

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕКОНОМІКИ ТА МЕНЕДЖМЕНТУ  
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи бакалавра на тему:

**"ВПЛИВ ТЕРИКОНУ ШАХТИ "ЧЕРВОНОГРАДСЬКА"  
НА СТАН ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ"**

**Виконала:** студентка гр. ЕКз-41  
Шеремета Ірина Володимирівна

**Керівник:** асистент кафедри  
екології, к.б.н. Партика Т. В.

**Рецензент:** завідувач відділу  
агрохімії та ґрунтознавства  
Інституту сільського господарства  
Карпатського регіону НААН,  
к.с.-г.н. Оліфір Ю. М.

м. Львів – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Факультет \_\_\_\_\_ Інститут екологічної економіки та менеджменту  
Кафедра \_\_\_\_\_ екології  
Освітньо-кваліфікаційний рівень \_\_\_\_\_ бакалавр  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_ 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

д. с.-г. н., проф. Копій Л. І.

« 18 » \_\_\_\_\_ 04 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

**Шереметі Ірині Володимирівні**

1. Тема роботи: "Вплив терикону шахти "Червоноградська" на стан ґрунтового покриву прилеглих територій"

керівник роботи Партика Тетяна Володимирівна, к. б. н.

затверджені наказом університету від «22» березня 2024 р. С-234

2. Термін подання студентом роботи 15.04.2024

3. Вихідні дані до роботи Матеріали наукових досліджень, довідкова та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки 1. Природно-географічні особливості

Червоноградського гірничо-промислового району. 2. Вплив

вуглевидобутку на навколишнє середовище. 3. Об'єкт та методика

досліджень. 4. Вплив відвалу шахти на ґрунтовий покрив. 5.

Рекультивация, ревіталізація та охорона порушених гірничими роботами

земель. 6. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу: Запаси кам'яного вугілля шахт

Червоноградського гірничо-промислового району, млн т., Геологічний

розріз по лінії свердловин Рава Руська-3 – Великі Мости-30, Ландшафтна

структура Червоноградського гірничо-промислового району, Поширення

процесів підтоплення і вторинного заболочення, Аналіз екологічного

стану природно-господарських систем районів вуглевидобування, Схема

Львівсько-Волинського вугільного басейну, Схема розміщення пробних

ділянок.

6. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

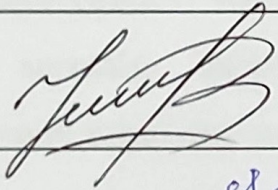
Керівник роботи \_\_\_\_\_

Партика Т. В.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

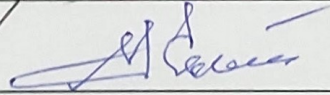
№п/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Написання Вступу та розділу 1. Природно-географічні особливості Червоноградського гірничо-промислового району	22.01.24-14.02.24	Виконано
2	Написання розділу 2. Вплив вуглевидобутку на навколишнє середовище	15.02.24-09.03.24	Виконано
3	Програма і методика робіт.	10.03.24-20.03.24	Виконано
4	Аналіз та опрацювання отриманих результатів	21.03.24-02.04.24	Виконано
5	Написання висновків рекомендацій	03.04.24-09.04.24	Виконано
6	Оформлення дипломної роботи	10.04.24-15.04.24	Виконано

Студент \_\_\_\_\_



Шеремета І. В.

Керівник роботи \_\_\_\_\_



Партика Т. В.

УДК 631.416.8

**Шеремета Ірина Володимирівна. Вплив терикону шахти "Червоноградська" на стан ґрунтового покриву прилеглих територій: кваліфікаційна робота бакалавра / І. В. Шеремета. – Львів: НЛТУ України, кафедра екології, 2024. – 60 с.**

### **АНОТАЦІЯ**

У дипломній роботі дано характеристику впливу вуглевидобування на навколишнє природне середовище. Проаналізовано природно-географічні умови Червоноградського гірничо-промислового району. З метою оцінки впливу породного відвалу шахти «Червоноградська» на ґрунтовий покрив прилеглих територій відібрано та проаналізовано зразки ґрунту. За результатами аналізів дано оцінено наявність впливу відвалу на фізико-хімічні властивості чорнозему типового та вміст в ньому рухомих форм важких металів. Запропоновано можливі способи мінімізації негативного впливу терикону шахти на навколишнє природне середовище.

**Ключові слова:** породний відвал, Червоноградський гірничо-промисловий район, важкі метали, чорнозем типовий.

UDC 631.416.8

**Sheremeta Iryna. The impact of the Chervonohradska mine spoil heap on the state of the soil cover of the adjacent territories: bachelor's thesis / I. Sheremeta – Lviv: NLTU of Ukraine, Department of Ecology, 2024. –60 p.**

### **SUMMARY**

The thesis describes the impact of coal mining on the environment. The natural and geographical conditions of the Chervonohrad mining and industrial district are analysed. To assess the impact of the Chervonohradska mine waste heap on the soil cover of the adjacent territories, soil samples were collected and analysed. Based on the results of the analyses, it was assessed whether the dump has an impact on the physical and chemical properties of typical chernozem and the content of mobile forms of heavy metals in it. Possible ways to minimise the negative impact of the mine spoil heap on the environment are proposed.

**Keywords:** waste heap, Chervonohrad mining and industrial district, heavy metals, typical chernozem.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ I. ПРИРОДНО-ГЕОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ.....	9
1.1 Клімат Червоноградського гірничопромислового район.....	10
1.2 Геологічна будова.....	10
1.3 Геоморфологічна будова.....	13
1.4 Водні ресурси Червоноградського району.....	15
1.5 Ґрунтовий покрив.....	17
1.6 Рослинність Червоноградського гірничопромислового району.....	19
РОЗДІЛ II. ВПЛИВ ВУГЛЕВИДОБУТКУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.....	20
2.1. Вплив вугільної промисловості на атмосферу .....	20
2.2. Вплив шахт на гідросферу.....	21
2.3. Дія копалень на літосферу.....	24
2.4. Вплив гірничо-видобувного комплексу на біосферу.....	26
2.5. Наслідки вуглевидобування для людини.....	29
РОЗДІЛ 3. ОБ’ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	31
3.1. Об’єкт дослідження.....	31
3.2. Методи дослідження.....	35
РОЗДІЛ IV. ВПЛИВ ВІДВАЛУ ШАХТИ НА ҐРУНТОВИЙ ПОКРИВ.....	36
4.1. Фізико-хімічні властивості ґрунтів.....	36
4.2. Розподіл важких металів у ґрунтах.....	39
РОЗДІЛ V. РЕКУЛЬТИВАЦІЯ, РЕВІТАЛІЗАЦІЯ ТА ОХОРОНА ПОРУШЕНИХ ГІРНИЧИМИ РОБОТАМИ ЗЕМЕЛЬ.....	44
5.1. Способи рекультивація відвалів.....	44
5.2. Оптимізація екологічного стану гірничопромислових територій.....	48
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	56

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Видобуток та переробка вугілля призводять до серйозних змін у ландшафті та негативного впливу на навколишнє середовище. Розвиток гірничодобувної галузі в Львівсько-Волинському вугільному басейні протягом багатьох років породив специфічні антропогенні комплекси, так звані гірничопромислові геокомплекси. Ці комплекси, які включають відвали, кар'єри, водосховища та інші структури, стали основними джерелами забруднення навколишнього середовища внаслідок аеральних емісій, скидів шахтних вод та відвалів. Їх використання суттєво впливає на природне середовище через видобуток або зберігання великих масивів гірських порід та зміну хімічного складу гірських порід і ґрунтів. Для поліпшення екологічної безпеки у гірничодобувних комплексах необхідно вжити ряд заходів, включаючи моніторинг довкілля та розробку протоколів екологічної безпеки.

Зважаючи на те, що відходи вугільної промисловості містять небезпечні концентрації хімічних елементів, зокрема важких металів, вони можуть становити серйозну загрозу для навколишнього середовища. Особливо великий вплив на прилеглі території мають породні відвали, які можуть забруднювати ґрунти, поверхневі і підземні води, а також атмосферу через викиди. Додатково, техногенні ґрунти, які утворюються на поверхні відвалів через водну та вітрову ерозію, також є токсичними через вміст важких металів, що перейшли в рухому формі. Розташування породних відвалів поблизу сільськогосподарських угідь потребує системного моніторингу та подальших досліджень, оскільки вони можуть представляти серйозну небезпеку для якості ґрунту та водних ресурсів у регіоні.

**Мета і завдання досліджень.** Мета роботи полягає у визначенні екологічного впливу породного відвалу шахти "Червоноградська" на

навколишнє середовище внаслідок накопичення рухомих форм важких металів у ґрунті.

Для досягнення мети було поставлено наступні завдання:

- проаналізувати природно-географічні умови Червоноградського гірничо-промислового району;
- описати можливі впливи виробничої діяльності вугільних шахт на природне середовище;
- провести відбір зразків ґрунту для визначення фізико-хімічних характеристик та вмісту важких металів;
- здійснити лабораторний аналіз ґрунтів на вміст в них рухомих форм важких металів;
- охарактеризувати вплив відвалу шахти «Червоноградська» на ґрунтовий покрив прилеглої території;
- запропонувати можливі способи мінімізації негативного впливу терикону шахти на навколишнє природне середовище.

**Об'єкт досліджень** – терикон шахти «Червоноградська» та ґрунти навколо нього.

**Предмет досліджень** – вплив терикону на навколишнє природне середовище, зокрема фізико-хімічні властивості ґрунтів та вміст важких металів.

## РОЗДІЛ 1. ПРИРОДНО-ГЕОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧО-ПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

Червоноградський гірничопромисловий район (ЧГПР) є основним та найбільшим на заході України вуглевидобувним комплексом. Видобуток вугілля здійснюють на шахтах ДП «Львіввугілля» та ПАТ копальня «Надія». Серед шахт ЧГПР найбільші балансові запаси вугілля станом на 01.01.2019 р. мають «Степова» – 89,7 млн т, та «Червоноградська» – 63,0 млн т (рис. 1.1).

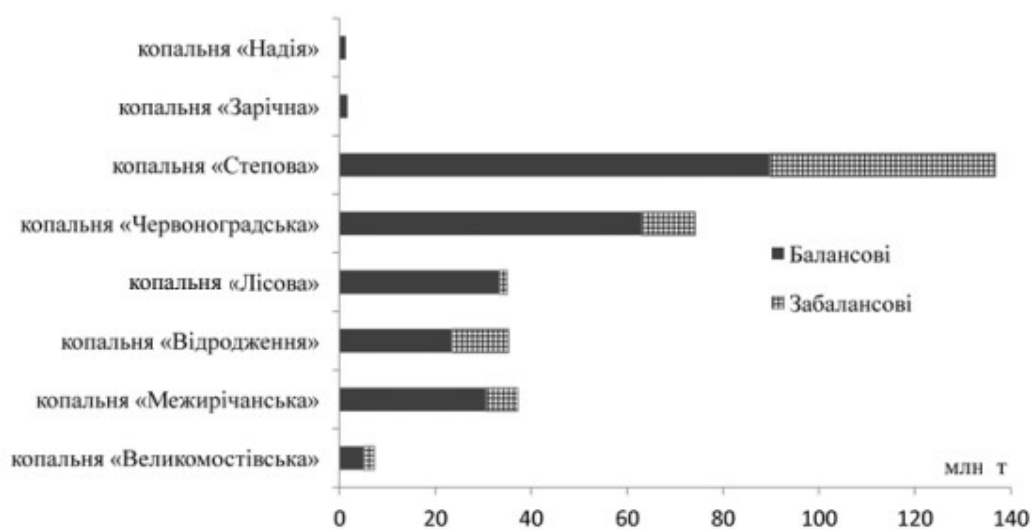


Рис. 1.1. Запаси кам'яного вугілля шахт Червоноградського гірничопромислового району, млн т. (станом на 01.01.2019 р.) [5].

