизонтам, оскільки вони безпосередньо пов’язані з діяльністю людини. Антропічний горизонт утворюється внаслідок тривалого сільськогосподарського використання або іншого інтенсивного впливу. Він містить сліди внесення органічних і мінеральних добрив, збагачений фосфатами, іноді має ущільнену структуру або сліди перемішування шарів під час оранки. Плаггеновий горизонт формується на територіях, де протягом тривалого часу накопичувався органічний матеріал, принесений людиною, наприклад, у місцях стародавніх поселень або поблизу ферм. Обидва ці типи є важливими індикаторами антропогенної трансформації ґрунтів і часто зустрічаються в межах індустріальних і міських ландшафтів.

Підповерхневі діагностичні горизонти мають ще більше різновидів, серед яких виділяють аргіловий, кальцієвий, ілювіальний, сподичний, оксичний, сульфідний, а також горизонти, що характеризуються гіпсом, солями або ознаками глею. Аргіловий горизонт — це зона нагромадження глинистих частинок, які перемістилися з верхніх шарів. Він має щільну структуру, червонувато-бурий колір і часто перешкоджає проникненню коренів та води. Кальцієвий горизонт характеризується накопиченням карбонатів кальцію, що проявляється у вигляді білих або світлих включень, плівок і прожилків. Ілювіальні горизонти відзначаються переміщенням колоїдів, органічних і мінеральних речовин униз по профілю, що утворює перехідні зони між верхніми й нижніми шарами. Сподичний горизонт утворюється під хвойними лісами і має темно-бурий або іржавий колір через високу концентрацію оксидів заліза й алюмінію. Оксичний горизонт зустрічається переважно в тропічних умовах, де в результаті інтенсивного вивітрювання з профілю вимиваються кремнезем і луги, а залишається суміш гідроксидів заліза та алюмінію. Такі ґрунти мають червоне або жовто-буре забарвлення і надзвичайно щільну структуру [18, 31, 32].

Для оцінки ступеня антропогенної трансформації важливими є горизонти, що утворюються під дією людини — це техногенні, насипні, перемішані та ущільнені шари. У промислових регіонах ґрунт часто втрачає природну послідовність горизонтів через технічне втручання: перекопування, вирівнювання, змішування з будівельними матеріалами, пилом чи шлаками. Такі горизонти можуть містити уламки цегли, металу, скла, шлаку, що свідчить про глибоку деградацію природного профілю. Зазвичай ці шари мають порушену структуру, зменшену пористість і різку зміну кольору. Вони відзначаються низьким вмістом органічної речовини, підвищеним pH і високими концентраціями важких металів, зокрема свинцю, цинку, кадмію, міді та марганцю. Наявність таких шарів у профілі є одним із головних критеріїв визначення ступеня трансформації ґрунтового покриву.

Важливою характеристикою будь-якого ґрунту є його структура — спосіб, у який окремі частинки з’єднуються у більші агрегати. Структура може бути зернистою, грудкуватою, стовпчастою, призматичною чи пластинчастою. Зерниста і грудкувата структура забезпечує хорошу аерацію і водопроникність, а також високу біологічну активність. У промислових районах структура часто руйнується внаслідок механічного ущільнення або забруднення, що призводить до зменшення кількості пор, накопичення води, розвитку анаеробних умов і втрати родючості. Зміна структури є одним із найнаочніших показників трансформації ґрунтів.

Кольорова характеристика ґрунтів також має діагностичне значення. Вона відображає склад і ступінь окислення мінералів, вміст органічної речовини, наявність води або глеєвих процесів. Темний колір зазвичай свідчить про високу концентрацію гумусу, червоний і бурий — про присутність оксидів заліза, а сірий або блакитний — про застій вологи й анаеробні умови. На техногенних територіях колір ґрунту може бути

змінений штучно — через домішки золи, шлаку, сажі, вугілля чи інших промислових відходів. Такі зміни кольору є важливими індикаторами антропогенної деградації.

Під час класифікації також враховуються інші діагностичні властивості: гранулометричний склад, щільність, кислотність, електропровідність, вміст обмінного натрію, кальцію й магнію, а також рівень насичення катіонами. Ці показники визначаються лабораторно і дозволяють точно охарактеризувати стан ґрунту. Для промислових районів важливими є такі параметри, як вміст токсичних елементів, солей важких металів, радіоактивних ізотопів, нафтопродуктів та інших забруднювачів. Їхня наявність змінює хімічний баланс, знижує біологічну активність і призводить до порушення процесів самоочищення [29, 30].

Діагностичні горизонти й властивості ґрунту є основою всієї класифікаційної системи. Саме за ними визначають тип ґрунту, стадію його розвитку, ступінь деградації та можливість відновлення. Для індустріальних територій вивчення цих ознак дозволяє відстежувати глибину і характер техногенного впливу, визначати потенціал рекультивації та прогнозувати подальшу динаміку ґрунтового покриву. Ґрунт у таких умовах є не просто природним тілом, а показником екологічного стану середовища, у якому відбиваються всі процеси антропогенного перетворення ландшафту [18, 29, 30, 31].

1.4. Актуальні проблеми ґрунтового покриву в XXI столітті

У XXI столітті ґрунтовий покрив Землі опинився під впливом масштабних природних і антропогенних факторів, що спричинили системні зміни його структури, властивостей та екосистемних функцій. Глобальне потепління, урбанізація, індустріалізація та інтенсифікація сільського господарства створили умови, у яких ґрунтові ресурси зазнають найвищого рівня тиску за всю історію людства. За даними міжнародних екологічних організацій, понад 33% світових ґрунтів перебувають у стані деградації або підвищеного ризику руйнування [4, 10].

Однією з ключових загроз є ерозія ґрунтів, яка посилюється через неправильний обробіток землі, вирубування лісів та кліматичні зміни. У багатьох країнах світу, включно з Україною, ерозія вже призвела до втрати значної частини найродючішого гумусового горизонту. За оцінками фахівців, більше половини орних земель України є потенційно еродованими, а деякі регіони (Поділля, Правобережний Лісостеп, Південь країни) перебувають у зоні високого ризику як водної, так і вітрової ерозії (дефляції) [10, 22, 26].

Не менш серйозною проблемою є забруднення ґрунтів токсичними речовинами. До них належать важкі метали (кадмій, свинець, ртуть, хром), нафтопродукти, радіонукліди, залишки пестицидів та інші стійкі органічні забруднювачі. Особливо вагомим є вплив промислових агломерацій, таких як

Кривбас, Донбас, Придніпров’я, де багаторічна діяльність гірничо-металургійних підприємств спричинила формування техногенних ландшафтів та суттєве забруднення ґрунтів важкими металами. У багатьох урбанізованих зонах ґрунти втратили здатність виконувати природні фільтраційні та біохімічні функції [2, 15, 23, 28].

Великою проблемою сучасності стала фізична деградація ґрунтів, що проявляється в ущільненні орних шарів через інтенсивне використання важкої сільськогосподарської техніки. Ущільнені ґрунти мають низьку пористість, що порушує повітро- і водообмін, ускладнює розвиток кореневих систем та зменшує урожайність. Це явище особливо поширене в регіонах із високою часткою інтенсивного землеробства [16, 26].

Важливою загрозою залишаються хімічні та біогеохімічні зміни, зокрема засолення, осолонцювання, підкислення, дегуміфікація та порушення балансу елементів живлення. Зниження вмісту гумусу — одна з наймасштабніших проблем України: за останні 100 років його кількість у чорноземах зменшилася майже вдвічі. Це призвело до падіння родючості, зміни структурно-агрегатного складу та зниження буферної здатності ґрунтів.

У XXI столітті значно посилився вплив урбанізації та індустріалізації на стан ґрунтового покриву. Розширення міст, будівництво доріг, промислова діяльність сприяють формуванню техноземів, ґрунтів із зміненим профілем та порушеною природною структурою. У таких умовах природні ґрунтові горизонти часто повністю знищуються або перекриваються штучними техногенними відкладеннями.

Кліматичні зміни також значно загострюють проблеми ґрунтів. Збільшення кількості екстремальних погодних явищ — посух, злив, теплових хвиль — порушує режим зволоження, прискорює мінералізацію гумусу, підвищує ризик ерозії та знижує біологічну активність ґрунтів. У степовій зоні України відбувається процес опустелювання, тоді як у гірських районах зростає частота зсувів та селів, що руйнують ґрунтовий покрив.

Особливої уваги набуває проблема втрати ґрунтового біорізноманіття. Порушення структури ґрунтових екосистем призводить до скорочення кількості мікроорганізмів, дощових черв’яків та інших представників едафобіоти, що відіграють ключову роль у формуванні родючості. Деградація біоти зменшує інтенсивність біогеохімічних процесів та здатність ґрунтів до самоочищення.

У відповідь на зростання екологічних загроз у міжнародній практиці активно розвиваються системи сталого управління ґрунтовими ресурсами, які включають технології нульового або мінімального обробітку, точного землеробства, використання покривних культур, агролісомеліорації та органічних методів ведення господарства. Особливого значення набувають методи моніторингу ґрунтів на основі ГІС-технологій, дистанційного

зондування Землі, супутникових індексів рослинності та картографування техногенно порушених територій.

Ґрунти сьогодні розглядаються як один із ключових компонентів глобальної екологічної безпеки. Вони відіграють важливу роль у вуглецевому циклі, виступають природним бар’єром для забруднювачів, регулюють гідрологічний режим та забезпечують існування численних видів живих організмів. Тому збереження ґрунтового покриву є важливою складовою міжнародних програм боротьби зі зміною клімату, захисту біорізноманіття та досягнення Цілей сталого розвитку ООН [4, 22, 26].

1.5. Антропогенна еволюція структури ґрунтового покриву

Ґрунт — це природне тіло, яке постійно перебуває у стані розвитку під впливом природних і антропогенних факторів. Якщо природні процеси формують його структуру протягом тисячоліть, то діяльність людини здатна докорінно змінити ґрунтовий покрив упродовж кількох десятиліть або навіть років. Індустріалізація, урбанізація, інтенсивне сільське господарство, гірничодобувна діяльність, забруднення і порушення водного режиму — усе це призводить до глибокої трансформації природних властивостей ґрунтів. Саме тому в сучасному ґрунтознавстві виділено особливу групу горизонтів і профілів, що формуються під безпосереднім впливом людини, — антропогенні або техногенні горизонти.

Антропогенні горизонти — це шари ґрунту, які набули нових властивостей унаслідок діяльності людини. Вони відрізняються від природних за структурою, кольором, складом і вмістом органічної речовини. У системі класифікації USDA описано кілька типів таких горизонтів, серед яких найбільш характерними є антропічний, плаггеновий і техногенний горизонти. Антропічний горизонт виникає там, де протягом тривалого часу здійснювалося землеробство, внесення органічних і мінеральних добрив, або проводилося інтенсивне перемішування шарів у процесі обробітку. Цей горизонт зазвичай збагачений фосфатами, має підвищений уміст гумусу, іноді містить залишки культурних артефактів або матеріалів людського походження. Його колір темніший, а структура більш ущільнена порівняно з природними аналогами. Плаггеновий горизонт є результатом накопичення органічного матеріалу, який вносився людиною протягом тривалого часу — це може бути гній, компост, рослинні рештки або інші органічні відходи. В таких горизонтах підвищений уміст фосфору, кальцію та азоту, що свідчить про багаторічне сільськогосподарське використання території [18, 29, 31].

В межах індустріальних районів формуються ще більш специфічні горизонти — техногенні. Вони є продуктом інтенсивної промислової діяльності й характеризуються наявністю чужорідних матеріалів — уламків бетону, скла, шлаку, золи, металевих частинок, будівельного пилу. Такі шари мають різко порушену структуру, підвищену щільність, часто не мають

чіткої послідовності горизонтів. Їх колір варіює від темно-сірого до чорного через домішки вуглецю, а реакція середовища змінюється від сильно кислої до лужної залежно від складу відходів. Техногенні горизонти часто з'являються після рекультивації земель, засипання кар'єрів, спорудження промислових об'єктів і транспортної інфраструктури. Вони мають низьку біологічну активність, малу водопроникність і слабко виражену структурність. У таких шарах порушується водно-повітряний режим, що призводить до зниження життєздатності мікроорганізмів і кореневих систем рослин.

З точки зору екологічної оцінки, поява антропогенних і техногенних горизонтів свідчить про перехід ґрунту в новий стан — від природного до зміненого, трансформованого або деградованого. У промислових районах такі горизонти часто займають верхні 20–50 сантиметрів профілю, іноді сягають глибини до одного метра. Вони містять значні концентрації важких металів (свинцю, кадмію, міді, цинку, нікелю), а також залишки нафтопродуктів, поліциклічних вуглеводнів і сполук азоту. Унаслідок цього змінюється реакція середовища, зменшується вміст органічного вуглецю, руйнуються агрегати, і ґрунт втрачає природну структуру. Такі процеси призводять до зниження родючості, зменшення водоутримувальної здатності та погіршення біологічної активності. Саме ці показники найчастіше використовують для кількісної оцінки ступеня трансформації ґрунтового покриву в межах індустріальних територій.

Досвід вивчення антропогенних змін ґрунтів у світі показує, що техногенна трансформація має подібні риси в різних країнах, незалежно від кліматичних умов. У Європі та Північній Америці ґрунти промислових зон описують як урбаноземи або техноземи — спеціальні типи ґрунтів, утворені внаслідок діяльності людини. У міжнародній системі класифікації WRB (World Reference Base for Soil Resources) ці ґрунти мають окрему категорію — Technosols. Вони характеризуються наявністю техногенних матеріалів і порушеною будовою профілю. У багатьох країнах світу, зокрема у Німеччині, Польщі, Чехії, Канаді та США, проводяться ґрунтові обстеження міських територій, де виявляються схожі ознаки деградації: ущільнення, порушення аерації, накопичення важких металів, зміна кислотності та втрата гумусу. Це свідчить про універсальний характер процесів трансформації, які мають спільні механізми розвитку [29, 30, 32].

Американська система класифікації ґрунтів, на основі якої створено Keys to Soil Taxonomy, значною мірою вплинула на формування міжнародних підходів до дослідження техногенних процесів. У ній детально описані критерії, за якими можна визначити, чи зазнав ґрунт змін під впливом людини. До таких критеріїв належать зміна кольору, порушення структури, поява сторонніх матеріалів, зміна вмісту фосфатів і солей, а також ознаки перемішування шарів. Вивчення цих показників дозволяє не лише класифікувати ґрунт, але й простежити історію антропогенного впливу. Так,

аналіз плаггенових і антропічних горизонтів дає змогу оцінити давність землеробства, тоді як наявність техногенних включень відображає промислові періоди розвитку території.

Важливим напрямом світового досвіду є створення карт трансформованих ґрунтів і проведення моніторингу стану ґрунтового покриву. У США, Канаді, Німеччині та Японії існують спеціальні програми моніторингу, які фіксують динаміку хімічного складу, рівень забруднення і швидкість відновлення ґрунтів після рекультивації. Зокрема, в межах Програми збереження ґрунтів США (Soil Conservation Program) створено детальні карти антропогенних ґрунтів для промислових регіонів. Подібні системи функціонують у Європейському Союзі в межах ініціативи European Soil Data Centre (ESDAC). Зібрані дані використовуються для моделювання процесів деградації та прогнозування майбутнього стану ґрунтового покриву під впливом техногенних чинників.

У науковому аспекті дослідження техногенних і антропогенних ґрунтів є важливою складовою сучасного ґрунтознавства. Воно дозволяє зрозуміти, як людина впливає на фундаментальні процеси педогенезу, і які зміни стають незворотними. Ґрунт у цьому контексті розглядається як чутливий індикатор стану екосистеми. Його структура, колір, гранулометричний склад, реакція середовища, рівень органічної речовини й біологічна активність відображають не лише природні умови, а й інтенсивність промислової експлуатації території. Чим вищий ступінь порушення цих показників, тим більшою є трансформація ґрунтового покриву.

Отже, сучасні міжнародні системи класифікації, зокрема USDA Soil Taxonomy та WRB, розглядають антропогенні та техногенні ґрунти як окрему категорію, що потребує спеціального підходу до оцінки, охорони та відновлення. Вони пропонують методи визначення меж порушення, ступеня деградації та напрямів рекультивації. Цей підхід має практичне значення для аналізу стану ґрунтів індустріальних регіонів, оскільки дозволяє виявити зони критичних змін, визначити глибину впливу і розробити заходи щодо стабілізації екологічної ситуації. Досвід світового ґрунтознавства підтверджує, що антропогенна трансформація ґрунтів — це не лише наслідок промислового розвитку, а й процес, який відображає історію взаємодії людини з природою, її технологічну культуру й екологічну свідомість [31].

Антропогенний вплив на педосистеми передусім проявляється через зміну їхніх **вхідних та вихідних параметрів**. Такі зміни можуть бути спрямованими або випадковими, виникаючи, наприклад, у ході проведення різних меліоративних заходів. Вони призводять до значної перебудови як усієї системи, так і її основних блоків та субблоків. Ступінь перебудови залежить від інтенсивності впливу на вхідні та вихідні складові, перевищення порогових значень надходження або відчуження вологи та речовин, а також від **буферності та стійкості системи**.

Зміни властивостей ґрунтів і компонентного складу СҐП відбуваються через потоки вологи та речовин, інтенсивність і спрямованість яких визначає формування нових елементарних ґрунтових процесів (ЕҐП) або прискорений розвиток існуючих ЕҐП, що в цілому змінює класифікаційну неоднорідність компонентів ҐК. Просторова неоднорідність антропогенного впливу, накладена на природну неоднорідність ґрунтотворних чинників, призводить до зміни **компонентного складу, взаємозв'язків та геометрії СҐП**, що має бути відображено на ґрунтових картах.

Прямий антропогенний вплив на ґрунти відбувається без зміни кількості вологи та речовин, що надходять або відчужуються. Найпотужнішим прикладом є оранка, яка при первинному освоєнні призводить до ускладнення ґрунтового покриву через зміну фізико-хімічних властивостей ґрунтів та збільшення строкатості СҐП, спричиненої прискоренням ерозійних процесів. За вторинного окультурення строкатість вирівнюється завдяки впливу на вхідні параметри системи (внесення добрив, меліорантів, проведення гомогенізуючих меліоративних заходів).

Прямий вплив на ґрунти через розорювання спричиняє прискорення ерозії та формування ерозійних структур ґрунтового покриву. Він змінює вихідні параметри педосистем, виносячи під час ерозії частину ґрунту, що особливо ускладнює СҐП у районах з сильно розчленованим рельєфом. Подібними наслідками супроводжується надмірне випасання худоби, яке поширене у заболочених заплавах, різнотравних лісах, на крутих схилах у степовій, лісостеповій та гірській зонах, часто приводячи до деградації рослинного покриву та формування специфічних структур СҐП (скотобійно-купинних чи скотобійно-стежкових).

Найбільш руйнівним проявом антропогенного впливу є **відкритий видобуток корисних копалин**, який повністю змінює ґрунтовий покрив.

Еволюція СҐП також відбувається під впливом змін **вхідних параметрів педосистем**, що слугують регуляторними важелями для керування ґрунтом. До таких впливів належать, наприклад, зрошення, яке збільшує кількість вологи, та осушення торфовищ, що зменшує їхню потужність, підвищує мінералізацію торфу та формує мозаїчність за потужністю та зольністю. Аналогічно, внесення мінеральних і органічних добрив, меліорантів, гербіцидів та пестицидів змінює властивості ґрунтового покриву.

Вплив на **вихідні параметри** педосистем проявляється через ерозію, вирубування лісів, перевипасання, вилучення урожаю, осушення та дренування. Відчуження речовин або вологи понад порогові значення спричиняє розвиток ґрунтів і СҐП у новому напрямі, який може бути повільним або швидким, прямим чи опосередкованим. Наприклад, суцільне вирубування лісів на схилах спричиняє площинний змив і втрату ґрунтового

шару, а на плоских вододілах — посилене заболочення через зменшення транспірації рослинністю. Усі ці зміни мають бути відображені на ґрунтових картах та у пояснювальній записці до них [20].

РОЗІДЛ 2. ҐРУНТОЗНАВСТВО: ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ, СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТІВ У ПРОМИСЛОВО ТРАНСФОРМОВАНИХ РЕГІОНАХ

2.1. Елементарний ґрунтовий ареал

Ґрунтовий покрив Землі являє собою складну систему, що формується під впливом багатьох факторів і відображає різноманітність географічного середовища. Його структура визначається складом, розташуванням та взаємозв’язком компонентів ґрунту. У географії ґрунтів виділяють мега-, макро-, мезо- та мікроструктурні рівні ґрунтового покриву, які формуються з територіальних ґрунтових одиниць різної площі — від тисяч кілометрів до кількох метрів.

Найменшою та неподільною одиницею ґрунтового покриву є елементарний ґрунтовий ареал. Поняття елементарного ґрунтового ареалу (ЕҐА) розроблено В. М. Фрідландом у 1972 році і воно відіграє ключову роль у географії ґрунтів.

За В. М. Фрідландом, елементарний ґрунтовий ареал — це ґрунт, який належить до найнижчого рівня класифікації (наприклад, виду або відміни) і займає простір, що з усіх боків обмежений іншими ґрунтовими ареалами або неживими утвореннями. Всередині цієї території не повинно бути внутрішніх ґрунтово-географічних меж [20].

За своєю внутрішньою структурою елементарні ґрунтові ареали поділяють на три типи: гомогенні, спорадично-плямисті та регулярно-циклічні (див. рис. 2.1.).

Гомогенні ЕҐА – це території, зайняті однією ґрунтовою відміною, тобто найменшою таксономічною одиницею класифікації ґрунтів. Вони характеризуються відносною однорідністю або регулярним повторенням властивостей і морфологічних ознак у межах ґрунтових індивідів, що входять до складу ареалу. Розміри таких ЕҐА варіюють від кількох до десятків, а іноді й сотень квадратних метрів.

Спорадично-плямисті ЕҐА формуються під впливом біологічних чинників, які призводять до появи гранично-структурних елементів (ГСЕ) всередині ареалу та надають йому плямистої структури. Оскільки площа ГСЕ обмежена морфологічно-біологічними, а не географічними причинами, їх можна розглядати як окремі ґрунтово-географічні об’єкти. Цей тип ЕҐА найбільш поширений у лісових ландшафтах, особливо на ділянках, пошкоджених пожежами чи вітровалами.

Регулярно-циклічні ЕҐА виникають під впливом фізичних факторів. Їхня структура зазвичай повторює полігональні горбисто-западинні форми рельєфу і має вторинне походження.

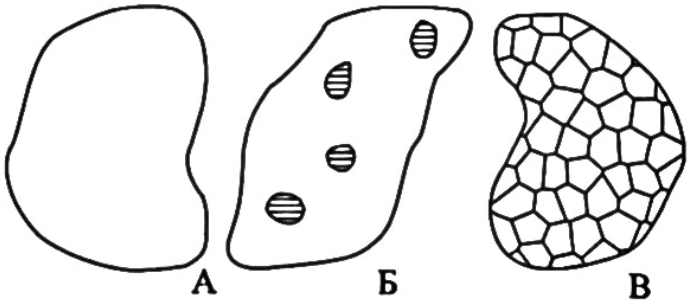

Рис. 2.1. *Елементарні ґрунтові ареали:*
А – гомогенний, Б – спорадично-плямистий, В – регулярно-циклічний

Елементарний ґрунтовий ареал описується такими характеристиками:

1. **Змістом** – визначається класифікаційним положенням ґрунтів, що його утворюють;
2. **Геометрією** – включає площу, форму та ступінь порізаності меж ареалу;
3. **Місцем у ґрунтовій комбінації**;
4. **Екологічними умовами** – характеристикою середовища, де утворився ЕҐА.