Червоноградський гірничо-промисловий район відноситься до Червоноградського адміністративного району Львівської області і займає площу 180 км<sup>3</sup>. ЧГПР з фізико-географічного погляду північною частиною охоплює південь Волинської височини, а південною – північ Верхньо-Бузької котловини (Мале Полісся). Рельєф тут в більшості рівнинний, з відмітками 200-220 м над рівнем моря [38].

## **1.1. Клімат Червоноградського гірничопромислового району**

Територія Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну лежить в зоні помірно континентального клімату. Він є незмінним на всій протяжності Західного регіону України, середньорічна температура тут коливається в межах від +6,2 до +7,2 °С [28].

Помірно континентальний тип характеризується високою вологістю. Для зими притаманна м'якість з частими відлигами, літо, на противагу, помірно тепле, майже без посух та суховіїв. Так за даними Є. Іванова, І. Ковальчука, О. Терещук лише у 92 % зим за роки з 1950 р. ґрунт промерзав на нетривалий період (105 днів) і тільки до глибини 40 см. Протягом року температура коливається в амплітуді 22-26 °С. Середня температура в липні коливається у межах +18–+19 °С, а в січні середня температура сягає -4– -5 °С [19].

Середньорічна кількість опадів становить 580–660 мм на рік, 85 % яких припадає на теплу частину року (III–XI місяці) і 15 % – на холодний період (XII–II місяці). Крім цього літо характеризується майже вдвічі вищими кількостями опадів, ніж весна та осінь. Саме така кількість опадів однією з причин активній міграції хімічних елементів і сполук в ґрунтах [28]. Сніговий покрив поверхні землі в середньому сягає не більше 5–10 см [19].

## **1.2. Геологічна будова**

Дана територія це частина Волино-Подільської плити Західно-Європейської платформи. Тут, на основі складчастої епігерцинської структури, знаходиться палеомезокайнозойський комплекс відкладів, що складається з теригеннокарбонатних та флювіогляціальних осадів Львівсько-Волинського вугільного басейну [28].

Геологічна будова Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну за своєю структурою є різноманітною. Дану зону розділяють (за

різницею будови тектонічної та геологічної) на дві частини. Південну частину складають області байкальської та каледонської складчастості, разом вони складають молоду Західно-Європейську платформну структуру. Ця структура вздовж р. Західний Буг межує із зануреною південно-західною окраїною давньої Східно-Європейської платформи. Саме ці особливості тектоніки формують риси геологічної будови Червоноградського гірничопромислового району [26].

Розглянемо геоструктуру басейну – це Львівська палеозойська западина (Львівська мульда). Вона з'явилася на сходженні платформних структур. Пологі складки формують відклади Львівської мульди, у синклінальних частинах знаходяться родовища вугілля басейну. Гірничопромисловий район Червонограда представлений інтенсивнішою складчастістю і тектонічними порушеннями гірських порід за гірничопромисловий район Нововолинська [19].

Кристалічну основу платформ формують магматичні та метаморфічні породи, вона має нахил з північного сходу на південний захід і знаходиться на глибині від 3000 до 8000 метрів (рис. 1.2). Протерозойські, палеозойські, мезозойські і кайнозойські осадові породи масивними шарами розташовані на основі платформи. Протерозой (до 2000 м) складається вулканогенними базальтами і туфами, пісками осадовими, алевролітами та аргілітами. Палеозойська складова відкладів (до 4000 м) складається з пісковиків та алевролітів кембрію, аргілітів і глинистих вапняків силуру, континентальних і морських пісковиків та карбонатних порід девону, аргілітів і вапняків із численними прошарками кам'яного вугілля карбону. Мезозойська товща відкладів включає юрські пісковики, глини, вапняки і доломіти з невеликими прошарками бурого вугілля. Карбонові та юрські відклади повністю накріті великим (400-1000 м) шаром верхньокрейдяних морських товщ – крейдою і мергелем [26].

Вугленосними є відкладення візейського, серпухівського та башкирського шарів карбону. У них знайшли до 70-90 вугільних шарів і прошарків різної потужності. Велика кількість вугільних товщ карбону, проте, варто зауважити, що промислове значення мають тільки сім із усіх, розділені шарами аргілітів, алевролітів, сланців, пісковиків і вапняків. Щодо шахт гірничо-промислового району Червонограда, розробляли до трьох-чотирьох вугільних пластів [26].

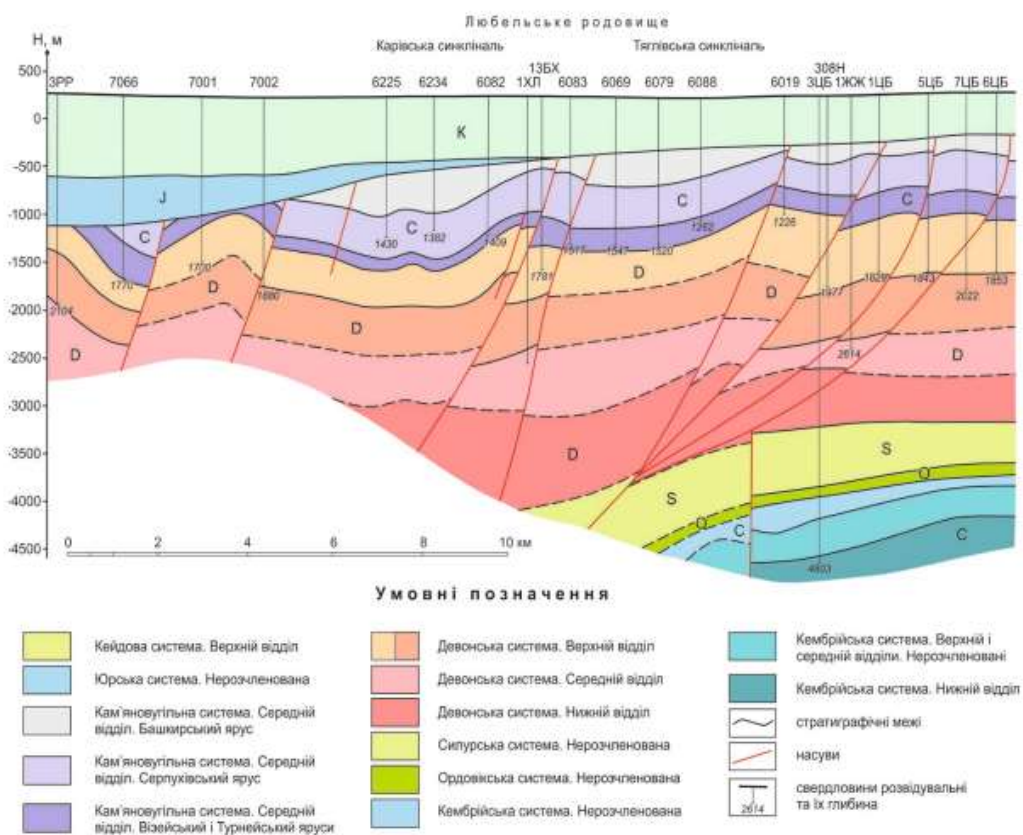


Рис. 1.2. Геологічний розріз по лінії свердловин Рава Руська-3 – Великі Мости-30 [26].

Якщо замислитись над складністю геологічної будови Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну то численні науково-дослідні напрацювання пояснюють дану складність дією давніх докембрійських та пізніх епейрогенічних процесів. У докембрії через сильні тектонічні рухи основу плити поділено кілька великих скидів, що створили горсти і грабени,

амплітуда висоти яких сягає від 1000 до 2000 м. Ці окремі блоки платформ східчасто опускаються у сторону Карпат. Радеківський, Нововолинський, Сокальський, Белз-Милятинський, Жовківський, Рава-Руський та інші – великі тектонічні розломи, які складають усю площу басейну. Вони зазвичай проходять з північного заходу на південний схід, а ще й численні скиди і насуви. Екзогенні процеси, а саме їх активність залежить від складності геологічної і тектонічної будови та є основною в можливості землетрусів. Задokumentовано, що біля с. Сілець Червоноградського району, у межах Червоноградського гірничо-промислового району епіцентр землетрусу сила якого шість балів [19].

### **1.3. Геоморфологічна будова**

Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн характеризується різною будовою. Основа рельєфу в більшості є рівнинна, проте наявне також коливання відносних висот, переважно слабо врізані долини річок.

Якщо розглядати розташування – басейн розміщений у західній частині Волино-Подільської височини. Південна частина басейну знаходиться у межах Малого Полісся, а північна – Волинської та Люблінської височин.

Гірничо-промисловий район Червонограда більшою своєю частиною розташований на Малополіській рівнині – алювіально-воднольодовиковій.

Мале Полісся характеризується наявністю задрових рівнин із заболоченими долинами широких річок, проте також трапляються піщані дюни, денудаційні та антропогенні форми рельєфу (рис. 1.3).

Якщо більш детально проаналізувати причини утворення даних рельєфів Червоноградського гірничо-промислового району, першою можна виокремити наявність матеріалу морени Окського зледеніння, дію текучих вод під час того як він танув та дію вітрів до того як місцевість вкрилася рослинним покривом.

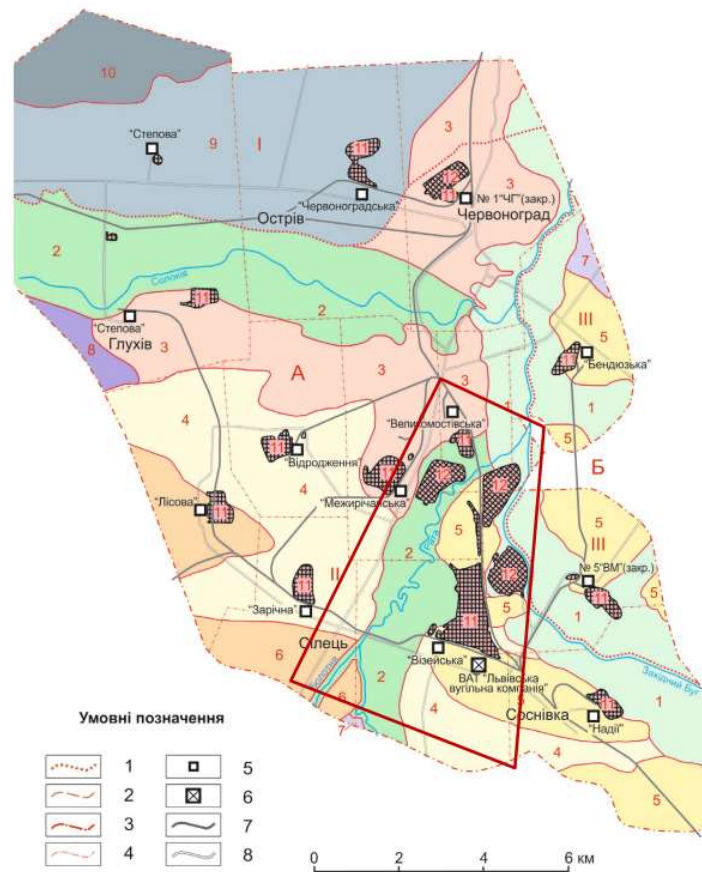


Рис. 1.3. Ландшафтна структура Червоноградського гірничо-промислового району [20].

Уся площа покрита в більшості четвертинними відкладами, а частини, які ними не покриті там на ці ділянки виходять товщі крейди. Вони складаються водно-льодовиковими утвореннями, сучасним і давнім алювієм (незцементованих відкладів постійних водних потоків (струмків, річок), що складаються з уламків різного ступеня обкатаності й розмірів (глина, пісок, гравій, галька, валуни, суглинок), рідше елювіальними (продукти вивітрювання вихідних гірських порід, які залягають на місці їх утворення), делювіальні відклади (пухкі продукти вивітрювання різних порід, що перевідкладені водою) та еолові відклади (субаеральні відклади, створюються дією вітру. Варто зауважити, що потужність четвертинних відкладів незначна та коливається від 0 до 35 м. Рельєфоутворюючі процеси

найбільш притаманні даній місцевості це просадочні, еолові, ерозійні, суфозійні та техногенні [19].