Геометрія ЕҐА включає площу, форму та ступінь порізаності меж. Розміри ареалу можуть варіюватися від кількох квадратних метрів до тисяч гектарів. Вони залежать від розвитку мезо- і мікрорельєфу, ступеня розчленованості території та різноманітності ґрунтотворних порід. Наприклад, у сухостеповій зоні при значному розвитку мікрорельєфу плями солонців можуть мати дуже малі розміри — близько 5–10 м², тоді як у степовій зоні площа чорноземних ЕҐА може сягати сотень або тисяч гектарів. Розмір ЕҐА визначає масштаб, на якому його можна відображати у детальних або великомасштабних ґрунтових картах.

Для оцінки розмірів ЕҐА застосовують показник, що відображає середню площу ареалу, який позначається як СП (див. формулу 2.1):

(2.1),

$$СП = \frac{\sum_{i=1}^{k} P_i}{k},$$

де: Pi – це площа ЕҐА (або контуру), k – це число ЕҐА (або контурів).

Всі елементарні ґрунтові ареали (ЕҐА) поділяють на **монолітні** та **дірчасті**.

За формою ЕҐА класифікують на чотири групи: **ізоморфні, витягнуті, лінійні** та **розгалужені**.

- Ізоморфні ЕҐА характеризуються тим, що відношення довжини за найбільшою віссю до довжини за найменшою не перевищує
- Витягнуті ЕҐА мають це відношення у межах 2–5.
- Лінійні ЕҐА відзначаються відношенням понад 5.

Усі три типи (ізоморфні, витягнуті та лінійні) додатково діляться на **симетроїдні** та **асиметроїдні**. До симетроїдних належать ареали, для яких можна провести пряму лінію згину так, щоб права і ліва сторони майже збігалися, а неперекритою залишалася не більше 30% площі ЕҐА. У асиметроїдних ЕҐА ця частка перевищує 30%.

Також виділяють форми: **компактні, розгалужені та лопатеві**.

- Ізоморфні ЕҐА зазвичай локалізуються на вододілах і схилах, формуючись в автономних умовах.
- Ізоморфні та лінійні форми часто поєднуються з розгалуженими, утворюючи єдину просторову систему СҐП.
- Розгалужені форми нагадують стовбур дерева, від якого під різними кутами відходять гілки-потоки різного порядку.

За В. М. Фрідландом, розгалужені ЕҐА формують **деревоподібні, лінійно-деревоподібні та еродовано-деревоподібні структури** ґрунтового покриву.

Окрім форми та розмірів ЕҐА, важливим параметром його геометрії є **ступінь порізаності**, тобто звивистість меж ареалу. Для оцінки розчленованості контуру Фрідланд запропонував використовувати **коефіцієнт розчленування (КР)** (див. формулу 2.2):

(2.2),

$$КР = \frac{S}{3,54\sqrt{A}},$$

де: S – це довжина межі (периметр) ЕҐА ; А – це площа ЕҐА.

За значенням коефіцієнта розчленованості (КР) усі контури ЕҐА можна класифікувати так: **нерозчленовані** (КР < 2), **слаборозчленовані** (2 ≤ КР < 4), **середньорозчленовані** (4 ≤ КР < 6) та **сильнорозчленовані** (КР > 6).

Важливою характеристикою ЕҐА є його **частка участі у ґрунтовій комбінації (ҐК)**. У цьому контексті виділяють:

- **фонові (переважаючі) ЕҐА**, які визначають основний склад ґрунтової комбінації;
- **підлеглі ЕҐА**, які займають менші площі і мають вторинне значення.

Переважаючі ЕҐА можуть бути монолітними або дірчастими. Монолітні переважаючі ареали відрізняються від інших лише розмірами та площею, яку вони займають. Дірчасті ЕҐА містять розкидані ареали інших класифікаційних груп ґрунтів, які зазвичай виконують підлеглу роль у ҐК.

За відсотком площі, яку займають підлеглі ЕҐА, їх поділяють на три категорії:

1. Підлеглі ЕҐА займають до 10% площі ҐК;
2. Підлеглі ЕҐА займають 10–25% площі;
3. Підлеглі ЕҐА займають 25–40% площі.

Повне вивчення екології ЕҐА, встановлення закономірностей його формування та еволюції можливе лише через аналіз ґрунтових комбінацій, до яких він входить. Екологія ЕҐА включає дані про екологію ґрунту (визначає його класифікаційну належність), екологію його меж та причини виокремлення серед інших ґрунтових ареалів.

Ґрунтові комбінації (ҐК) — це просторові ареали різних типів ґрунтів, які пов’язані між собою генетично в різному ступені та формують певну структуру ґрунтового покриву. Вони виступають як елементарні «модулі», що повторюються у вигляді регулярних або мозаїчних візерунків, визначаючи організацію ґрунтового покриву на території (В. М. Фрідланд, 1972). Усі ҐК поділяють на шість основних груп: комплекси, плямистості, поєднання, варіації, мозаїки та ташети.

Комплекс ґрунтовий — це комбінація ґрунтів з регулярним чергуванням дрібних контрастних плям через декілька метрів або десятків метрів. Компоненти комплексу взаємопов’язані у своєму розвитку та зазвичай приурочені до форм мікрорельєфу. Чинники, що визначають появу комплексів, формуються разом із процесами ґрунтотворення. Ефективне господарське використання таких територій потребує планування для всього комплексу, а не окремих його елементів.

Плямистість являє собою комбінацію ґрунтів з невеликою контрастністю компонентів одного типу або підтипу. Зазвичай вона формується в умовах вираженого мікрорельєфу. Прикладом може бути

плямистість сірих лісових або сірих лісових поверхнево-глеюватих ґрунтів, що локалізуються в невеликих западинах.

Ташет формується переважно під впливом біологічних факторів. Компоненти ташету малоконтрастні, а зв'язки між ними слабо виражені. Наприклад, ташет темно-сірих лісових ґрунтів може об'єднувати вилуговані та опідзолені чорноземи, що формуються під чергуванням дібров і лучно-степових ділянок.

Мозаїка — це просторово контрастна і неоднорідна комбінація ґрунтів, що формується внаслідок різноманітності ґрунтотворних порід. Взаємозв'язок між компонентами мозаїки відсутній або виражений дуже слабо.

Поєднання — це комбінація, у якій великі ареали (від кількох до десятків гектарів) контрастних ґрунтів чергуються між собою. Компоненти можуть мати різне господарське призначення, а генетичний зв'язок між ними носить односпрямований характер — одні ґрунти впливають на інші. Формування поєднань, як правило, відбувається незалежно від ґрунтотворних процесів.

Варіації формуються під впливом зовнішніх чинників, таких як рельєф, ґрунтотворні породи та інші умови, що діяли до виникнення комбінації або впливають незалежно від ґрунтотворення. Зазвичай вони пов'язані з формами мезорельєфу. Генетичний зв'язок між компонентами варіацій односпрямований — ґрунти нижчих ділянок катен перебувають під впливом ґрунтів верхніх. Компоненти мають слабку контрастність; прикладом можуть служити різні ступені еродованих ґрунтів.

Об'єктивне відтворення ґрунтових комбінацій на картах неможливе без розуміння їхньої генези, що, у свою чергу, дозволяє розробляти диференційовані рекомендації щодо раціонального використання земель для кожного картографічного виділу.

Неоднорідність ґрунтового покриву визначається комплексом чинників, які можна згрупувати таким чином:

1. **Рельєф** — як чинник перерозподілу вологи, розчинних речовин та тепла;
2. **Процеси рельєфоутворення**, що водночас впливають на формування ґрунтів (прискорена водна ерозія, дефляційні процеси, алювіальні та пролювіальні відклади, зсуви, карстові та суфозійні явища);
3. **Мерзлотні явища** та неоднорідність снігового покриву;
4. **Неоднорідність ґрунтотворних порід**, що включає:

- неоднорідність, пов'язану з їхнім утворенням та ерозією;

- неоднорідність, зумовлену давніми процесами вивітрювання та ґрунтоутворення;
- неоднорідність, спричинену тектонічними процесами;

5. **Ґрунтові води**;
6. **Строкатість рослинного покриву**;
7. **Вплив тваринного світу**;
8. **Антропогенна діяльність людини**.

Усі ці чинники, залежно від зональної підпорядкованості, часто діють одночасно, формуючи неоднорідність ґрунтового покриву на топологічному рівні його організації. На рівнях зонально-провінціальному та регіональному ця неоднорідність додатково контролюється кліматичними умовами, тривалістю часу та особливостями будови й розвитку території [20].

2.2. Концепція структури ґрунтового покриву В.М. Фрідланда: приклад Кривого Рогу

У контексті вивчення промислово трансформованих територій особливого значення набуває методологія аналізу структури ґрунтового покриву (СҐП), запропонована В.М. Фрідландом – радянським ґрунтознавцем і географом-картографом. На його думку, СҐП – це просторово закономірне поєднання ґрунтів у ландшафті, що формується під впливом природних факторів, таких як клімат, рельєф, водний режим, рослинність та геологічна основа.

В рамках його концепції було розроблено типологію ґрунтових комбінацій і способи їх зображення на тематичних картах, що дозволяють відтворювати просторові закономірності ґрунтового покриву. СҐП розглядається як інтегрована система, де взаємодіють різні ґрунтові типи, формуючи єдину структурну організацію території.

В умовах інтенсивного промислового навантаження, як-от у місті Кривий Ріг, де десятиліттями ведеться гірничодобувна й металургійна діяльність, СҐП зазнає суттєвих змін. Первинна структура, сформована природними процесами (чорноземи на вододілах, степова рослинність, рівнинний рельєф), була порушена внаслідок механічного руйнування ґрунтового профілю, забруднення важкими металами та зміни водного режиму.

Натомість сформувалися техногенні ґрунтові структури – урбаноземи, техноземи (насипні, намиті), зруйновані або змішані профілі, які характеризуються хаотичністю, порушенням горизонтальної будови, нестабільними фізико-хімічними властивостями та низьким біологічним потенціалом. Такі зміни часто супроводжуються деградацією ґрунтового

покриву, ерозією, зменшенням органічної речовини та накопиченням токсичних сполук, що суттєво впливає на екологічний стан території.

Дослідження трансформацій СҐП у Кривому Розі дозволяє:

1. **Оцінити ступінь порушення природної структурної організації** – за допомогою польових спостережень, фотозйомки, картографічних та лабораторних методів, включаючи хімічний аналіз ґрунтів, визначення гранулометричного складу, вологості, кислотності та концентрації забруднюючих речовин.
2. **Класифікувати нові антропогенно зумовлені структури** – з позицій ґрунтової географії та картографії, описати їх морфологію, генезис і просторову організацію, а також визначити типи техногенних ґрунтів і їх функціональні особливості, що мають значення для рекультивації територій.
3. **Візуалізувати масштаби змін** – через фотофіксацію зруйнованих профілів, порушених горизонтів, техногенних субстратів, які демонструють втрату природної цілісності ґрунтової системи. Для цього використовуються картографічні методи, а також сучасні геоінформаційні системи (ГІС), що дозволяють створювати цифрові моделі території та аналізувати просторові закономірності змін.

Додатково слід зазначити, що застосування концепції В.М. Фрідланда дозволяє не лише фіксувати зміни, а й простежувати закономірності ґрунтових трансформацій в межах урбанізованих і промислових зон. Це особливо важливо для прогнозування процесів деградації, планування охоронних заходів та відновлення порушених земель. Зокрема, на прикладі Кривого Рогу можна простежити, як природна сукупність чорноземів і лучно-степових ґрунтів трансформується у складні техногенні структури з різними ступенями деградації та забруднення.

Використання сучасних методів ґрунтового аналізу (лабораторних, польових та дистанційних) у поєднанні з класичною концепцією СҐП дозволяє:

- відтворити історію трансформацій ґрунтового покриву;
- визначити ризики деградації та забруднення;
- розробити науково обґрунтовані стратегії рекультивації та охорони ґрунтів;
- сприяти раціональному плануванню територій, зокрема у містах із високим рівнем промислового впливу.

Таким чином, аналіз структури ґрунтового покриву за методологією В.М. Фрідланда у поєднанні з сучасними геоекологічними методами є ефективним інструментом для оцінки антропогенного впливу на ґрунтові

системи та формування практичних рекомендацій для відновлення і збереження ґрунтових ресурсів[20].

РОЗДІЛ 3. СТРУКТУРА ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ТА ЇЇ ПРОЯВ У ПРОМИСЛОВИХ РЕГІОНАХ

3.1. Структура ґрунтового покриву України

Ґрунтовий покрив України формувався під тривалим впливом природних чинників, серед яких клімат, рельєф, водний режим та рослинність, що визначило різноманітність його типів. Основу земельного фонду складають чорноземи різних видів, які є надзвичайно родючими і забезпечують основу для розвитку сільського господарства. Поряд із чорноземами в структурі ґрунтового покриву представлені дерново-підзолисті, сірі лісові, каштанові та лучно-болотні ґрунти, кожен із яких має своє функціональне та екологічне значення [3, 24].

На сучасному етапі структура ґрунтового покриву України зазнає значного впливу антропогенних факторів. Інтенсивне сільськогосподарське використання, урбанізація, промислова діяльність та освоєння земель призводять до деградації ґрунтів, порушення їх природної структури, зменшення родючості та накопичення забруднювачів. Особливо це стосується регіонів із високим рівнем індустріалізації та промислових центрів, де природні ґрунтові комплекси трансформуються у техногенні структури. Водночас сучасна структура ґрунтового покриву України є результатом взаємодії природних і антропогенних чинників. Родючі чорноземи залишаються основою аграрного потенціалу країни, а інші типи ґрунтів відіграють важливу роль у підтримці біорізноманіття, регулюванні водного балансу та збереженні екологічної стабільності. Раціональне використання та охорона ґрунтових ресурсів є ключовим завданням для забезпечення сталого розвитку сільського господарства та екологічної безпеки країни.

Таблиця. 3.1

Забезпеченість чорноземами в Україні та окремих країнах світу

Держава	***Загальна площа чорноземів, млн га***	***Площа чорноземів у розрахунку на 100 жителів, га***
Україна	27,8	61,0
Росія	145,4	102,0
США	55,1	17,6
Китай	38,0	2,8
Канада	7,6	21,8
Німеччина	0,7	0,8
Польща	0,4	1,0
Румунія	0,4	7,4

Представлена таблиця відображає забезпеченість чорноземами в Україні та окремих країнах світу (табл. 3.1), підкреслюючи унікальне географічне та економічне становище країни. Аналіз показує, що Україна, з її **27,8 мільйонами гектарів** чорноземів, посідає **четверте місце** у світі за абсолютними запасами цього найціннішого типу ґрунтів, поступаючись лише Росії ($145,4$ млн га), США ($55,1$ млн га) та Китаю ($38,0$ млн га). Таким чином, Україна є однією з ключових держав, які володіють значним світовим аграрним потенціалом. Однак, не менш важливим є показник **забезпеченості** населення цим ресурсом, який вимірюється площею чорноземів у розрахунку на 100 жителів. За цим критерієм Україна демонструє виключно високі позиції: її показник становить **$61,0$ га на 100 жителів** (тобто $0,61$ га на одну особу). За цим параметром Україна значно випереджає такі гіганти, як США ($17,6$ га/100 жителів) та Китай, де забезпеченість становить лише $2,8$ га на 100 жителів через надзвичайно велику чисельність населення. Хоча Росія є абсолютним лідером за забезпеченістю ($102,0$ га/100 жителів), висока питома вага чорноземів в Україні чітко засвідчує її статус держави, яка володіє надлишковим і стратегічно важливим ресурсом. На противагу, європейські країни, як-от Німеччина ($0,8$ га/100 жителів) та Польща ($1,0$ га/100 жителів), мають мінімальні запаси та забезпеченість, що підкреслює рідкість чорноземів у регіонах Західної та Центральної Європи. Отже, дані таблиці не просто ілюструють обсяги, а й підтверджують **виняткове значення ґрунтового покриву України** як одного з найбільших і найдоступніших агроекологічних активів планети, що вимагає особливо ретельного контролю та охорони в умовах інтенсивного промислового впливу [2, 4, 24].

Рис. 3.1. *Структура ґрунтового покриву України за основними типами та частка їх використання під ріллю, млн га*

На цій діаграмі представлена структура ґрунтів України (див. рис. 3.1), що демонструє розподіл ґрунтів за типами, їх площу в мільйонах гектарів та відсоток ріллі в їхньому складі. Загальна площа ґрунтів України становить 39,8 млн га, з яких 79% є ріллею. Діаграма показує, що найбільшу площу займають чорноземи звичайні (10,5 млн га), в яких 88% припадає на ріллю. За ними йдуть чорноземи типові (5,8 млн га, 92% ріллі), сірі лісові (4,3 млн га, 81% ріллі), чорноземи південні (3,6 млн га, 89% ріллі), чорноземи опідзолені (3,4 млн га, 92% ріллі) та дерново-підзолисті (3,8 млн га, 74% ріллі). Серед інших типів ґрунтів, які займають меншу площу, можна виділити чорноземно-лучні (2,0 млн га, 60% ріллі), каштанові солонцюваті (1,4 млн га, 80% ріллі) та буроземи (1,1 млн га, 44% ріллі). Найменший відсоток ріллі мають лучно-болотні ґрунти (8% при площі 0,98 млн га), торфові низинні (15% при площі 0,56 млн га) та алювіальні лучні (19% при площі 0,78 млн га). Загалом, діаграма ілюструє домінування різних видів чорноземів як за площею, так і за часткою ріллі, підкреслюючи їх ключове значення для сільського господарства країни [4, 12].

Рис. 3.2. *Типи деградації ґрунтів*

Ця діаграма показує типи деградації ґрунтів в Україні (див. рис. 3.2), з кількісною оцінкою кожного типу у відсотках від загальної площі ріллі, що становить 32 млн га. Найбільш поширеними видами деградації є втрата гумусу і поживних речовин, що охоплює 43% ріллі, переущільнення — 39%,

та замулення і кіркоутворення — 38%. Інші значні проблеми включають водну ерозію площинну (17%), підкислення (14%), заболочення (14%), забруднення радіонуклідами (11%) і втрату верхнього шару ґрунту (11%). Забруднення пестицидами та важкими металами охоплює, відповідно, 9,3% та 8,0% ріллі. Менш поширеними, але також актуальними проблемами є запечатані ґрунти (4,4%), засолення і підлуговування (4,1%), водна ерозія з утворенням ярів (3,0%) та замулення водойм (3,0%). Найменшу частку в загальній деградації становлять такі процеси, як зниження рівня денної поверхні та деформація земної поверхні вітром (по 0,35%), а також аридизація ґрунту (0,21%). У цілому, діаграма демонструє, що найбільшого поширення набули процеси, пов'язані з виснаженням ґрунтів і їх фізичними змінами, що підтверджує серйозність проблеми деградації сільськогосподарських угідь [4, 10, 26].

3.2. Дослідження ґрунтів у Кривому Розі: історичний аспект, та сучасний підхід

Вивчення ґрунтового покриву Криворіжжя має тривалу історію, тісно пов’язану з процесами індустріального освоєння території. Початкові наукові спостереження за природними особливостями Кривбасу були безпосередньо пов’язані з геологічними дослідженнями, оскільки саме родовища залізної руди визначили подальший вектор розвитку регіону. Ще у 1781 році академік з Російської імперії В.Ф. Зуєв зафіксував і описав "залізний шифер" уздовж річки Саксагань, що стало своєрідним підґрунтям для наступної промислової діяльності. Проте реальний поштовх до освоєння цієї місцевості дав А.Н. Поль у 1875 році, коли розпочав промисловий видобуток залізної руди. Це не лише стимулювало розвиток гірничодобувної галузі, а й сприяло регулярному вивченню геологічної будови Криворіжжя.

Протягом XIX століття такі дослідники, як М.П. Барбот-де-Марні, В.А. Домгер, С.О. Конткевич, П.П. П’ятницький та інші, зробили вагомий внесок у формування первинних знань щодо мінералогії, геології та залізорудних запасів регіону. У наступні десятиліття, під керівництвом видатних вчених Я.М. Белевцева, Ю.Г. Гершойга, Г.І. Каляєва, М.І. Світальського були не лише введені в експлуатацію великі родовища, а й опубліковані ґрунтовні наукові праці з геології Криворіжжя.

Паралельно з геологічними розвідками розвивалося і ґрунтознавство. Історія досліджень ґрунтів на Криворіжжі нерозривно пов’язана з діяльністю провідних науковців, серед яких варто виокремити кандидата біологічних наук Є.Д. Ющука.

У новітній період, на тлі наростання техногенного навантаження, увага дослідників сфокусувалася на вивченні змін ґрунтового середовища. Особливу роль у цьому процесі відіграють дослідження науковців

Криворізького технічного університету та Криворізького ботанічного саду НАН України [13].

Помітний внесок у дослідження ґенези ґрунтів на техногенно перетворених територіях Криворізько-Нікопольської марганцево-залізорудної промислової провінції зробив А.Н. Сметана. У його науковому доробку висвітлено процеси формування ґрунтів на територіях хвостосховищ та суміжних ділянках, із наголосом на трансформаційних змінах, які призводять до появи нових, специфічних техногенних ґрунтових утворень.

Сучасні дослідження, здійснені О.М. Сметаною, Г.В. Кайко, О.О. Красовою та М.О. Квітком, спрямовані на аналіз закономірностей формування ґрунтового покриву в умовах посттехногенного ландшафту Кривбасу. Зокрема: О.М. Сметана та О.О. Красова (2006) розглянули просторову структуру ґрунтів у південній частині міста, де відзначили вплив техногенного фактору на розподіл ґрунтових типів; О.М. Сметана та Г.В. Кайко (2006) дослідили територіальну організацію ґрунтового покриву на стаціонарі "Всебратське" в центральній частині Кривого Рогу, що дозволило деталізувати його структуру в умовах урбанізованих територій; О.М. Сметана та М.О. Квітко (2006) вивчали особливості формування ґрунтів у межах гранітних кар’єрів, включаючи відвали та ділянки відкритих гірничих робіт. У монографії О.М. Сметани та В.В. Перерви (2007) ґрунтовно розглянуто вміст, запаси та фракційний склад гумусу на промислових майданчиках Кривбасу, що є критерієм оцінки родючості ґрунтів.

Попри значний обсяг накопичених знань, проблема антропогенної трансформації ґрунтового покриву Криворіжжя й надалі залишається надзвичайно актуальною. Попередні дослідження сформували наукову основу для розуміння змін, однак динаміка трансформацій в індустріальному середовищі вимагає постійного моніторингу та поглибленого аналізу.

Особливий акцент у дослідженні буде зроблено на візуалізації наслідків антропогенного впливу. У третьому розділі представлені фотографії з різних районів міста, які наочно демонструють зміни ґрунтів: порушення структури профілю, змішані горизонти, руйнацію природного ґрунтового стану. Ці зображення ілюструють масштабність і характер змін, що підтверджують аналітичні висновки, зроблені на основі теоретичного матеріалу [25].

3.2.1. Географічна характеристика регіону

Криворізький регіон розташований у південно-східній частині Центральної України, переважно в межах Дніпропетровської області. Географічно він охоплює територію з координатами від 48°19′ до 47°28′ північної широти та від 32°58′ до 33°47′ східної довготи. Загальна площа Криворіжжя становить приблизно 4,1 тис. км², що складає близько 0,67% від території України. Регіон простягається на 96 км з півдня на північ та на 62 км із заходу на схід.