#### **1.4. Водні ресурси Червоноградського району**

У гідрогеологічному аспекті дана територія району належить до складу Волино-Подільського артезіанського басейну північно-західної його частини. В цій частині виділяють наступні водоносні горизонти – четвертинний, крейдові (сеноманський і сенонський) і кам'яновугільний. Є ще один додатковий техногенний водоносний горизонт створений через добування кам'яного вугілля. Водоносні горизонти четвертинних відкладів не є повністю суцільно поширені.

Підземні води басейну є поширені в усіх стратиграфічних відкладах, але найбільше практичне значення мають водоносні горизонти у четвертинних відкладах [20, 28].

Глибина їх залягання різна – 0,5-15 м і може сягати до 35 метрів, можливо в окремих ділянках і навіть більше. Інфільтрація атмосферних опадів є основним джерелом утримання сталих запасів та їх поповнення.

Дебіти криниць не є великі, але саме показник неглибокого залягання водних горизонтів, та якісні показники води, а саме слабка мінералізація та задовільні смакові якості води є основою, яка дозволяє користуватись населенню нею для побутових потреб [19].

Західний Буг – головна річка регіону. Вона пересікає басейн з півдня на північ. Найбільші ліві допливи річки Буг – Солокія, Рата. Це типові рівнинні з повільною течією. Для рік Студянка та Білостік притаманне субширотне простягання долин. Широкі долини рік заболочені, виповнені торфовищами та піщаними відкладами. У долині Західного Бугу використовується Соснівський і Межирічанський водозабори. Під час сезонних паводків вода з річки затоплює долину і доходить до першого

полю санітарної охорони. 5-20 м<sup>3</sup>/с – середньорічна витрата води головних річок.

Головний Європейський вододіл проходить по межиріччю між річками Західний Буг і Стир, саме він поділяє регіон на басейни Балтійського і Чорного морів. Основна риса річкової мережі, що вона складається зі слабо сформованими долинами та річищами, які врізані на глибину 5-10 м, а також сама мережа розвинута помірно (0,25-0,5 км/км<sup>2</sup>). Течія повільна і це спричинено незначними похилами річок (0,3-0,8 м/км). Живлення річок в більшості снігове та підземне. Загалом його визначають як змішане, проте за рік є більша частина стоку 60-70 % припадає на весну. А щодо оборотної дії витрати води, то в більшості максимальні показники зафіксовані під час повені весною. Вони можуть збільшуватися за інтенсивних дощових паводків. На початку грудня і до середини-кінця березня наявний постійний льодостав [19].

Населені пункти знаходяться в долинах річок, здебільшого в долині Західного Бугу та пригірлових частинах Солокії та Рати. З огляду на розташування, воду цих рік використовують в господарстві. Велика частка питної води прибуває у криниці, розташовані у алювіальних відкладах рік. У водах таких горизонтів наявний гідравлічний зв'язок з річковими водами, як висновок вони є незахищеними від забруднень, які потрапляють у поверхневі води.

У межах вод цієї території є безліч небезпечних надходжень техногенного впливу. Значну роль відіграють природні відвали вугільних шахт. Більшість природних відвалів знаходяться близько русел рік або ж на терасах рік, що збільшує ризики забруднення поверхневих та підземних вод території досліджень.

Варто надати важливого значення управлінню якістю вод у річках поблизу даної ділянки і їх завдання забезпечити екологічну безпеку та

звести до мінімуму ризиків створення надзвичайних ситуацій у Червоноградському районі Львівської області [28].

### **1.5. Ґрунтовий покрив**

В зв'язку з тим, що на території ЧГПР переважає вологий помірно-континентальний клімат з неоднорідністю ґрунтоутворюючих порід, ґрунтовий покрив є також неоднорідним та строкатим. Ґрунтоутворюючі породи території – це четвертинні воднольодовикові, еолові та делювіальні, а також алювіальні відклади, а ще лесоподібні суглинки і мергелі.

Якщо детальніше про структуру даного ґрунтового покриву, у її більшості це дерново-підзолисті, темно-сірі і сірі опідзолені, дерново-карбонатні і лучні ґрунти, чорноземи типові та опідзолені. Також тут наявні лучно-болотні, болотні ґрунти та дернові глейові й оглеєні [8, 31].

Чорноземи та сірі опідзолені ґрунти зазвичай розміщені на підвищених ділянках рельєфу. Оскільки вони найбільш родючі, їх зазвичай використовують під рілля.

На щільних карбонатних породах утворилися чорноземи малогумусні і чорноземно-лучні ґрунти. Вони утворилися на продуктах вивітрювання крейдянних порід і багаті на Кальцій. Кількість гумусу в них відносно невелика – 3,5-4,2 % [31].

Дерново-підзолисті ґрунти утворилися внаслідок дернового та підзолистого процесів під впливом соснових, дубово-соснових та інших мішаних лісів. Їх розділяють на дерново-слабопідзолисті та дерново-середньопідзолисті за ступенем опідзолення. Дерново-підзолисті ґрунти, які зустрічаються на досліджуваній території, мають низьку родючість, переважно утворюючись на пісках та глинисто-піщаних породах. Ці ґрунти мають легкий гранулометричний склад та незадовільні фізичні властивості. Ці ґрунти мають високу водопроникність через наявність піску у ґрунтовій породі, що часто призводить до нестачі вологи для рослин навіть у зоні

високих опадів, коли підземні води знаходяться на глибині понад 2,5 метра. У випадку, коли підземні води знаходяться на невеликій глибині (до 1 метра), рослини зазнають надмірного зволоження. Великі ділянки таких ґрунтів страждають від вітрової ерозії [8].

Дерново-приховано підзолисті ґрунти менш розповсюджені і розташовані на вершинах добре дренованих піщаних горбів, гряд, дюн, покритих сухими лісами.

Лучні ґрунти утворилися внаслідок дернового процесу під впливом лучної рослинності в гігроморфних умовах на водно-льодовикових відкладах. Вони зустрічаються на знижених ділянках рівнин, річкових терасах, заплавах та периферіях боліт. Також на цій території присутні лучні карбонатні ґрунти, де можна зустріти як вилуговані, так і опідзолені відміни. Області з чорноземно-лучними ґрунтами характеризуються більш розвинутими гумусовими та перехідними горизонтами порівняно з лучними ґрунтами. Дернові ґрунти, які лежать у широких зниженнях серед вододілів, на периферіях боліт та річкових заплавах, часто поєднуються з лучно-болотними і болотними ґрунтами [8].

Дерново-карбонатні ґрунти сформувались під впливом дернового процесу на елювії верхньокрейдових відкладів. Вони розташовані на рівнинно-горбкуватому рельєфі денудаційних рівнин. У знижених ділянках рельєфу, де відбулося видалення гірських порід, утворилися чорноземи карбонатні. На понижених слабостічних ділянках та в річкових заплавах зустрічаються лучно-болотні і болотні ґрунти.

Болотні ґрунти утворилися під болотяною рослинністю в умовах надмірного зволоження. Верхній шар болотних ґрунтів містить велику кількість органічних речовин (5–3 %). Товщина шару торфу може становити 0,5–5 м і більше.

Ґрунти цієї місцевості утворюють різноманітні структурні комплекси, що складаються з різних типів ґрунтів, таких як дерново-підзолисті,

дерново-карбонатні, дернові, лучні, болотні та інші. Більшість з них, особливо після проведення осушувальної меліорації, досить придатні для ефективного використання у сільськогосподарському виробництві [31].

#### **1.6. Рослинність Червоноградського гірничопромислового району**

Рослинний покрив ЧГПР різноманітний. Дані території характеризуються як лісостеповою, так і лісовою рослинністю. Її розвитку сприяють кліматичні і ґрунтові умови, а також характер рельєфу [31].

Мезофільна рослинність у долинах річок в межах басейну різноманітна, на неї вплинув тип живлення та рельєф. На цій території часто наявні ситникові та осокові трави, переважають в своїй більшості різнотравно-бобово-злакові травостої. Рослинність заплавних і балкових лук займає проміжне положення між болотними і низинними луками. Злакові і різнотрав'я найбільш поширені на суходільних луках.

Деревна рослинність басейну складається з масивів хвойних, широколистих і мішаних лісів. Ліси тут розміщені нерівномірно, середній показник лісистості у межах Червоноградського гірничо-промислового регіону складає 20-25 %. Лісистість Малого Полісся в основному забезпечується хвойно-листяними насадженнями, основну масу, яких складають дуб, сосна, граб. Також поширені осика, вільха та береза. Соснові ліси представлені насадженнями як природного, так і штучного походження. Грабово-дубові ліси ростуть на опідзолених чорноземах, соснові – на піщаних дюнах і торфовищах. У грабово-дубових лісах підлісок багатий на ліщину, крушину, трав'яний покрив досить строкатий. Тут поряд з папороттю і хвощами багато квітів, серед яких – підсніжники, конвалії та ін. У хвойних лісах підлісок небагатий – це переважно мохи і лишайники (хвойний мох, оленячий лишайник, чебрець). Чагарників тут мало, а ті що є – розташовані поблизу головних річок [19].

## РОЗДІЛ II

### ВПЛИВ ВУГЛЕВИДОБУТКУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

#### 2.1. Вплив вугільної промисловості на атмосферу

Виробнича діяльність гірничо-рудних комбінатів є одним із головних джерел забруднення атмосфери. В основному, це відбувається через викиди газів та пилу, які утворюються в результаті вибухів, а також природного газового виділення у копальнях і шахтах. Особливо велике значення має діяльність на вугільних родовищах, де у атмосферу надходить значна кількість метану – понад 90 мільйонів тонн щорічно [4, 7, 10].

Технологічні процеси, пов'язані з вуглевидобутком, збагаченням та використанням вугілля, насправді супроводжуються значним утворенням і виділенням пилу і газів. Це призводить до не лише локального забруднення атмосфери, а й глобальних негативних наслідків, таких як парниковий ефект, порушення озонового шару, окислення атмосферних опадів та інших екологічних проблем.

Підприємства вугільної промисловості викидають у повітря значну кількість різних газів і пилу, зокрема парникових газів (оксидів вуглецю, метану) і кислотних газів (оксидів сірки і азоту). Основними джерелами такого забруднення є шахти, збагачувальні фабрики, котельні, теплові електростанції, а також горіння вугільних відвалів та інші процеси [6].

Забруднення атмосфери через вугільні відвали та викиди метану має серйозний екологічний вплив.

Викиди відвалів, особливо тих, які горять, містять оксид вуглецю та азоту, сірководню, сірчаний ангідрид, а також токсичні солі, вуглефіковані та піритизовані утворення. Попіл, що становить 30 % викидів, містить близько 60 мікроелементів, які можуть шкодити здоров'ю та навколишньому середовищу.

Метан, який виділяється з вугільних родовищ, також має негативний вплив на атмосферу через збільшення парникового ефекту. Його вплив полягає у зміні кліматичних показників, що може призвести до глобального потепління. Щорічний викид метану в атмосферу на 1 квадратний кілометр площі становить 1,98-2,2 тонн у Львівській області та 540-640 тонн у Червонограді.

Розробка методів ліквідації метанових сумішей залишається актуальною для зменшення негативного впливу на довкілля [5].

## **2.2. Вплив шахт на гідросферу**

Негативний вплив гірничої діяльності на гідросферу проявляється через забруднення поверхневих і підземних водотоків.

Робота шахт призводить до дренажу водонесних шарів покривних і кам'яновугільних відкладів, що внаслідок приводить до зниження рівня підземних вод. У Червоноградському гірничо-промисловому регіоні це призвело до утворення великих депресійних лійок, площа яких досягає 25-30 км<sup>2</sup>, а глибина може становити 200-300 метрів (рис. 2.1).

Для консервації нерентабельних шахт застосовується "мокра" консервація, що передбачає затоплення відпрацьованих просторів та відновлення рівнів підземних вод. Однак ця діяльність призводить до забруднення ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод, а також місцевих джерел водопостачання, таких як колодязі та свердловини. Внаслідок цього вода у шахтних водах має високу мінералізацію і забруднена різноманітними хімічними сполуками та органічними речовинами [9].