Ця територія належить до степової фізико-географічної зони з помірно континентальним кліматом, для якого характерні спекотне посушливе літо та помірно холодна зима. Геологічною основою регіону є Український

кристалічний щит — одна з найдавніших геоструктур Східноєвропейської платформи. Через територію Криворіжжя протікають численні водотоки, зокрема середня течія річки Інгулець з її притоками, а також частково річка Кам'янка. Усі ці річки належать до басейну Дніпра.

Рельєф регіону переважно рівнинний, однак представлений як низинними, так і підвищеними формами, з розгалуженою мережею балок, долин, ерозійних форм, а також проявами карсту та суфозії [13].

3.2.2. Екологічна ситуація

У 1970–1980-х роках у Кривому Розі та суміжних промислових центрах України спостерігалось загострення екологічної ситуації через високі обсяги викидів шкідливих речовин у повітря. Основними джерелами забруднення були підприємства гірничодобувної, збагачувальної, металургійної та важкої хімічної промисловості. Крім того, через інфільтрацію забруднених вод із шламосховищ і накопичувачів техногенних відходів спостерігається суттєве забруднення підземних вод, що несе загрозу водозабору та здоров'ю населення.

На тлі активного техногенного навантаження, Криворізький регіон потребує реалізації довгострокових програм реабілітації ґрунтових і водних екосистем, сталого землекористування, рекультивації кар'єрів та зниження впливу шкідливих викидів на навколишнє середовище [23, 28].

3.2.3. Особливості рельєфу Криворіжжя

Територія Криворізького регіону розташована в межах Східноєвропейської рівнинної області, яка є складовою частиною обширної Східноєвропейської платформи — однієї з найдавніших тектонічних структур на теренах України. Рельєф даного регіону формувався в межах полігенної рівнини першого порядку, що зумовлена тривалою еволюцією платформного типу та активністю великих геологічних структур, таких як Український кристалічний щит і Причорноморська западина.

У північній частині Кривбасу (від позначки +100 м і вище) простежується належність до Придніпровсько-Приазовської області височинного типу, які виникли в результаті пластово-денудаційних процесів. Тут формуються геоморфологічні комплекси Центральноприднiпровської денудаційної височини, що переходить у її знижену частину — Інгуло-Інгулецьку лесову рівнину з яскраво вираженою розчленованістю. Натомість південна частина басейну розміщена в межах Причорноморської геоморфологічної зони, де переважають пластово-акумулятивні та денудаційно-рівнинні форми рельєфу. Тут простежується перехід до Північно-Причорноморської рівнини — структур третього геоморфологічного порядку.

Геоморфологічна структура території формується в межах різних морфоструктур, які за своєю ієрархією поділяються на другорядні (зумовлені регіональними тектонічними елементами) та локальні, пов'язані з меншими за площею блоками. За класифікацією Л. М. Булави (1990), в межах

Криворіжжя виділяється сім мікрорегіонів (морфоструктур IV порядку), що характеризуються складною структурою розчленування.

У структурі рельєфу переважають вододільні плато з лесовим покривом, які простягаються з північного сходу на південний захід. Ці підвищення мають загальний ухил у напрямку Чорного моря та до русел місцевих річок. Абсолютні відмітки поверхонь вододілів варіюються від 169–173 м у північній частині до 75 м у південній, а зменшення висот у південному напрямку становить близько 0,69 м/км. Схили плато характеризуються ухилами до 1,5°, а на окремих ділянках — до 6°. Територія густо розчленована ерозійною сіткою — середня щільність горизонтального розчленування складає від 0,8 до 1,6 км/км².

У межах Кривбасу сформувався складний морфоскульптурний рельєф, який є наслідком дії численних екзогенних процесів: водної ерозії (флювіальної), гравітаційних переміщень, еолової діяльності, суфозії, карстових явищ та, особливо, антропогенного втручання. Водноерозійні форми займають домінантне положення в морфоскульптурній будові території. Тут широко представлені долини постійних річок, тимчасові водотоки — балки, яри, вимоїни, улоговини. Русла основних водотоків — Інгульця та Саксагані — мають яскраво виражений асиметричний профіль: праві схили долин є більш крутішими та вищими, оскільки врізаються безпосередньо в масиви кристалічних порід. Будова річкових долин типово скринеподібна. Для Інгульця характерна наявність заплави та чотирьох надзаплавних терас, у той час як долина Саксагані має три тераси. Середня ширина долин сягає 1,5 км, а ширина русел коливається від 15 до 30 м.

Балки та яри формують складну долинно-балкову систему. Балки зазвичай простягаються вздовж русел або є їхніми притоками, при цьому довжина деяких з них перевищує 25 км. У межах Кривого Рогу налічується близько 70 великих балок, найбільша щільність спостерігається на схилах та вододілах. Яружна мережа також добре розвинута — у межах міста зафіксовано понад 300 ярів, переважно бокових, довжиною до 200 м і глибиною до 20–25 м. Яри сприяють ерозії родючих ґрунтів, і тому вимагають спеціального укріплення.

Особливе місце займають форми еолового рельєфу, зосереджені переважно на першій надзаплавній терасі Інгульця, де вітрова діяльність призвела до утворення слабкозакріплених піщаних горбів, які за зовнішнім виглядом нагадують кучугури. Потужність таких пісків сягає 8 м, вони погано задерновані, схильні до розвіювання.

Гравітаційні процеси, пов’язані зі зсувами, осипами та обвалами, локалізуються переважно на бортах балок, річкових долин та кар’єрів. Вони виникають внаслідок порушення рівноваги гірських порід, часто активізуються на крутих схилах або у місцях виклинювання пластів червоно-бурих глин.

Карстові процеси, хоча й менш виражені, відіграють важливу роль у формуванні підземного та частково поверхневого рельєфу. В межах

Криворіжжя карст розвинутий у вапняках, доломітах, мергелях, карбонатизованих кварцитах. Існують два карстові райони: північний (Криворізький) із глибоким покритим карстом (до 500 м), та південний — Нижньоприднiпровський, з більш розвиненими поверхневими формами. Найвідоміша карстова печера — Кобильна (152 м завдовжки) — має лабіринтову структуру з водними залами й сифонами.

Суфозійний рельєф формується в результаті вимивання дрібних часток підземними водами, що призводить до утворення западин, блюдець і подів, зокрема на вододільних плато поблизу Інгульця та Широкого.

Наймасштабніший вплив на сучасний рельєф здійснив антропогенний чинник. Із кінця XIX століття та особливо у XX столітті, внаслідок інтенсивного видобутку залізної руди, Криворіжжя зазнало радикальної трансформації рельєфу. Величезні кар'єри, відвали, провальні ділянки змінили природну морфологію території. Кар’єри відрізняються глибиною (до 365 м), формою, площею та розташуванням. Відвали поділяються за морфологічними параметрами, походженням матеріалу, розмірами, типом складованої породи. Деякі з них перевищують 100 м у висоту та 800 га за площею. Такі антропогенні об’єкти часто стають аналогами природних форм рельєфу за своєю масштабністю [5, 6, 13].

Таким чином, морфогенез Криворізького регіону — це результат тісної взаємодії тектонічної історії, екзогенних процесів та масштабної господарської діяльності, що зумовили надзвичайно складну та мозаїчну геоморфологічну структуру.

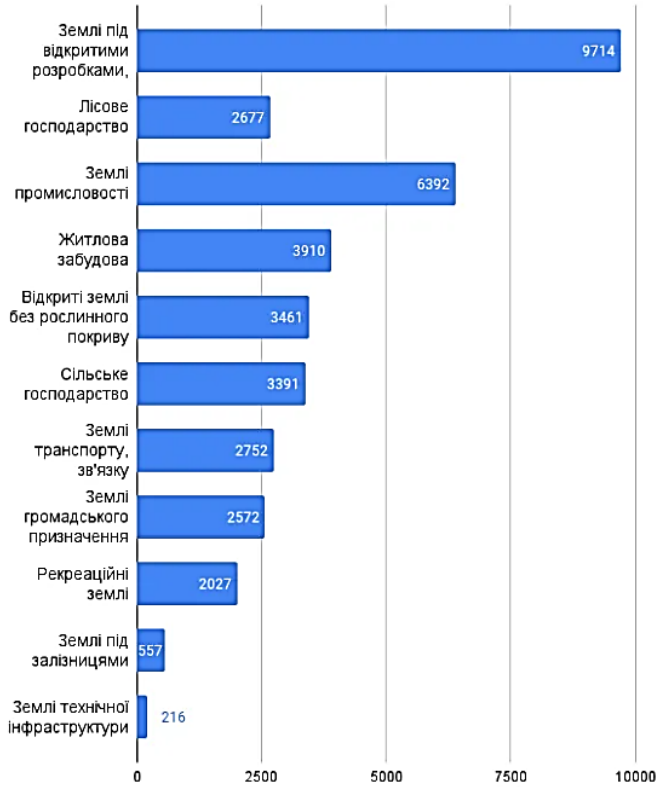

Рис. 3.3. *Аналіз ступеню дестабілізації ландшафтної структури регіону.*

На діаграмі представлено розподіл земель, що перебувають у власності, за видами використання у гектарах (див. рис. 3.3). Найбільшу частку займають землі, відведені під відкриті розробки – їх площа становить 9714 га, що суттєво перевищує площі інших категорій. Це свідчить про домінування гірничодобувної промисловості в структурі землекористування регіону.

На другому місці за площею знаходяться землі промисловості — 6392 га, що логічно доповнює загальну індустріальну специфіку території. Далі йдуть житлова забудова (3910 га) та відкриті землі без рослинного покриву (3461 га), що можуть включати ділянки, не зайняті рослинністю через природні або антропогенні причини.

Суттєвий обсяг мають також сільськогосподарські землі (3391 га), а також землі транспорту і зв'язку — 2752 га, що свідчить про розвинену інфраструктуру. Дещо меншу площу займають землі громадського призначення (2572 га), які можуть використовуватись для потреб освіти, охорони здоров’я, культури тощо.

Рекреаційні землі займають 2027 га, що є важливим для забезпечення екологічного балансу та задоволення соціальних потреб населення. Водночас лісове господарство займає 2677 га, відіграючи важливу роль у збереженні природного середовища.

Найменшу площу займають землі під залізницями (557 га) та землі технічної інфраструктури (216 га), що є очікуваним з огляду на їхню специфіку та обмежене використання.

Таким чином, структура розподілу ландшафтів чітко відображає пріоритети регіону, де переважає промислове та гірниче освоєння території, а природоохоронні й рекреаційні землі мають другорядне значення [6, 13].

3.2.4. Ґрунтовий покрив.

Високий показник техногенезу регіону та його ландшафтної трансформації став причиною утворення специфічної структури ґрунтового покриву.

Первинно природна екосистема Криворізького регіону формувалась в межах чорноземної зони, зі значною участю степової рослинності. Основними ґрунтами були типові чорноземи, які відзначалися високою родючістю. Проте, у зв’язку з масштабним промисловим освоєнням території, природна структура ґрунтового покриву зазнала суттєвих змін. Нині регіон вирізняється складною ґрунтово-ландшафтною організацією, формування якої обумовлене взаємодією як природних, так і техногенних факторів.

Значна частина площі зайнята техногенно-трансформованими ландшафтами — зокрема, кар’єрами, відвалами, хвостосховищами, територіями промислових зон. На території Криворізько-Нікопольської залізо-марганцеворудної техногенної провінції сформувались специфічні ландшафтно-техногенні системи, де природне середовище повністю змінено, а потоки речовини та енергії контролюються антропогенними впливами. Такі

зони є осередками потенційної екологічної небезпеки через тривалу деструкцію ґрунтово-екологічного середовища.

Ґрунти в зонах впливу хвостосховищ і шламонакопичувачів характеризуються мозаїчністю й неоднорідністю. У формуванні ґрунтів регіону домінують такі процеси: дерново-гумусово-акумулятивний, підстилковий, еоловий (вітровий перенос), гідроседиментаційний, солонцювато-солончаковий та техногенний лесивуючий. Унаслідок цього утворюються технолесивовані ґрунти, солончаки, солонці, лугово-солончакові ґрунти, а також примітивні антропогенні утворення — ембріоземи.

Згідно з дослідженнями, ґрунти в межах кар’єрів та відвальних територій належать до слабо сформованих, деградованих або новоутворених типів, які мають низький рівень гумусу, нестабільну структуру і, зазвичай, високий вміст важких металів, нафтопродуктів і залишків обробки руд.

У попередніх наукових працях також розглядалися особливості просторової організації ґрунтового покриву південної частини Криворіжжя, а також структура ґрунтів стаціонару «Всебратське» (центр міста) і гранітних кар'єрів. Аналізувалися зміст, запаси та фракційний склад гумусу на промислових ділянках Кривбасу [25, 30].

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ СТУПЕНЮ ТРАНСФОРМАЦІЇ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ІНДУСТРІАЛЬНОГО РЕГІОНУ М. КРИВИЙ РІГ

4.1. Антропогенні зміни структури ґрунтових профілів обстеженої території

Морфологічна характеристика ґрунтів є ключовим етапом у дослідженні ґрунтового покриву, оскільки вона дозволяє візуально та структурно оцінити якісні параметри ґрунтового тіла. На обстеженій території було виявлено значне різноманіття ґрунтів, що є типовим наслідком як природних процесів ґрунтоутворення (педогенезу), так і потужного антропогенного впливу.

В межах дослідження було проведено огляд техногенно трансформованих та частково збережених ділянок з розкритими профілями ґрунтів, що трапляються на території обстеження.

Подальші матеріали містять серію фотографій профілів (див.рис. 4.1–4.6) та морфологічні описи кожного з них. Кожен опис подано окремим блоком після відповідного зображення, що забезпечує наочність і дозволяє простежити просторові відмінності між різними ґрунтовими різновидами — від техногенних нашарувань та екранованих форм до частково збережених природних горизонтів. Такий підхід дає можливість комплексно оцінити ступінь перетворення ґрунтового покриву та визначити ключові діагностичні ознаки, притаманні кожному з виявлених типів.

Рис. 4.1. *Екранозем на оскальпованому чорноземі звичайному*

Профіль екранованого чорнозему звичайного (екранозему) характеризується тим, що з поверхні перекритий щільним техногенним матеріалом, а саме - асфальтом. Другий горизонт представлений щебенем з включенням залізистих окислених кварцитів червоного кольору (гематит). Під поверхнею насипних шарів знаходиться порушений первинний ґрунт - оскальпований (зі знятим родючим горизонтом) чорнозем звичайний малопотужний. В його будові збережено похований перехідний горизонт нР сірого кольору, а також материнська порода - лесоподібний суглинок жовто-палевого відтінку.

Рис. 4.2. *Чорнозем звичайний, техногенно турбований*

Профіль чорнозему звичайного, техногенно турбованого характеризується наявністю верхнього шару темно-сірого забрудненого матеріалу з включенням будівельного сміття та органічних решток. Нижче розташований перехідний горизонт темно-коричневого кольору з вираженою грудкуватою структурою та слідами кореневої системи. Глибше простежується материнська порода - щільний сірувато-коричневий суглинок з окремими включеннями дрібного щебеню. У нижній частині профілю видно шар більш світлого сірого глинистого матеріалу, що свідчить про неоднорідність геологічної будови.

Рис. 4.3. *Екранозем на похованому чорноземі звичайному.*

Профіль екранозему характеризується тим, що з поверхні перекритий щільним техногенним матеріалом, а саме - асфальтом. Під ним залягає перехідний горизонт буро-сірого кольору з неоднорідною структурою та окремими включеннями щебеню. Нижня частина профілю складена сірувато-коричневим суглинком з вираженою щільною текстурою, який є частково збереженою материнською породою вихідного ґрунту.

Рис. 4.4. *Чорнозем звичайний короткопрофільний антропогенно змінений*

Профіль чорнозему звичайного короткопрофільного антропогенно зміненого характеризується наявністю верхнього гумусового горизонту темно-сірого кольору з живою рослинністю та добре розвиненою кореневою системою. Цей шар насичений органічною речовиною та має пухку зернисту структуру. Нижче простежується перехідний горизонт коричнево-сірого відтінку з численними включеннями коренів та органічних решток. Глибша частина профілю представлена світло-сірим суглинковим матеріалом з окремими включеннями дрібного щебеню та меншою кількістю органіки, що свідчить про поступовий перехід до материнської породи.

Рис. 4.5. *Екранозем техногенний насипний*

Профіль екранозему техногенного насипного має виразну стратифікацію. Верхній шар представлений світло-сірим насипним матеріалом з великою кількістю будівельного щебеню, фрагментів бетону та інших техногенних включень. Під ним залягає яскравий горизонт червоно-рожевого відтінку, представлений щебенем з включенням залізистих окислених кварцитів червоного кольору (гематит). Нижче простежується шар темно-коричневого кольору з включенням органіки, а у нижній частині профілю видно сірувато-коричневий суглинок - ймовірно, залишок природної материнської породи або техногенний субстрат.

Рис. 4.6. *Ристозем (насипний штучний грунт)*

Профіль ристозему демонструє контрастну будову із чергуванням різних за складом шарів. Верхня частина представлена світло-сірим насипним матеріалом з великою кількістю будівельного щебеню, фрагментів бетону та інших техногенних включень. Нижче залягає шар жовтувато-палевого лесоподібного суглинку - ймовірно, фрагмент природної материнської породи. У середній частині профілю простежується темно-коричневий горизонт з домішками органічної речовини та окремими включеннями коренів. Правий бік профілю характеризується наявністю темно-сірого забрудненого матеріалу з високим вмістом антропогенних домішок.

4.2. Карта структур ґрунтового покриву центральної частини м. Кривий Ріг

Нами проведено аналіз структури ґрунтового покриву території промислового регіону – центральної частини міста Кривий Ріг, де сконцентрована велика кількість промислових підприємств гірничо-металургійної галузі, металообробної промисловості, а також відходи їх виробництва у вигляді відвалів гірських порід та хвостосховищ.

Аналіз проведено з використанням картографічних матеріалів регіону та даних супутникової зйомки – Google Maps. Для ідентифікації елементарних ґрунтових ареалів та структур ґрунтового покриву різного рівня було виконано серію ґрунтових розрізів і визначено їх морфологічні характеристики та діагностовано типи.

Загальна площа території обстеження становить 420, 58 км^2. У ході дослідження виявлено 13 ґрунтових комбінацій що утворюють загальну структуру ґрунтового покриву регіону.

Утворені за домінування техногенезу кар’єрні ландшафти у ґрунтовому покриві представлені комбінаціями субстратів без ознак ґрунтоутворення та субстратів з ознаками ґрунтоутворення, контури даних комбінацій зазвичай представлені округлими або видовженими контурами великої площі, що повторюють форму самих техногенних ландшафтів.

Мозаїки примітивних техногенних ґрунтів та субстратів з ознаками ґрунтоутворення приурочені до відвалів гірських порід та дамб хвостосховищ. Вони утворюються на насипних техногенних субстратах з різним мінеральним складом в залежності від порід, що складувались. Конфігурація контурів залежить від форми техногенного об'єкту, але переважно наближена до округлої, або еліптичної форми.

Лежалі та обводнені хвости збагачення залізних руд, якими заповнені чаші хвостосховищ, представлені плямистостями седиментаційно-поліциклічних техногенних субстратів. Вони утворюються шляхом періодичного намивання відходів різного мінерального складу та накопичення на їх поверхні органіки, що з часом перетворюється на гумус та ініціює процес ґрунтоутворення.

Вододільні ділянки степів переважно знаходяться у розпорядженні сільського господарства, тому за струкутрою ґрунтового покриву являють собою малоконтрастні плямистості орних чорноземів звичайних та орних чорноземів звичайних малопотужних. Цим грунтам властиве порушення та переущільнення поверхневого горизонту за рахунок проходження великогабаритної техніки, а також процесів обробки ґрунту.

Штучні та природні водойми пердставлені ставками, водосховищами та річками. За площею і формою контури даного типу суттєво різняться в залежності від типу водойми.

Мозаїки екранованих та переущільнених ґрунтів, орних чорноземів звичайних та орних чорноземів звичайних малопотужних займають селищні селітебні території. Конфігурація контурів такого типу неоднорідна, кордони утворюють прямі лінії, притаманні межам антропогенних ландшафтів.

На промислових ділянках підприємств формуються мозаїки екранованих та переущільнених ґрунтів та техзноземів, які зазнали значного техногенного впливу як безпосередньо від побудови техногенних об'єктів, так і опосередковано від перідичних або разових техногенних впливів – механічного пошкодження, пилового та газового забруднення, підтоплення, засолення тощо. Форма контурів цих територій також не має чіткого геометричного визначення і конфігурація залежить від технології видобутку та переробки сировини і відповідних площ, що виділені під промисловий майданчик.

Природна гідрографічна сітка, представлена балковими системами та річковими берегами, у контексті структур ґрунтового покриву являє собою варіації дерново-степових, лучних та алювіальних ґрунтів. Контури за формою видовжені, деревоподібні, з повторюваними самоподібними малюнками, що робить їх подібними до фракталів.

Плямистості чорноземів звичайних та чорноземів звичайних малопотужних займають вододільні ділнки непорушених, або майже непорушених степів, де антропогенниий вплив мінімізований. Малюнок цих структур ґрунтового покриву найчастіше залежить від сусідніх контурів, що підлягають змінам від господарювання, тому їх форма варіює в широких межах.

Міські селітебні терторії вкриті мозаїками екранованих та переущільнених ґрунтів, антропогенно турбованих ґрунтів з мозаїчним типом профілю. На відміну від селітебних територій селищ у містах значно вища кількість екраноземів. Також за рахунок процесів будівництва і облаштування міських комунікацій більша частина міських ґрунтів турбована та має мозаїчний профіль, що відрізняє їх від селищ, де більш представлені антропогенні зміни у вигляді сільськогосподарського використання.

На територіях, зайнятих штучними лісовими насадженнями розвиваються плямистості чорноземів звичайних та чорноземів звичайних лісопокращених з переважанням останніх. Штучні лісові насадження степової зони здебільшого мають лінійну форму – полезахисні посадки, посадки вздовж трас та інших автошляхів. Аморфні насадження зустрічаються рідше та найчастіше являють собою водозахисні масиви, лісопарки, штучні ліси тощо.

Автомобільні та залізничні шляхи у плані структур ґрунтового покриву утворюють комбінації екранованих та переущільнених ґрунтів антропогенного генезису з суцільним твердим покриттям, а також комбінації екранованих та переущільнених ґрунтів антропогенного генезису з щебенистим покриттям відповідно. Для таких контурів характерна значна

видовженість та мала ширина, тобто у аспекті малюнку ландшафт вони являють собою лінійні об'єкти.