Заповнення підземних порожнеч шахт високомінералізованими водами та утворення кам'яновугільних техногенних водонесних горизонтів може мати серйозний вплив на гідроекологічний режим околиць. Після того, як шахтні порожнини будуть повністю затоплені, підземні води можуть досягти земної поверхні і впливати на гідрологічні процеси.

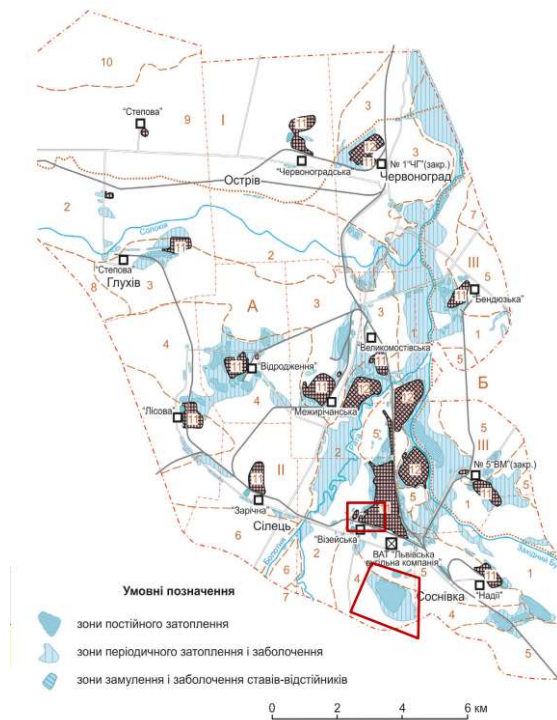


Рис. 2.1. Поширення процесів підтоплення і вторинного заболочення

Деформаційні процеси, які простяглися на значну площу, до 125 квадратних кілометрів, можуть призвести до просідань земної поверхні. Це відображається на гідроекологічному режимі даної ділянки, яка розташована в заплавах річки Західний Буг та її допливах, таких як Солокія, Рата та Студянка. Глибина просідань може досягати від 0,6 до 3,0 метрів, а в кінці видобування навіть до 4,2 метрів [19, 20].

Гідроекологічні наслідки в межах досліджуваного району можуть відрізнятися в залежності від різних факторів, таких як природні умови території та її ландшафтна структура. Ці фактори можуть включати геологічну будову, гідрогеологічні умови, кліматичні особливості, рельєф, водні ресурси, рослинність та інші [9].

Хімічний склад підземних вод має негативні показникові зміни через дестабілізацію гідродинамічних умов водоносних горизонтів, основною причиною яких є деформація товщі гірських порід і земної поверхні. Ці зміни несуть за собою збільшення рівня ґрунтових вод і підземних вод

сенонського горизонту також за межами депресійної лійки водозаборів .

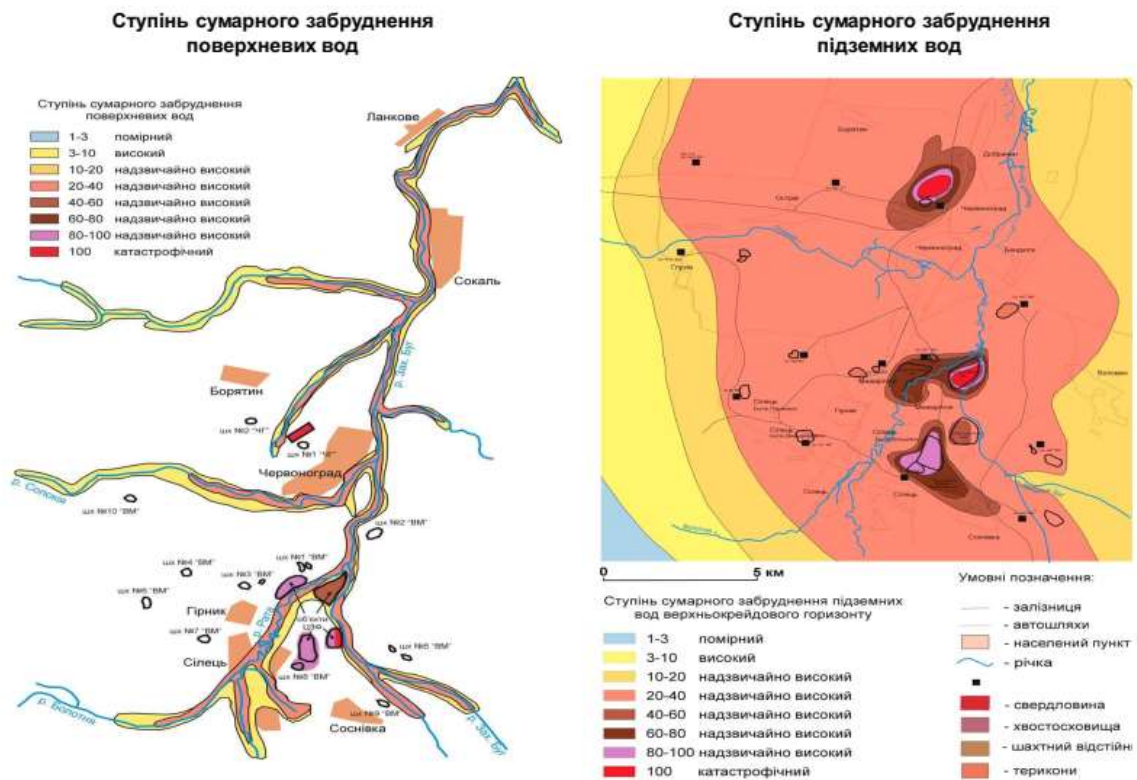


Рис. 2.2. Аналіз екологічного стану природно-господарських систем районів вуглевидобування [19, 20].

Механізм поширення забруднення від відвалу до річки може бути складним і включати кілька етапів. Забруднюючі речовини, такі як сульфати, алюміній, залізо та важкі метали, можуть переходити у твердий стан через дію процесів осадження та сорбції. Після цього вони можуть бути переміщені механічно (рис. 2.2).

Продукти, які потрапляють у ріку у твердому стані, можуть досить часто переходити у рідкий стан через десорбцію (вивільнення забруднюючих речовин з твердої фази в розчин) та хімічні перетворення. Після цього вони можуть бути перенесені течією ріки та осісти на дно, або знову перенесені механічно. Цей процес може статися декілька разів, що спричиняє збільшення зони забруднення вниз по течії річки [38].

Стан водного середовища залежить від показників забруднення ґрунтового покриву і атмосферного повітря [38].

Для того, щоб звести до мінімуму виникнення надзвичайної ситуації та зменшити рівень екологічної небезпеки для території Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну доведено доречність створення штучних геохімічних бар'єрів на шляху міграції забруднюючих речовин з териконів вугільних шахт до водойм [20].

### **2.3. Дія копалень на літосферу**

Вуглевидобуток у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні веде за собою навантаження на поверхню вагомих за площею териконів гірських порід, які мають в собі небезпечні важкі метали у значних кількостях [38].

Негативні екологічні явища, які впливають на літосферу в зв'язку з роботою шахт – це деформація земної поверхні, підтоплення та вторинне заболочення території.

У Червоноградському гірничо-промисловому регіоні досліджено руйнування покривних шарів гірських порід у межах гірничих відвалів. Через це повністю змінилися природні геодинамічні умови. Руйнування шару гірських порід і, як наслідок, просідання земної поверхні є у діапазоні 30-70 % від потужності відпрацьованих вугільних пластів. На рівень руйнування також впливають геологічні та технологічні чинники [9].

Зміни в геологічному середовищі Червоноградського гірничо-промислового регіону внаслідок вуглевидобутку призводять до недосконалості залягання гірських порід та утворення різних порожнин. Обводнення вуглепокривного масиву призводить до активного зрушення гірських порід, оскільки вода може викликати руйнування та підмивати породи. Внаслідок зміни міцності порід відбувається Затоплення товщі геологічних відкладень. Далі через втрату рівноваги відбувається початок

деформаційних зрушень, що спричиняє можливе пошкодження та підтоплення будівель, комунікацій, доріг, сільськогосподарських угідь, а також вторинне заболочування перезволожених земель [9].

У результаті цих процесів відбувається систематична трансформація природного середовища, що може мати серйозні негативні наслідки для людей та екосистем в регіоні.

Осідання твердих частинок викидів (пил, попіл, сажа) є основною складовою забруднення ґрунтового покриву.

Внаслідок деформаційних процесів у басейні сформувалися зони вторинного заболочення та підтоплення. На цих територіях також виявлені антропогенні субаквальні системи, які мають круглу або овальну форму з пониженням в діапазоні від 100 до 150 м, повністю наповнені водою. Деякі з них мають розміри від 500 до 700 м. Процеси підтоплення та просідання розповсюджені на рівнинних поверхнях заплав, надзаплавних терас і слабодренованих територіях озерно-льодовикових межиріч. Субаквальні комплекси сформувалися як на заболочених місцях минулих урочищ, так і на територіях, де раніше знаходилися ліси, рілля та луки. Наявність підтоплених ділянок зафіксована в урочищах міст Червоноград, Нововолинськ, Соснівка, селища Гірник, Жовтневе, сіл Сілець, Межиріччя, Гряди та Бендюга [20].

Активно прогресують морфодинамічні процеси у ділянках відвалів і хвостосховищ: лінійна ерозія, опливання, осипища та зсуви. Навіть після закриття шахт ґрунт тривалий час буде залишатись вторинним джерелом забруднення, адже він має здатність надовго акумулювати в собі забруднюючі речовини.

Терикони складаються з твердої відвальної породи, що утворилася внаслідок вуглезбагачення [21]. Негативною особливістю відвалів є їхня можливість samozапалюватись. Через це створюються зміни фазового

складу гірських порід цих відвалів. Матеріали температурних зйомок вказують на факти самонагріву та самозаймання шахтної породи [5].

Гірничопромислові комплекси, насамперед вугільнопромислові підприємства складають зону підвищеної екологічної небезпеки, тому що тут місцево є забруднені компоненти наземних екосистем через багаторічне функціонування підприємств гірничодобувної та гірничопереробної промисловості. Важливе екологічне значення має форми знаходження важких металів у відвальних породах терикона Центральної збагачувальної фабрики „Червоноградська” Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну, який є найбільшим у регіоні та його вплив на стан навколишнього середовища.

#### **2.4. Вплив гірничо-видобувного комплексу на біосферу**

Шахтні відвали утворюють нові типи ландшафтів, які суттєво відрізняються від зональних ландшафтів за морфологічними та фітоценотичними умовами. Ці типи ландшафтів називають девастованими або зруйнованими. Для екотопів териконів характерна особлива специфіка, яка виявляється у складі висипних порід, мікрокліматичних умовах тощо.

Мезорельєф відвалів характеризується переважанням крутих схилів, що призводить до зменшення кількості опадів на одиницю площі. Верхні частини відвалів піддаються впливу високих швидкостей вітру та різким змінам гідротермічного режиму. У нижній частині схилів відвалів можуть утворюватися місцезростання з підвищеним локальним зволоженням в місцях неупорядкованих виїмок породи та інші фітосистеми [18].

Роботи У. Б. Башуцької та О. Т. Кузяріна досліджували флору шахтних відвалів у Червоноградському гірничопромисловому районі [3, 22].

На породних відвалах спостерігається стрімка зміна лісорослинних умов, що призводить до нерівномірного розвитку трав'яного, чагарникового

і деревного ярусів фітоценозів. Початкова деревна стадія розвитку рослинності на нерекультивованих відвалах відображається у всіх екотопах, характеризуючись окисненням породи протягом десятирічного періоду [2].