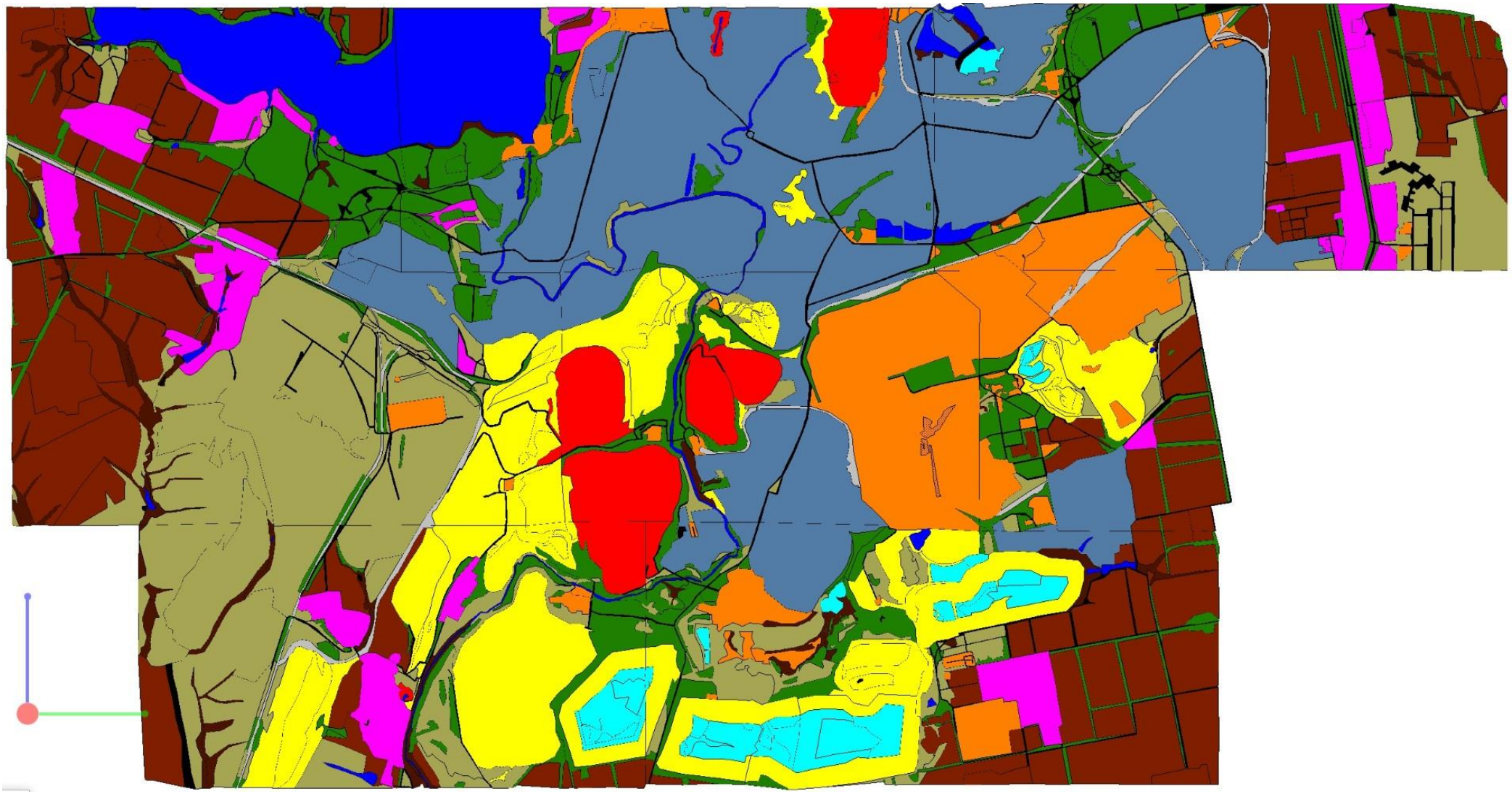

Рис. 4.7. *Картографічна модель антропогенної трансформації структур ґрунтового покриву Центрального Кривбасу*

Легенда до картографічної схеми ґрунтового покриву м. Кривий Ріг

Комбінації субстратів без ознак ґрунтоутворення та субстратів з ознаками ґрунтоутворення (кар'єри);

Мозаїки примітивних техногенних ґрунтів та субстратів з ознаками ґрунтоутворення (відвали гірських порід та дамби хвостосховищ);

Плямистості седиментаційно-поліциклічних техногенних субстратів (хвости збагачення залізних руд);

Плямистості орних чорноземів звичайних та орних чорноземів звичайних малопотужних;

Водні об'єкти;

Мозаїки екранованих та переущільнених ґрунтів, орних чорноземів звичайних та орних чорноземів звичайних малопотужних (селищні селітебні території);

Мозаїки екранованих та переущільнених ґрунтів та техзноземів (промислові майданчики підприємств);

Варіації дерново-степових, лучних та алювіальних ґрунтів (балкові системи та природні береги річок);

Плямистості чорноземів звичайних та чорноземів звичайних малопотужних;

Мозаїки екранованих та переущільнених ґрунтів, антропогенно турбованих ґрунтів з мозаїчним типом профілю (міські селітебні території);

Плямистості чорноземів звичайних та чорноземів звичайних лісопокращених (штучні деревні насадження);

Комбінації екранованих та переущільнених ґрунтів антропогенного генезису з суцільним твердим покриттям (автомобільні шляхи з твердим покриттям);

Комбінації екранованих та переущільнених ґрунтів антропогенного генезису з щебенистим покриттям (залізничні шляхи).

Аналіз малюнку ґрунтових комбінацій (див. рис. 4.7) показує, що найбільша кількість – 239 контурів це лісопокращені ґрунти штучних лісів. Найменш представлені у регіоні екрановані та переущільнені ґрунти залізничних шляхів (за рахунок того, що вони являють собою сполучений лінійний контур), а також комбінації субстратів без ознак ґрунтоутворення та субстратів з ознаками ґрунтоутворення, що утворені на відвалах та дамбах. Відвали та дамби, хоча і займають велику площу, є малочисельними.

У таблиці 4.1. наведено кількість контурів відповідного типу, загальну площу структур ґрунтового покриву кожного типу, а також усереднена площа контурів. Згідно аналізу отриманих даних нами виявлено, що найбільшою площею характеризуються міські території з приуроченими до них мозаїками екранованих та переущільнених ґрунтів, антропогенно турбованих ґрунтів з мозаїчним типом профілю. Також цей тип має найбільшу усереднену площу, що говорить про великий розмір кожного окремого контуру. Найменшу площу в загальному малюнку займають екраноземи залізничних шляхів. Найменша усереднена площа притаманна варіаціям природних ґрунтів балкових систем, а також штучним деревним насадженням.

Таблиця. 4.1

Параметричні співвідношення ґрунтових комбінацій регіону.

Назва ґрунтової комбінації	Кількість контурів	Площа, км^2	Усереднена площа контуру, км^2
Комбінації субстратів без ознак ґрунтоутворення та субстратів з ознаками ґрунтоутворення (кар’єри);	7	13,96	1,99
Мозаїки примітивних техногенних ґрунтів та субстратів з ознаками ґрунтоутворення (відвали гірських порід та дамби хвостосховищ);	27	47,05	1,74
Плямистості седиментаційно-поліциклічних техногенних субстратів (хвости збагачення залізних руд);	10	8,57	0,86
Плямистості орних чорноземів звичайних та орних чорноземів звичайних малопотужних;	136	72,03	0,53
Водні об’єкти;	23	20,99	0,91

Мозаїки екранованих та переущільнених ґрунтів, орних чорноземів звичайних та орних чорноземів звичайних малопотужних (селищні селітебні території);	20	17,3	0,87
Мозаїки екранованих та переущільнених ґрунтів та техзноземів (промислові майданчики підприємств);	38	31,58	0,83
Варіації дерново-степових, лучних та алювіальних ґрунтів (балкові системи та природні береги річок);	45	6,7	0,15
Плямистості чорноземів звичайних та чорноземів звичайних малопотужних;	114	61,37	0,54
Мозаїки екранованих та переущільнених ґрунтів, антропогенно турбованих ґрунтів з мозаїчним типом профілю (міські селітебні території);	20	85,34	4,27
Плямистості чорноземів звичайних та чорноземів звичайних лісопокращених (штучні деревні насадження);	239	39,84	0,17
Комбінації екранованих та переущільнених ґрунтів антропогенного генезису з суцільним твердим покриттям (автомобільні шляхи з твердим покриттям);	15	11,56	0,77
Комбінації екранованих та переущільнених ґрунтів антропогенного генезису з щебенистим покриттям (залізничні шляхи).	5	4,29	0,86
Всього:	**699**	**420,58**	0,60

4.3. Рекомендації щодо поліпшення стану ґрунтів обстеженої території

На основі виконаних досліджень встановлено, що ґрунтовий покрив обстеженої території зазнав значних трансформацій внаслідок тривалого урбаністичного розвитку. Виявлені ґрунти характеризуються високим ступенем техногенної трансформації, наявністю щільних поверхневих покриттів, забрудненням будівельними матеріалами та порушенням природних процесів ґрунтоутворення. В умовах житлової забудови та міської інфраструктури повне відновлення природного стану ґрунтів є неможливим та недоцільним, проте існує низка заходів, спрямованих на поліпшення екологічного стану та функціональності міських ґрунтів без порушення існуючої забудови та комунікацій.

Основною метою рекомендованих заходів є максимальне відновлення екологічних функцій ґрунтів на тих ділянках, де це технічно можливо, а також створення оптимальних умов для розвитку міської зеленої інфраструктури, яка відіграє ключову роль у покращенні мікроклімату, очищенні повітря та формуванні комфортного середовища для мешканців.

Оптимізація зелених зон у межах житлової забудови.

У дворах житлових будинків, де збережені незаасфальтовані ділянки, рекомендується проведення комплексу заходів щодо покращення стану ґрунтів. Передусім необхідне обстеження існуючих газонів та зелених насаджень з метою виявлення ділянок з найбільш деградованим ґрунтовим покривом. На таких ділянках доцільно здійснити часткову заміну верхнього шару ґрунту (15-20 см) на родючу ґрунтову суміш, збагачену органічною речовиною. Це дозволить створити сприятливі умови для росту трав'яного покриву та чагарників без необхідності масштабних земляних робіт.

Важливим аспектом є боротьба з надмірним ущільненням ґрунту, що виникає внаслідок пішохідного навантаження та паркування автомобілів на газонах. Для зменшення ущільнення рекомендується встановлення захисних бордюрів, огорож або декоративних елементів, які фізично обмежать доступ до зелених зон. На ділянках з помірним ущільненням ефективним є щорічне аерування ґрунту за допомогою спеціальних інструментів на глибину 10-15 см, що покращує водно-повітряний режим та сприяє розвитку кореневої системи рослин.

Створення та розширення придорожніх зелених смуг.

Вздовж доріг та тротуарів, де під асфальтом або бетонним покриттям залягають техногенно змінені ґрунти, можливості прямого впливу обмежені.

Проте на ділянках, де передбачено наявність придорожніх зелених смуг або клумб, необхідно максимально ефективно використовувати наявний простір. Рекомендується формування приствольних кіл для існуючих дерев діаметром не менше 1,5-2 м, які залишаються незаасфальтованими та заповнюються родючою ґрунтовою сумішшю. Це забезпечить дереву достатній обсяг ґрунту для розвитку кореневої системи та покращить його життєздатність у міських умовах.

У місцях, де технічно можливо, доцільно розширювати існуючі зелені смуги шляхом демонтажу надлишкового твердого покриття. Навіть збільшення площі озеленення на 20-30% у межах дворової території матиме позитивний ефект на мікроклімат та стан довкілля. Новостворені ділянки необхідно заповнювати якісним родючим ґрунтом товщиною не менше 30 см з обов'язковим влаштуванням дренажного шару для запобігання застою води.

Впровадження систем дощового садівництва та управління зливовими водами.

Техногенно змінені ґрунти часто мають порушений водний режим: частина території покрита непроникними покриттями, що унеможливлює природне просочування опадів, тоді як на інших ділянках може спостерігатися як надмірне висихання, так і підтоплення. Для оптимізації водного режиму рекомендується впровадження елементів «зеленої інфраструктури» - дощових садів, біозаглиблень та інфільтраційних зон.

Дощові сади являють собою невеликі заглиблені ділянки, засаджені вологолюбними рослинами, куди спрямовується зливова вода з дахів та твердих покриттів. Такі елементи дозволяють утилізувати частину поверхневого стоку, зменшують навантаження на зливову каналізацію та забезпечують додаткове зволоження зелених зон. Біозаглиблення можна влаштовувати вздовж пішохідних доріжок та на паркувальних майданчиках, де вони виконуватимуть як екологічну, так і естетичну функцію.

Фітомеліорація та фіторемедіація забруднених ділянок.

Враховуючи, що міські ґрунти часто містять підвищені концентрації важких металів, нафтопродуктів та інших забруднювачів, доцільним є використання рослин-фіторемедіантів, здатних накопичувати або розкладати токсичні речовини. На газонах рекомендується висівати злакові трави з потужною кореневою системою, які сприяють структуруванню ґрунту та поглинанню забруднювачів. Серед деревних порід варто віддавати перевагу стійким до міських умов видам, таким як липа дрібнолиста, клен гостролистий, горобина звичайна, які добре витримують забруднення та виконують повітроочисні функції.

На локальних ділянках з високим ступенем забруднення можна застосовувати цілеспрямовану фіторемедіацію шляхом висаджування спеціалізованих рослин-гіперакумуляторів з подальшим їх вилученням разом з накопиченими токсикантами. Такий підхід потребує попереднього агрохімічного обстеження та професійного супроводу, проте може бути ефективним на особливо забруднених ділянках.

Організаційні та освітні заходи.

Успішність будь-яких заходів щодо покращення стану міських ґрунтів залежить від залучення місцевої громади та підтримки мешканців. Рекомендується проведення інформаційних кампаній, спрямованих на підвищення екологічної свідомості населення, організація громадських суботників з благоустрою дворових територій, створення ініціативних груп з озеленення. Важливо залучати мешканців до догляду за зеленими насадженнями, організовувати систему усиновлення дерев та клумб, коли конкретні мешканці або організації беруть на себе відповідальність за догляд за певними ділянками.

При веденні робіт з прокладки муніципальних комунікацій та виконанні ремонтних робіт на ділянках, що не вкриті твердим покриттям (асфальт, бетон тощо) необхідно використовувати селективне зняття ґрунтових шарів з їх наступним розміщенням на поверхню відновленої ділянки.

Доцільно створити склади потенційно родючих та родючих порід для того, щоб оперативно здійснювати рекультивацію порушених земель при будівництві, ремонтних роботах та інших порушеннях структур ґрунтового покриву

Доцільним є також впровадження системи моніторингу стану зелених зон із залученням фахівців з ґрунтознавства, агрономії та ландшафтної архітектури. Регулярні обстеження дозволять своєчасно виявляти проблемні ділянки та коригувати стратегію догляду за міськими зеленими насадженнями.

ВИСНОВКИ

Розглянуто теоретичні основи ґрунтознавства, зокрема сутність ґрунту як природного тіла та об'єкта антропогенної трансформації. Встановлено, що ґрунт є складною природною системою, яка формується під впливом п'яти основних факторів ґрунтоутворення: клімату, рослинності, рельєфу, материнської породи та часу. Проаналізовано особливості мінеральних і органічних ґрунтів, діагностичні горизонти та властивості ґрунтів, що є основою для їх класифікації. Виявлено ключові проблеми ґрунтового покриву у XXI столітті, серед яких найбільш критичними є ерозія, забруднення важкими металами, фізична деградація, втрата гумусу та порушення структури внаслідок урбанізації й індустріалізації. Особливу увагу приділено антропогенній еволюції структури ґрунтового покриву, що проявляється через формування техногенних, антропічних і плаггенових горизонтів, які є індикаторами глибокого втручання людини у природні процеси педогенезу.

Розглянуто концепцію елементарного ґрунтового ареалу (ЕҐА) як найменшої неподільної одиниці ґрунтового покриву, що дозволяє детально аналізувати просторову організацію та взаємозв'язки між компонентами ґрунтових комбінацій. Застосування концепції структури ґрунтового покриву В.М. Фрідланда до аналізу Криворізького регіону продемонструвало високу ефективність цього методологічного підходу для оцінки техногенної трансформації та картографування порушених територій.

Надано комплексну характеристику структури ґрунтового покриву України та особливостей ґрунтів Кривого Рогу. Встановлено, що Україна володіє 27,8 млн га чорноземів, що забезпечує їй четверте місце у світі за абсолютними запасами цього найродючішого типу ґрунтів. Однак значна частина ґрунтового фонду країни перебуває у стані деградації: 43% ріллі зазнає втрати гумусу, 39% - переущільнення, 38% - замулення та кіркоутворення. Криворізький регіон характеризується складною геоморфологічною будовою, високим ступенем техногенної трансформації ландшафту та формуванням специфічних типів ґрунтів. Історія досліджень ґрунтів Криворіжжя тісно пов'язана з розвитком гірничодобувної промисловості, що призвело до створення унікальних техногенних ландшафтів - кар'єрів, відвалів, хвостосховищ, які займають значні площі та повністю змінили первинну структуру ґрунтового покриву.

Представлено результати власних польових досліджень та картографічного аналізу структури ґрунтового покриву м. Кривий Ріг. На

обстеженій території загальною площею 420,58 км² виявлено 13 типів ґрунтових комбінацій, що утворюють 699 контурів.

Найбільшу площу (85,34 км²) займають міські селітебні території з мозаїками екранованих і переущільнених ґрунтів та антропогенно турбованих ґрунтів. Значні площі також зайняті плямистостями орних чорноземів (72,03 км²), плямистостями чорноземів звичайних (61,37 км²) та техногенно трансформованими територіями - відвалами (47,05 км²), кар'єрами (13,96 км²) і промисловими майданчиками (31,58 км²).

Морфологічний аналіз ґрунтових профілів дозволив виділити шість основних типів ґрунтів, які характеризують різний ступінь антропогенної трансформації: екранозем з повністю порушеною структурою під асфальтовим покриттям; техногенно порушений ґрунт з включеннями будівельного сміття; урбанозем із потужним шаром техногенних відкладів; культурозем з частково збереженими ознаками природного ґрунтоутворення; технозем з підстильною червоною породою, утвореною з будівельних матеріалів; порушений ґрунт із контрастним чергуванням техногенних і природних шарів.

Результати дослідження підтверджують високий ступінь техногенної трансформації ґрунтового покриву Кривого Рогу, що проявляється через: порушення природної стратифікації профілю, втрату діагностичних горизонтів, забруднення важкими металами та будівельними матеріалами, зміну фізико-хімічних властивостей, зниження вмісту органічної речовини та біологічної активності.

Розроблено рекомендації щодо поліпшення стану ґрунтів обстеженої території, які включають: оптимізацію зелених зон у межах житлової забудови через часткову заміну верхнього шару ґрунту та аерування; створення та розширення придорожніх зелених смуг; впровадження систем дощового садівництва та управління зливовими водами; фітомеліорацію та фіторемедіацію забруднених ділянок з використанням стійких видів рослин; організаційні та освітні заходи із залученням місцевої громади.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Актуальні та дискусійні проблеми сучасного ґрунтознавства і географії ґрунтів (ЛНУ ім. І. Франка) [Електронний ресурс]. URL: https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/09/aktualni-problemu.ps-2017.pdf.
2. Гавриленко, О.В. Антропогенна трансформація та екологічна деградація ґрунтів урбанізованих територій. Екологічні науки. 2020. С. 44–51.
3. Ґрунтознавство: Підручник / Д. Г. Тихоненко, М. О. Горін та ін. – К.: Вища освіта, 2018. – 580 с.
4. Ґрунтові ресурси України: стан, проблеми і стратегія сталого управління / С. А. Балюк та ін. // Ukrainian Geographical Journal. 2021. № 2. С. 3–11.
5. Денисик Г. І. Антропогенні ландшафти Правобережної України. Монографія. – Вінниця: Арбат, 1998. – 292 с.
6. Добровольский И.А. Эколого-биогеоценологические основы оптимизации техногенных ландшафтов степной зоны Украины путем озеленения и облеснения (на примере Криворожского железорудного бассейна). Автореф. дис. … д. б. н. – Днепропетровск, 1979. – 42 с.
7. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 24 с.
8. ДСТУ 7120:2009. Якість ґрунту. Вміст важких металів. К.: Держспоживстандарт України, 2010. 15 с.
9. Закон України «Про охорону земель» [Електронний ресурс]. Відомості Верховної Ради України. 2003. № 39. Ст. 349.
10. Земля на межі. Вчені НААН — про 4 проблеми якості ґрунтів (AgroPolit.com) [Електронний ресурс]. URL: https://agropolit.com/spetsproekty/358-zemlya-na-meji-vcheni-naan--pro-4-problemi-yakosti-gruntiv.
11. Історія розвитку науки про ґрунти та картографування ґрунтів України за матеріалами фонду Сектору картографічних видань НБУВ [Електронний ресурс]. URL: http://nbuv.gov.ua/node/5792.
12. Інтерактивна карта ґрунтів України (SuperAgronom.com) [Електронний ресурс]. URL: https://superagronom.com/map.
13. Казаков В.Л., Паранько І.С. та ін. Природнича географія Кривбасу. – Кривий Ріг: Мінерал, 2005. – 160 с.
14. Купчик В.І., Свистун В.І. Ґрунти, екологія та здоров'я. – К.: Логос, 2018. – 320 с.
15. Кучеренко А.В., Гуцуляк В.М. Міграція важких металів у ґрунтово-рослинній системі Криворізького басейну. Проблеми екології та охорони природи. 2021. № 1. С. 88–95.

16. Медведєв В. В., Лактонова Т. Г. Ущільнення ґрунтів: причини, наслідки, шляхи запобігання. – Х.: Світ, 2011. – 240 с.
17. Міністерство екології та природних ресурсів України. Методичні рекомендації щодо інвентаризації та паспортизації забруднених ґрунтів. – К., 2020.
18. Назаренко І.І., Польчина С.М. Класифікація антропогенних ґрунтів України. – Київ: Урожай, 2018. – 210 с.
19. Олійник В. С., Приходько В. С. Геохімічні особливості ґрунтів Криворізького залізорудного басейну. Геоекологія. 2019. № 4. С. 55–62.
20. Позняк С.П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів: підручник. У двох частинах. Ч. 2. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 286 с.
21. Постанова КМУ «Про затвердження методики визначення шкоди, заподіяної земельним ресурсам...» (від 08.05.2007 № 707).
22. Роль ґрунтознавства у вирішенні проблеми деградації ґрунтів (EOS Data Analytics) [Електронний ресурс]. URL: https://eos.com/uk/blog/hruntoznavstvo-ta-pomiakshennia-naslidkiv-erozii-hruntu/.
23. Саталкін О. М. Техногенна геохімія Криворіжжя та її вплив на довкілля. Вісник КНУ. 2017. Вип. 45. С. 115–123.
24. Сидоренко, В. І. Ґрунти України: загальна характеристика та їх використання. – Київ: Наукова думка, 2017. – 350 с.
25. Сметана А.Н., Сметана Н.Г. Об элементарных почвенных процессах в черноземах обыкновенных под действием техногенной пыли // Экология и биология почв. Мат-лы Междунар. научной конф. – Ростов н/Д: Изд-во Росиздат, 2005. – С. 278–282.
26. Тихоненко Д. Г., Кузьмич М. В. Екологія ґрунтів: забруднення і деградація. – Харків: Малюга, 2018. – 280 с.
27. Третяк А. М. Екологічна рекультивація порушених земель: навчальний посібник. – Київ: КНТЕУ, 2021. – 210 с.
28. Трофимчук В.М., Осіпов В.В. Оцінка радіо- та геохімічного забруднення ґрунтів Криворізького басейну. Екологічна безпека. 2022. № 3. С. 40–48.
29. Тютюнник Ю. Г., Бочаров Д. В., Чорна А. П. Класифікація техногенних ґрунтів. Ґрунтознавство. 2018. № 2. С. 15–22.
30. Харитонов М.М., Кравченко В.А. Фізичні та хімічні властивості техногенно порушених ґрунтів. – Дніпро: ДНУ, 2019. – 180 с.
31. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Soil Survey Manual. Eighth Edition. U.S. Government Printing Office, 1993.
32. World Reference Base for Soil Resources (WRB). International soil classification system for naming soils and creating legends. Rome: FAO, 2015. 182 p.