Самозаростання деревними породами-піонерами, такими як *Betula pendula* Roth. і *Populus tremula* L., стає основою цього процесу. Початково взаємодія між окремими деревцями є слабкою, а рослини та невеликі куртинки розташовуються переважно в мікропониженнях та уздовж жолобів лінійної ерозії, часто межуючи з незаселеними ділянками. Однак розміщення рослин може змінюватися через високу рухомість субстрату. З часом, наближаючись до кінця цієї стадії, ці процеси сповільнюються, і деревні породи-піонери починають активно впливати на середовище[3].

Фітоклімат штучних насаджень на рекультивованих відвалах відрізняється від показників незалісених ділянок, що призводить до складання окремих сукцесійних рядів. На незалісених терасах рекультивованих відвалів спостерігається підвищення ролі лігнозних біоморф (дерев, чагарників) у спектрі життєвих форм.

Першими на терасах поселяються окремі деревні рослини, що починають формувати куртини. Зокрема, швидкоростуча *Robinia pseudoacacia* L. розповсюджується на тераси з залісених схилів завдяки перенесенню її насіння. Це дозволяє *Robinia pseudoacacia* швидше формувати угруповання порівняно з іншими деревними породами, які рідше поселяються на терасах. В місцях переходу залісненого схилу на терасу з'являються декілька видів верб, які володіють підвищеною вологістю і кущаться в умовах сильного затінення. Їхня присутність сприяє проміжній тимчасовій ланці в процесі самозаростання терас, але вони також впливають на фітоценоз.

Чагарники, такі як *Lonicera xylosteum* L., *Frangula alnus* Mill., *Rubus caesius* L., *R. nessensis* W. Hall, *R. plicatus* Weihe et Nees, також починають переселятися на тераси з заліснених схилів, з домінантним *Rubus caesius* [3].

На заліснених схилах рекультивованих відвалів зберігається деревний ярус *Robinia pseudoacacia*, але до нього домішуються місцеві деревні види, такі як *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Populus nigra* L. та інші. На поверхні ґрунтосумішей утворюється двосантиметровий шар підстилки. Спостерігається експансія чагарникових видів, більшість з яких представлена поодинокими рослинами, за винятком *Rubus caesius*, який утворює численні фітокомбінації з *R. nessensis* і *R. plicatus*. Висока ажурність робінієвого деревостану сприяє хорошему розвитку нижніх ярусів, особливо трав'янистого, що припиняє рух субстрату та активізує педогенез [3].

У завершальній серійній стадії, що стала основою для виділення прогновної асоціації сукцесійного ряду нерекультивованого відвалів, сукцесійні процеси завершуються формуванням зональної рослинності, якою для регіону досліджень є сосново-дубові ліси (Pineto-Quercetum), головною особливістю яких є їх едафічна зумовленість. На рекультивованих відвалах спостерігається домішування до екзотів місцевих деревних видів, зокрема аборигенних деревних порід *Pinus sylvestris* і *Quercus robur*, які є символами Полісся [3, 22].

На сьогоднішній день на шахтних відвалах можна знайти 56 видів мохоподібних, що належать до двох відділів: Marchantiophyta (4 родини, 4 роди, 5 видів) та Bryophyta (27 родин, 32 роди, 51 вид). Незважаючи на збільшення підросту деревних видів, таких як *Betula pendula* Roth., *Pinus sylvestris* L., *Populus tremula* L., *P. nigra* L., *Robinia pseudoacacia* L., провідна роль у заростанні вугільних відвалів належить верхоплідним видам мохів, зокрема *C. purpureus*, *Polytrichum piliferum*, *P. juniperinum*, *Bryum argenteum*. На самозарослих шахтних відвалах Червоноградського

гірничопромислового району в умовах оптимального зволоження найчастіше трапляються представники родини Brachytheciaceae [24].

## **2.5. Наслідки вуглевидобування для людини**

Погіршення геоecологічного стану у межах шахтних полів сприяє екологічній напрузі, яка має наслідком підтоплення населених пунктів та угідь. Це призводить до руйнування будівель і комунікацій, а також високих рівнів забруднення всіх компонентів довкілля. Як результат, якість води (поверхневої, ґрунтової і підземної) значно погіршується. Науково доведено, що на цих територіях спостерігається збільшення захворювань серед людей [20].

Робота вуглевидобувних підприємств на Львівсько-Волинському вугільному басейні справді призводить до серйозного забруднення всіх компонентів навколишнього середовища та підвищує ризики виникнення надзвичайних ситуацій. Люди, що проживають в цій місцевості, вже відчувають наслідки таких ситуацій, наприклад, масовий флюороз у дітей. Це захворювання спричинене надмірним вмістом фтору в організмі і проявляється у вигляді плям та дефектів на емалі зубів. Це стає можливим через використання питної води з джерел, де вміст фтору перевищує норму (0,8-1,2 мг/л) [38].

Наслідки вуглевидобувних операцій у Львівсько-Волинському вугільному басейні виявляються у затопленні підвалів, погребів та будівель, втраті стійкості фундаментів, деформації та корозії комунікацій. Забруднення ґрунтів через діяльність шахт призводить до вирощування продукції, яка не відповідає нормам екологічної безпеки. Терикони, розташовані на великих площах, впливають на ґрунти різноманітними токсичними елементами, що загрожує якості ґрунтів та продовольчій безпеці.

Населення міста Червонограда та сіл, розташованих на низинних територіях, річкових долинах та терасах, регулярно стикається з техногенними паводками та повенями. Це призводить до затоплення та підтоплення не лише житлових районів, але і сільськогосподарських земель, будівель та інфраструктури.

Природно-антропогенні процеси, такі як просідання, спричинені діяльністю вугільної промисловості, призводять до безперервного осідання ґрунтів через навантаження териконів та інших шахтних споруд. Щоб забезпечити максимально екологічно функціональну роботу природно-господарських систем, необхідно проводити постійний моніторинг геоекологічного стану навколишнього середовища [20].

Потрібно враховувати наслідки впливу шахт на навколишнє середовище виконувати заходи для максимального покращення зважаючи на ризики, які визначають після екологічної оцінки території.

## РОЗДІЛ III. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Об'єкт дослідження

Шахта «Червоноградська» ДП «Львіввугілля» розташована на території Червоноградського району Львівської області (рис. 3.1). Її ввели в експлуатацію у 1971 року, а почали видобувати вугілля з 1972 року. Середня зольність видобутого на шахтах ДП «Львіввугілля» вугілля становила 39,4 %, в той час як вугілля шахти «Червоноградська» має зольність понад 45 % [5].

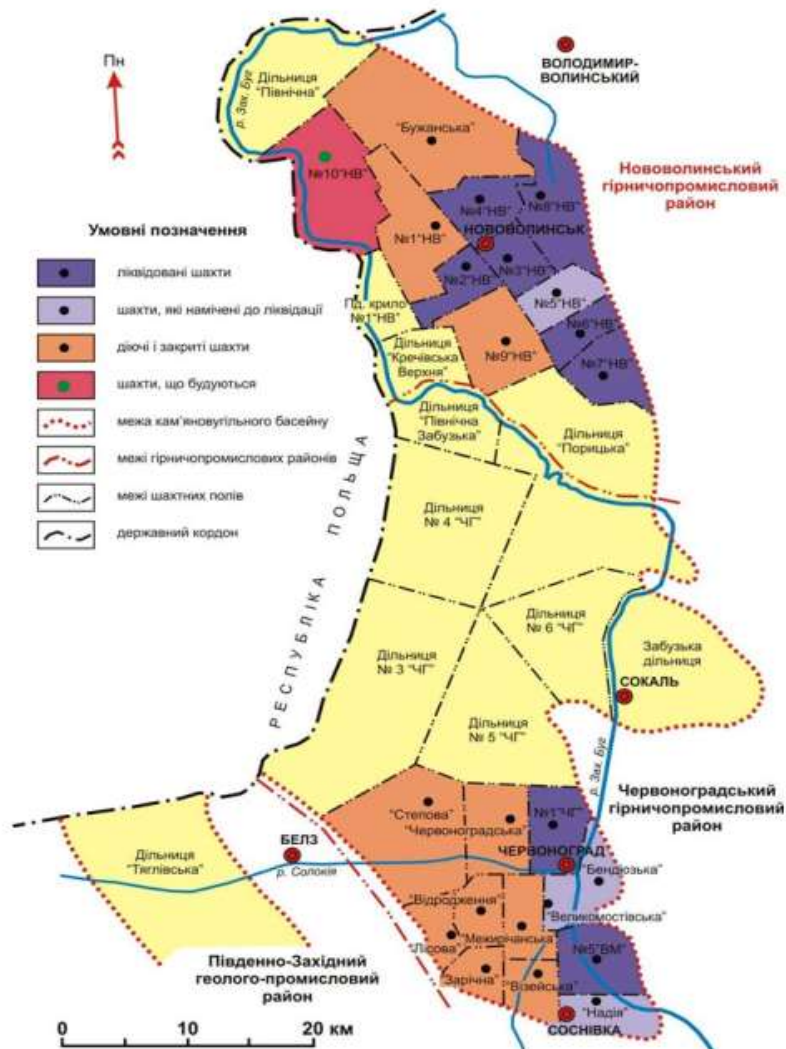


Рис. 3.1. Схема Львівсько-Волинського вугільного басейну.

Терикон шахти "Червоноградська" – це діючий плоский відвал породи, розташований на території, що прилягає до промислового майданчика шахти. Він розташований в західному, південно-західному напрямком на відстані 700 метрів від породного бункера технічного комплексу копальні. Відвал має висоту 35 метрів. Земельна площа, виділена під нього, становить 93,6 гектари, а площа основи – 23,3 тисячі квадратних метрів. Порода на відвал транспортується за допомогою стрічкового конвеєра та автомобільного транспорту [5].

Рельєф відсипаної породи має складну структуру. У східній частині відводу рельєф відвалу має хребтоподібну форму, схожу на зрізану піраміду, в той час як у південної і західної частини прилягають відвали у вигляді зрізаних конусів. Ця область відвалу вкрита трав'янистими рослинами та іноді деревоподібним чагарником, а порода у цих відвалах вже перегоріла. Кут схилу складає 37–40°. Західніше від цих формацій розташована робоча площа плоского відвалу, висота відсипки якого коливається від 7 до 14 метрів [5].

У териконах склад порід розподіляється наступним чином: 39 % становлять перегорілі породи, а 61 % - негорілі породи териконової маси. Перегоріла частина порід має бурувато-червоний колір і є результатом складних літологічних і петрографічних перетворень, спричинених термальним метаморфізмом. Негорілі породи мають чорно-сірий колір і є важливою складовою териконів. Більшість цих порід контактували з вугільним пластом, тому їх часто називають породами покрівлі, підшви або внутрішньопластовими прошарками, які є сприятливими для сорбції мікроелементів.

Породи терикону складаються з аргіліту (83,8 %), алевроліту (8,4 %), пісковіку (4,8 %) та вугілля. Зольність порід коливається від 47 до 98 % і в середньому становить 67,9 %.

Попередні дослідження О. М. Яцух [35] властивостей породи на териконі шахти «Червоноградська» показали (табл. 3.1), що неперегоріла порода є кислою: рН сольової витяжки змінюється в межах 3,67–4,77. Гідролітична кислотність достатньо висока і становить 10,5 ммоль/100 г ґрунту і більше.

Ґрунт схилів терикону натомість характеризується лужною реакцією середовища. А його гідролітична кислотність значно нижча – 0,23–0,26 ммоль/100 г.

Таблиця 3.1.

Агрохімічні показники породи відвалу шахти «Червоноградська» [35].

Показник	Неперегоріла порода		Свіжа порода	Західний схил	Південний схил
рН сольове	4,77	3,67	5,54	8,30	7,15
Гідролітична кислотність мг.екв./100г ґрунту	-	10,50	0,23	0,26	0,23
Сума ввібраних основ (Са+Mg), мг.екв./ 100г ґрунту	13,3	1,2	29,4	50,3	47,5
Гумус, %	2,18	6,81	9,61	0,44	7,48
Азот, мг/кг	39,2	59,8	28,0	16,8	14,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	12	13	233	27	10
K <sub>2</sub> O, мг/кг	63	56	203	41	78

Сума ввібраних основ (Са та Mg) мінімальна у породі відвалу і в середньому складає 14,63 мг-екв./100 г ґрунту. У ґрунті схилів цей показник вищий – 48,90 мг-екв./100 г ґрунту.

У териконах наявні рідкісні та цінні рідкоземельні метали (Ge, Sc, Ga, Y) вміст яких може перевищувати їхні кларки в земній корі. Тому терикони вуглевидобутку можуть бути і як джерелом енергії, так і цінною мінеральною сировиною [5].

За результатами попередніх досліджень породи терикону копальні „Червоноградська” порівняно з кларком у земній корі концентрують в собі ітербій (коефіцієнт концентрації Кс 10,8), кобальт (Кс 3,9), плумбум (Кс 3,3), станум (Кс 2,5), ітрій (Кс 1,6), манган (Кс 1,3). Породи відвалу у порівнянні із кларком у мулі (глина, аргіліт) збагачені кобальтом (коефіцієнт концентрації Кс 5,4), свинцем (Кс 2,1), марганцем (Кс 1,9), ітрієм (Кс 1,7), міддю (Кс 1,2), тербієм і берилієм (Кс 1,1). Породи породного відвалу містять титан (Кс 1,0), ванадій (Кс 0,9), цирконій (Кс 0,8) у кількостях, близьких до кларків для осадових порід [39].

Породи відвалу шахти „Червоноградська” містять Mn у понадкларкових кількостях на 89 % площі, Co – 88 %, Y – 85 %, Pb – 62 %, Cu – 59 %, Yb – 52 %. [38].

Об’єктом дослідження впливу терикону шахти «Червоноградська» є ґрунти території, які прилягають до відвалу.

Для аналізу навесні 2024 року було проведено відбір зразків ґрунту із шару 0-20 см у трьохразовій повторності ґрунтовим буром відповідно до ДСТУ 4287:2004 [13] на відстані 300 і 500 м від центру терикону за чотирма основними напрямками (північ, південь, захід, схід) (рис. 3.2).

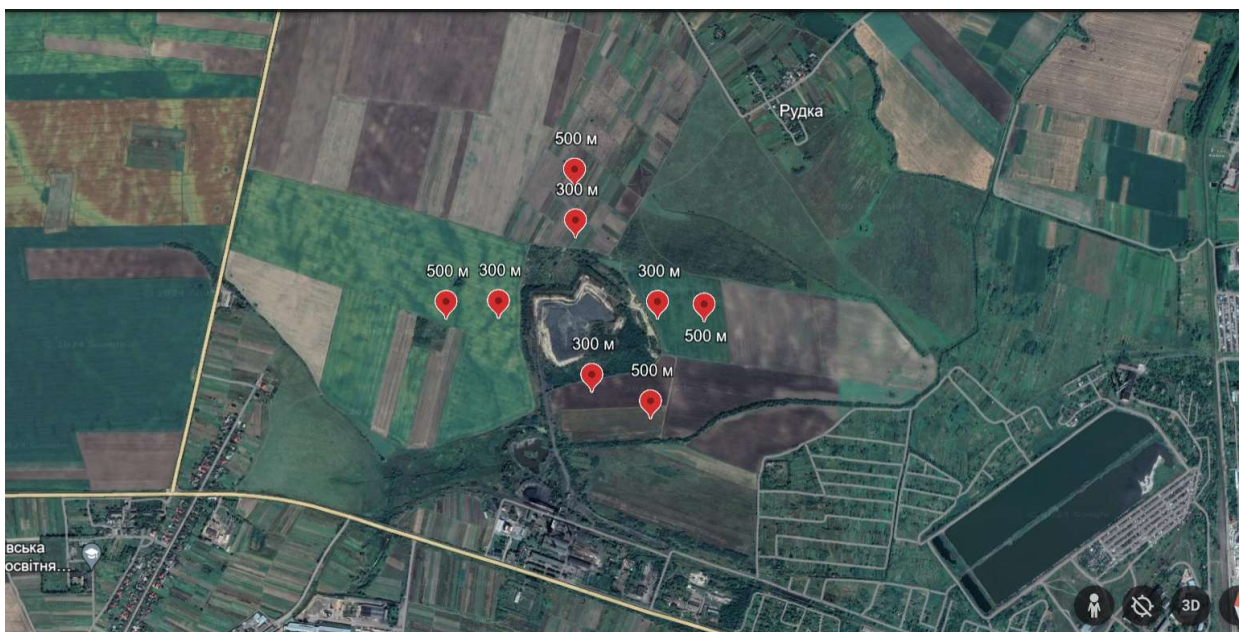


Рис. 3.2. Схема розміщення пробних ділянок.

### 3.2. Методи дослідження

Для проведення лабораторно-аналітичних досліджень зразки ґрунту готували згідно ДСТУ ISO 11464:2007. Зокрема після просушування зразки ґрунту подрібнювали в ступці та просіювали на ситі з діаметром отворів 1 мм до гомогенізації зразків.

У відібраних зразках ґрунтів визначали такі фізико-хімічні показники:

1. рН сольового і водного розчинів – потенціометрично [16].
2. Обмінний Са і Mg – комплексометрично [1].
3. Суму увібраних основ – за Каппеном-Гільковіцем [1].
4. Загальний вмісту гумусу – за методом Тюріна в модифікації Нікітіна [14].

Також у пробах ґрунту аналізували вміст рухомих форм важких металів (Cd, Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Mn) за допомогою екстракції ацетатно-амонійним буферним розчином з рН 4,8 та наступному визначенні на спектрофотометрі після атомізації проби в повітряно-ацетиленовому полум'ї. Метод атомно-абсорбційного аналізу заснований на селективному поглинанні світла вільними атомами при проходженні його через атомний пар досліджуваного зразку при довжині хвилі характерній для даного елемента. Для аналізу використовували атомно-абсорбційний спектрофотометр С-115-М1 [15].

Комп'ютерне опрацювання результатів досліджень проводили з використанням програм MS Excel.

## РОЗДІЛ IV. ВПЛИВ ВІДВАЛУ ШАХТИ НА ГРУНТОВИЙ ПОКРИВ

### 4.1. Фізико-хімічні властивості ґрунтів

Чорноземи типові є найбільш характерним та поширеним підтипом чорноземів у зоні Українського Лісостепу. Ці ґрунти представлені в основному звичайним родом, що формується на карбонатних незасолених лесах різного гранулометричного складу (від легкосуглинкового до глинистого) прісними ґрунтовими водами на глибині 10–20 метрів. Це – найродючіші ґрунти Львівської області з універсальним характером господарського використання [25]. Ці ґрунти відрізняються великим накопиченням азоту та зольних елементів, обмеженим вимиванням карбонатів і відсутністю чіткої диференціації за профілем ґрунту [30].

Навколо відвалу згідно ґрунтової карти поширені в основному чорноземи типові малогумусні неглибокі середньосуглинкові на лесовидних суглинках та зосереджена невелика ділянка чорноземів типових слабозмитих легкосуглинкових. Згідно [37] вони мають таку будову:

- Н (0 - 38 см) – гумусовий горизонт;
- Нр(к) (38 - 50 см) – гумусовий перехідний слабокарбонатний;
- РНк (50 - 79 см) – перехідний, малогумусний, карбонатний;
- Р(н)к (79 - 95 см) – перехідний до материнської породи горизонт, карбонатний, середній суглинок;
- Рк (>95 см) – материнська порода – лесоподібний суглинок з накопиченням карбонатів.

Чорноземи типові зазвичай мають нейтральну чи слаболужну реакцію середовища, яка з глибиною змінюється на середньолужну. За результатами наших досліджень ґрунти на північ від відвалу мали слабокислу реакцію середовища ( $pH=5,21-5,45$ ). Територія на відстані 300 м від терикону теж характеризувалась слабокислою реакцією, однак вже на відстані 500 м  $pH$  змінилось на слаболужне, що пов'язано, ймовірно із

переважанням слабокислих чорноземів типових. На півдні теж простягається смуга чорноземів типових, яка зумовлює рН на рівні 7,09-7,22 одиниць. На заході ґрунти на відстані 300 м – близькі до нейтральних, а на відстані 500 м – слабокислі (табл. 4.1).

Таблиця 4.1.

Фізико-хімічні властивості ґрунтів навколо породного відвалу.

№ проби	рН КСІ	рН вод	Сума ввібраних основ	Обмінний кальцій	Обмінний магній	Гумус
	од.		ммоль/100 г			%
1. Пн, 300 м	5,21	6,23	15,8	15,80	1,00	2,94
2. Пн, 500 м	5,45	6,36	16,6	17,20	0,80	3,06
3. Сх, 300 м	5,06	6,08	17,3	16,80	0,40	3,04
4. Сх, 500 м	7,07	7,60	38,7	29,80	3,80	2,78
5. Пд, 300 м	7,09	7,54	34,6	27,60	1,20	2,99
6. Пд, 500 м	7,22	7,73	48,0	41,20	13,60	6,74
7. Зх, 300 м	5,52	6,50	23,4	16,40	0,40	2,73
8. Зх, 500 м	5,33	6,49	21,6	20,40	2,80	2,68

Сума ввібраних основ в чорноземах типових становить зазвичай 16-24 ммоль/100 г ґрунту. Ґрунти навколо відвалу характеризувалися досить різними значеннями цього показника. Так на північ та на схід від відвалу ґрунти мають звичні для цього типу підвищені та високі показники суми ввібраних основ – 15,8-23,4 ммоль/100 г ґрунту. На відстані 300 м від відвалу на схід цей показник також становить 17,3 ммоль/100 г, однак далі на 500 метрах від підвищується до 38,7 ммоль/100 г, що свідчить про дуже високий ступінь забезпеченості. Такі ж дуже високі значення цього

показника відмічаються на південь від відвалу – 34,6–48,0 ммоль/100 г ґрунту.

У складі вбирного комплексу чорнозему типового переважають Кальцій та Магній. Це ж спостерігається і в досліджуваних ґрунтах: вміст кальцію в ґрунтах північного та західного напрямків свідчить про високу забезпеченість їх цим елементом (15,8-20,4 ммоль/100 г). На 300 м у східному напрямку вміст кальцію також високий, а далі стягає 29,8 ммоль/100 г. Такі ж дуже високі значення фіксуються на південь від відвалу (27,8-41,2 ммоль/100 г). Цікавим є дуже високі значення обмінного магнію у ґрунті на відстані 500 м на південь – 13,6 ммоль/100 г, тоді як в інших дослідних зразках його міст не перевищує 3,8 ммоль/100 г.

Загалом завдяки такому насиченню вбирного комплексу основами чорноземи типові мають слаболужну реакцію середовища.

Чорноземи типові мають прогресивно-аккумулятивний тип розподілу гумусу. Зазвичай вміст загального гумусу в орному шарі не перевищує 3,0-4,0 %, а запаси становлять 79,2-107,1 т/га. Слабозмиті відміни мають дещо менші показники вмісту гумусу – 1,2-2,4 %. У груповому складі переважають гумінові кислоти (34-43 %), а вміст фульвокислот коливається біля 21,0 %. Завдяки високій насиченості вбирного комплексу кальцієм у фракційному склад гумінових кислот переважають гумати кальцію.

За результатами наших досліджень вміст гумусу в усіх ґрунтах окрім одного варіанту не перевищував 3,1 %, що відповідає типовим показникам цього типу. Дуже високий вміст гумусу (6,74 %) було зафіксовано на відстані 500 м на південь від відвалу. Такі високі значення пояснюються строкатістю ґрунтового покриву на цій ділянці. Зокрема згідно ґрунтової карти та враховуючи рельєф території нижче поширені торфово-болотні ґрунти, які могли так повипливати на значення вміст органічної речовини ґрунту.

Загалом за результатами досліджень фізико-хімічних властивостей ґрунтів навколо відвалу шахти «Червоноградська» нами не виявлено значного її впливу на характеристики ґрунтового покриву.

#### 4.2. Розподіл важких металів у ґрунтах

Важкі метали присутні у ґрунті як природні домішки, а їхнє підвищення є результатом антропогенного впливу та інтенсивного розвитку промисловості.

Цинк (Zn) міститься в ґрунті у формі різних сполук. Дослідження показали, що його вміст у ґрунті залежить від материнської породи, кількості органічної речовини та реакції ґрунтового розчину. Цинк є помірно токсичним хімічним елементом. Однак у ґрунті він виконує позитивну функцію, оскільки сприяє активності ферментів, підтримує необхідну концентрацію ауксинів у рослинах і виступає як каталізатор реакцій окислення. Проте надмірна кількість цинку у ґрунті може пригнічувати ріст і розвиток рослин [32].

Мідь (Cu) є одним із найважливіших мікроелементів. У ґрунтах вона зазвичай перебуває у двовалентній формі і має високу здатність до міграції у кислому середовищі. Проте, при дуже високому рівні кислотності вона може бути асоційована з органічними речовинами ґрунту. Мідь (Cu) відіграє значну роль у багатьох фізіологічних процесах, так як є складовою частиною окислювальних ферментів та участь у фотосинтезі. Проте не дивлячись на це, цей елемент вважається дуже токсичним, будучи удвічі токсичнішим за цинк. Перевищення його концентрації може призводити до пошкодження тканин, витягнутості корневих клітин, змін проникності мембран та інгібування переносу електронів під час фотосинтезу [32].

Свинець (Pb) надходить до навколишнього середовища, головним чином через гірничо-добувну промисловість, що є другим важливим джерелом забруднення Pb. Це призводить до реальної загрози деградації

українських чорноземів, зосереджених у регіонах з високим рівнем промислового розвитку. Перевищення концентрації свинцю у ґрунті пригнічує процеси дихання, фотосинтезу та ростові процеси рослин [32].

Кадмій (Cd) є одним з найбільш токсичних елементів, присутнім у землі в незначних кількостях. Його концентрація залежить від материнської породи та впливу зовнішніх чинників, таких як викид металоносного пилу промисловими підприємствами, розпилення вітром відходів з териконів та надмірне зволоження стоками або осадами. Кадмій не є життєво важливим елементом і має високу фітотоксичність. При значних концентраціях він накопичується у корневих тканинах рослин, що може призвести до їхнього ураження. Це може проявлятися у вигляді хлорозу листя, червоно-бурого забарвлення країв та жилок [33, 34].

Рухливість кобальту (Co) в ґрунті залежить від окисно-відновних умов і зворотно пропорційна рівню рН ґрунту, тобто зі зростанням рН вона зменшується [32].

Важливим показником, який визначає кількісний вміст важких металів, при якому протягом тривалого часу у ґрунті та рослинах, що ростуть на ньому, не виникають будь-які патологічні зміни чи аномалії біологічних процесів, а також не накопичуються токсичні елементи і, відповідно, не порушується біологічний оптимум для людей, є гранично допустима концентрація (далі – ГДК) важких металів (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Гігієнічний регламент допустимого вмісту важких металів у ґрунті  
(Наказ МОЗ №1595 від 14.07.2020)

Об'єкт	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг	Pb, мг/кг	Cd, мг/кг	Mn, мг/кг	Co, мг/кг	Ni, мг/кг
Ґрунти	3,0	23,0	6,0	1,5	140,0	5,0	4,0

ГДК можуть бути встановлені у законодавчому порядку або представляти собою нормативи, які рекомендуються компетентними організаціями або комісіями. Сучасні ГДК враховують вплив концентрації забруднювачів на дикі тварини, рослини, гриби, мікроорганізми, природні угруповання, клімат і санітарно-побутові умови життя.

Внаслідок перевищення ГДК важкими металами відбувається зменшення продуктивності фітоценозів та зниження їх буферних властивостей [11, 23].

У радіусі до 3 кілометрів кожний терикон стає джерелом забруднення навколишнього середовища різними токсичними елементами. Техногенні викиди з відвалів містять великі кількості важких металів. Це призводить до формування техногенних зон забруднення різної інтенсивності в усіх природних компонентах ландшафту, таких як ґрунти, води та рослини.

За результатами наших досліджень лише декілька важких металів, а зокрема Ni, Cd та Co, перевищують встановлені ГДК для ґрунту (табл. 4.3).

Накопичення нікелю, що перевищує ГДК зафіксовано на відстані 500 м на південь від відвалу (8,17 мг/кг). В інших точках відбору з віддаленням від терикону, накопичення елемента зменшується і не перевищує норми.

Наднормові показники кадмію також зафіксовано в південному напрямку. На відстані 200 м вони становлять 1,5 мг/кг, а на відстані 500 м – 3,7 мг/кг ґрунту. На інших ділянках не зафіксовано закономірності його розподілу з віддаленням від відвалу.

За результатами досліджень О. М. Яцух та В. В. Снітинського найвищі концентрації кадмію також спостерігалися на відстані 0-50 м від терикону в південному та західному маршрутах, однак вони не перевищували ГДК [36].

За їх даними максимальні концентрації валових та рухомих форм кадмію виявлено на схилах терикона, менше їх – у відвальній породі. Однак вміст елемента не перевищує ГДК, які встановлені для ґрунтів [35].

Таблиця 4.3

Вміст важких металів у ґрунті навколо породного відвалу (жирним шрифтом виділені показники, що перевищують ГДК)

№ проби	Zn	Ni	Mn	Cd	Cu	Co	Pb
	мг/кг						
1	3,25	3,44	26,67	1,07	1,31	1,97	2,03
2	2,24	2,24	15,44	0,90	1,60	0,31	0,49
3	1,45	3,50	20,23	0,88	0,83	2,77	0,23
4	2,03	2,67	37,20	1,44	0,64	3,23	0,49
5	1,86	2,95	40,85	<b>1,50</b>	0,54	3,11	0,03
6	4,45	<b>8,17</b>	113,99	<b>3,70</b>	2,27	<b>6,27</b>	0,73
7	1,49	2,21	23,85	1,17	0,46	0,35	0,66
8	1,95	0,38	24,49	1,17	0,94	3,94	0,41

Вміст кобальту, що перевищує ГДК, також зафіксовано на відстані 500 м на південь (6,30 мг/кг). О. М. Яцух, В. В. Снітинський спостерігали збільшення вмісту кобальту із відстанню, особливо чітко це видно у південному спрямуванні [36].

Для таких елементів як цинк, манган, купрум та свинець не зафіксовано перевищення гранично-допустимих показників, хоча спостерігається чітка тенденція до накопичення цих елементів в південному напрямку.

Таке накопичення елементів в південному та напрямку, ймовірно, пов'язано з розпиленням відходів головними заходами вітрами, а також з

водним стоком, що відпливає з терикону завдяки зниженню висоти над рівнем моря, особливо в південному напрямку. Це свідчить про міграцію кадмію за елементами рельєфу [12].

## РОЗДІЛ V.

### РЕКУЛЬТИВАЦІЯ, РЕВІТАЛІЗАЦІЯ ТА ОХОРОНА ПОРУШЕНИХ ГІРНИЧИМИ РОБОТАМИ ЗЕМЕЛЬ

#### 5.1. Способи рекультивація відвалів

Для досягнення оптимального рівня екологічної безпеки гірничопромислових комплексів необхідно виконати кілька ключових завдань. По-перше, це моніторинг стану екологічної безпеки, який передбачає ретельне вивчення закономірностей утворення забруднень та створення і дотримання системи контролю за екологічною безпекою.

Інтенсивний розвиток небезпечних екзогенних процесів у межах породних відвалів шахт і кар'єрів будівельної сировини в межах Червоноградського ГПР вимагає проведення рекультивації порушених земель. Проекти ліквідації шахт передбачають розбирання вершин відвалів з подальшим гірничотехнічним плануванням та фітомеліорацією на вирівняних поверхнях. Результати рекультивації відвалів можуть бути різними: у деяких випадках небезпечні екзогенні процеси продовжують інтенсивно розвиватися, а в інших – відновлення ґрунтового і рослинного покривів відбувається успішно.

Геоекологічні дослідження підтверджують необхідність проведення рекультивації ґрунту з подальшою нейтралізацією кислотності породи, підсипанням органічних компонентів та насадженням дерев і трав як акумуляторів важких металів, що сприятиме зменшенню надходження цих речовин у поверхневі, ґрунтові і підземні води. Високі показники кислотності водних витяжок із породи свідчать про необхідність вапнування ґрунтів відвалів під час їхньої рекультивації [9].

Для того, щоб зменшити забруднення ґрунтів важкими металами застосовують перекриття порід відвалу екрануючим шаром лесоподібного суглинку, який в два рази зменшить рух Pb, Cd, Cu, Zn, Co.

Щоб уникнути забруднення води та ґрунтів поблизу відвалу, слід дотримуватись наступних заходів:

- зменшити кількість твердих відходів за допомогою впровадження мало- і безвідходних технологій;
- при виборі місця для відвалу враховувати гідрогеологічні умови, зокрема фільтраційні властивості порід та рельєф місцевості;
- використовувати інженерно-технічні засоби для контрольованого збору та відведення поверхневого стоку з відвалу, перехоплення та розташування потоку забрудненої води;
- створювати штучні геохімічні бар'єри для зупинки поширення найбільш небезпечних забруднювачів з відвалу у навколишнє середовище [38].

Для зменшення кількості забруднень ґрунтів, поверхневих і підземних вод, а також для запобігання надзвичайних ситуацій слід застосовувати природоохоронні заходи. Одним з ефективних методів є створення штучних геохімічних бар'єрів, таких як лужні, кисневі, сульфатні, адсорбційні та біохімічні [9].

Створення геохімічних бар'єрів базується на аналізі парагенетичного руху забруднюючих речовин за допомогою методів математичної статистики. Для кожного типу забруднювачів створюється відповідний геохімічний бар'єр.

При створенні таких бар'єрів слід враховувати склад забруднюючих речовин. Для цього можна використовувати як природні утворення (гірські породи, ґрунти), так і виробничі відходи. Наприклад, для реалізації такого методу можна використовувати реагенти, такі як сполуки барію та подрібнені карбонатні породи, які розміщуються у траншеях на території відвалу. Це дозволяє підвищити водневий показник підземних вод і знизити їх мінералізацію.

Досліджено, що для забезпечення більш безпечних умов і захисту довкілля загалом від цього виду забруднення найбільш доцільним і ефективним є використання методів, які сприяють прискоренню природної трансформації забруднюючих речовин в безпечніші форми або їх цілеспрямованій концентрації на обмежених площах літосфери [38].

Згідно з правилами рекультивації відвалів, рекультивація передбачає нанесення ґрунтосумішей товщиною 0,5 м, після чого проводиться заліснення і залуження. Однак у сучасних умовах економічної кризи класична рекультивація стає неможливою та неефективною. На відвалах, що складені крупноуламковими породами та у районах розроблення порід, природне відновлення відбувається дуже повільно. Тому рекомендовано застосовувати фітомеліорацію.

Геоекологічні дослідження підтвердили невірність висновків щодо потреби виположення форм мезорельєфу та зменшення площі відкосів. Проведення гірничотехнічного етапу рекультивації породного терикону, як передбачено проектом ліквідації шахти “Візейська”, призведе до трансформації існуючих форм рельєфу та інших негативних наслідків [9].

Тому пропонується здійснювати рекультивацію породних відвалів на основі ландшафтного підходу з урахуванням вже існуючих форм рельєфу. Фітомеліораційні заходи слід проводити без гірничотехнічного вирівнювання поверхні відвалу [9].

Зважаючи на здатність породних відвалів до самозаростання, важливо підтримувати цей процес, використовуючи форму фітомеліорації, що передбачає збереження вже сформованих рослинних угруповань. Це дозволить уникнути гірничотехнічного етапу рекультивації та запобігти знищенню ґрунтового і рослинного покривів. Можна підсилити або змінити властивості самовідновлених рослинних угруповань, впроваджуючи швидкоростучі види рослин, які утворюють значну підземну і надземну масу та збагачують ґрунт органічними речовинами. Доповнення

фітоценозів окремими ділянками слід проводити з урахуванням природного поширення рослинності та її самовідновлення на площі відвалів. Наявність горбистих форм мікрорельєфу створює різноманітні екологічні ніші, що сприяють утворенню ґрунтового і рослинного покривів.

Для саджання на породних відвалах Львівсько-Волинського басейну рекомендується використовувати сосну звичайну, робінію псевдоакацію і вербу козячу. Ці рослини не лише здатні утримувати ґрунт, але й відомі як фіторемедіатори важких металів. Очерет звичайний також може використовуватися як рослина-фіторемедіатор, і рекомендується для посадки в інфільтраційних канавах і зонах підтоплення навколо відвалів [9].

Проте для створення стійкого фітомеліоративного покриву на породних відвалах, крім зазначених видів рослин, варто розглянути інші. Наприклад, для закріплення поверхні відвалів рекомендується висаджувати рослини, які швидко формують густе рослинне покриття на початкових етапах сукцесії, такі як куничник наземний, морква дика, енотера дворічна, хаменерій вузьколистий, тонконіг лучний та інші. Для швидкого підвищення родючості породних субстратів рекомендується висівати різні види азотфіксуючих рослин, такі як лядвенець рогатий, люцерна серповидна і посівна, донник білий, конюшини, разом з внесенням азотних та органічних добрив. Однак такі заходи можуть збільшити вартість фітомеліоративних робіт [3].

При формуванні фітомеліоративного покриву на вугільних відвалах важливо враховувати наявність існуючих форм рельєфу. На пологих схилах (до 6–7°) рекомендується створювати насадження сосни з невеликою домішкою берези пониклої. На крутих схилах з крутизною понад 7° можна висаджувати сосново-дубові насадження, де чергуються три ряди сосни з двома рядами дуба черешчатого. На південних і західних схилах рекомендується вирощувати чисті соснові культури з домішкою берези пониклої і горобини звичайної. На верхніх платоподібних поверхнях

відвалів, що рекультивовані за допомогою насипних ґрунтосумішей, рекомендується створювати трирядні посадки глоду одноматочкового черговані з одним рядом сосни звичайної. Крім того, на різних формах рельєфу можна використовувати ґрунтопокращуючі чагарники, такі як бруслина європейська і крушина ламка. Фітомеліорація породних відвалів сприятиме швидкому відновленню антропогенно трансформованих геосистем і поверненню їх у господарське використання, зокрема для організації рекреаційних зон. Заліснені терикони можуть служити джерелами для збирання садивного матеріалу для фітомеліорації інших відвалів [9].

## **5.2. Оптимізація екологічного стану гірничопромислових територій**

Оптимізація природного середовища означає пошук найкращого варіанту для його поліпшення, який буде технічно та економічно обґрунтованим. Це включає досягнення гармонії та рівноваги між природними, господарськими та соціальними складовими геосистем.

Важливою ознакою досягнення рівноваги в геосистемах є високий рівень здоров'я населення та відсутність конфліктів у природному середовищі. Оптимізація геосистем передбачає реалізацію найбільш науково обґрунтованих заходів, які забезпечують створення оптимальних умов для тривалого та стійкого функціонування геосистем, зокрема, гірничопромислових та постмайнінгових.

Цей процес включає в себе реалізацію вибраного з численних варіантів заходів, які мають соціально-економічне, екологічне та природоохоронне значення, щоб забезпечити оптимальне функціонування геосистем [9].

Оптимізація гірничопромислових ландшафтів після завершення діяльності гірничих підприємств має різні напрями. Це може включати

максимально ефективно використання їх для аграрних або лісогосподарських потреб, створення рекреаційних зон, природоохоронних об'єктів з метою збільшення ландшафтного та біотичного різноманіття, або відновлення їх до природного стану.

Проте оптимізація цих геосистем вимагає оцінки ступеня їхньої антропогенної трансформації. Часто ці напрями можуть протирічити один одному або бути несумісними, наприклад, виробничий гірничий та природоохоронний.

Тому першим кроком у оптимізації гірничопромислових територій є визначення ландшафтно-екологічних пріоритетів. Це означає визначення напрямків розвитку гірничопромислових територій в порядку їхньої значущості з урахуванням природних умов, екологічної ситуації, специфіки виробничого комплексу та потреб соціально-економічного розвитку [29].

Закриття нерентабельних вугільних шахт може стати вирішальним кроком у вирішенні екологічних проблем досліджуваних районів. Однак цей процес надзвичайно складний і вимагає обґрунтованих підходів. Необґрунтоване закриття шахт може призвести до розвитку небезпечних екзогенних процесів, наслідки яких можуть бути набагато серйознішими, ніж під час експлуатації самого шахтарського підприємства [9].

Ліквідація вугільних шахт Львівсько-Волинського басейну передбачає ряд заходів щодо охорони природного середовища. Після закриття шахт звільняються й підлягають рекультивації землі, яка раніше використовувалася під проммайданчики, породні відвали та стави-відстійники. Після рекультивації ці території можна використовувати для будівництва, сільського господарства чи випасу худоби.

Проектами ліквідації вугільних шахт передбачено часткове розбирання породних відвалів з подальшим проведенням гірничотехнічної й біологічної рекультивації. На даний момент рекультиваційні роботи

перебувають на різних етапах, однак частина відвалів залишається нерекультивованою, що сприяє формуванню постмайнінгових геосистем.

Оптимізація стану повітряного середовища в межах басейну вимагає комплексу технологічних та спеціальних заходів, спрямованих на зменшення обсягів викидів та пониження їхніх концентрацій на поверхні. Серед технологічних заходів ключовими є використання більш продуктивних методів очищення викидів, перехід на використання газу у шахтних котельнях та впровадження рециркуляції димових газів. Спеціальні заходи включають поступове зменшення неорганізованих викидів, очищення та нейтралізацію шкідливих речовин у димових газах та покращення умов дисперсії викидів. Для зменшення забруднення атмосферного повітря необхідно також контролювати процес горіння породних відвалів та активізувати протипожежні заходи.

Для оптимізації екологічного стану поверхневих, ґрунтових та підземних вод Червоноградського ГПР важливо зосередитися на обмеженні втрат водних ресурсів, особливо враховуючи їх використання для питного та промислового водопостачання. Спрямованою дією буде підвищення технічного рівня систем водозабезпечення, встановлення засобів обліку та контролю за використанням води, а також перехід на нові, включаючи безводні, технології виробництва. Важливо також заборонити скидання стічних та шахтних вод без їх очищення з копалень. Відомо, що шахтні води ліквідованих шахт не матимуть негативного впливу на природне середовище, оскільки гірничі виробки не виходять на земну поверхню, за винятком засипаних вертикальних стволів. Таке закриття шахт сприятиме зменшенню скидання високомінералізованих шахтних вод у значних обсягах, які становлять 2,3 млн м<sup>3</sup>/рік.

Для оптимізації використання земель у регіоні важливо забезпечити належне співвідношення між різними типами угідь, такими як рілля, луки, ліси та водні об'єкти. Пропонується розробити довгостроковий план,

спрямований на зменшення частки ріллі за рахунок виведення з експлуатації еродованих земель та заміни їх екостабілізуючими угіддями, такими як луки й сіножаті. Також важливим є збільшення площ під фруктовими садами та багаторічними ягідниками.

Пріоритетним завданням є доведення лісистості регіону до оптимального рівня, що становить 15–17 %. Це можна досягти за рахунок заліснення породних відвалів і проммайданчиків ліквідованих шахт, а також створення лісових масивів на еродованих та низькопродуктивних землях, які практично не придатні для землеробства.

Особливо доцільним є формування лісових насаджень з таких порід, як акація, дуб, вільха, ясень, береза, сосна та інші. Це сприятиме відновленню та збереженню екосистем регіону, зменшенню ерозії ґрунтів та покращенню якості повітря.

Рекультивация – найдієвіший метод боротьби зі шкідливим впливом відвалів на довкілля, проте цей метод є енергетично і фінансово витратним з економічної точки зору. Тому відвали можна використовувати як цінну сировину та енергію таким чином приносити дохід, а не збитки бюджету. Важливою є дорозробка та вилучення вугілля яке міститься у значній кількості в породних териконах, особливо це стосується сапропелітового, так як воно є цінною сировиною як енергетичною так і хімічною.

Доцільність розробки техногенних відходів повинна оцінюватись через наступні аспекти:

- можливість видобутку цінних компонентів для подальшої реалізації або для поліпшення якості продукції шахт.

- вилучення цінних рідкоземельних металів.

- використання ресурсів техногенних утворень у будівельній галузі, таких як використання у якості наповнювачів для дорожнього будівництва та інших цілей.

- зменшення екологічного навантаження та витрат за утилізацію відходів виробництва.

- створення нових робочих місць в сфері переробки та використання техногенних матеріалів.

- повернення цінних земельних ділянок для подальшого використання.



Рис. 5.1. Основні напрямки промислового поводження з відвальними породами [27].

Концепція розробки техногенних утворень повинна передбачати повну, а не часткову утилізацію об'єкта без подальшого повторного складування порід. Окрім видобутку цінних компонентів, іншим напрямком є використання порожніх відвальних порід як сировини для будівельної промисловості. Таким чином, накопичені відходи можуть знайти широке використання в провідних галузях економіки. Породні відвали можуть стати джерелом мінерально-сировинних ресурсів для розвитку гірничопромислових регіонів, де вони утворились, і за підтримки місцевої влади можуть перейти від проектів та техніко-економічних обґрунтувань до промислового освоєння. Розробку породних відвалів доцільніше проводити на діючих шахтах, оскільки там вже створені основні умови, такі як енергопостачання, водопостачання та транспортні сполучення [27].

Використавши інтегральний індекс екологічного навантаження для териконів шахти „Червоноградська” його розраховують, щоб оцінити пріоритетність розробки териконів, дійшли висновку, що оптимальна галузь використання порід відвалів є промислово-цивільне будівництво, металургія та хімічна промисловість. Для того, щоб застосовувати в інших галузях потрібно спершу вилучити токсичні компоненти, доки інтервальний індекс не стане невід’ємним [27].

## ВИСНОВКИ

1. В даній роботі було оцінено екологічний вплив породного відвалу шахти "Червоноградська" на навколишнє середовище.

2. Здійснено огляд літератури про можливі впливи виробничої діяльності вугільних шахт на природне середовище, проаналізовано природно-географічні умови Червоноградського гірничо-промислового району;

3. За результатами лабораторних аналізів ґрунтів охарактеризовано вплив відвалу шахти «Червоноградська» на ґрунтовий покрив прилеглої території.

4. Вміст гумусу в усіх ґрунтах окрім одного варіанту не перевищував 3,1 %, що відповідає типовим показникам чорнозему типового. Дуже високий вміст гумусу (6,74 %) було зафіксовано на відстані 500 м на південь від відвалу, що зумовлено поширенням там включень торфово-болотних ґрунтів.

5. Загалом за результатами досліджень фізико-хімічних властивостей ґрунтів навколо відвалу шахти «Червоноградська» не виявлено значного її впливу на характеристики ґрунтового покриву.

6. За результатами досліджень вмісту рухомих форм важких металів лише Ni, Cd та Co перевищують встановлені ГДК для ґрунту. Накопичення нікелю, що перевищує ГДК зафіксовано на відстані 500 м на південь від відвалу (8,17 мг/кг). Наднормові показники кадмію також зафіксовано в південному напрямку. На відстані 200 м вони становлять 1,5 мг/кг, а на відстані 500 м – 3,7 мг/кг ґрунту. Вміст кобальту, що перевищує ГДК, також зафіксовано на відстані 500 м на південь (6,30 мг/кг).

7. Для таких елементів як цинк, манган, купрум та плюмбум не зафіксовано перевищення гранично-допустимих показників, хоча спостерігається чітка тенденція до накопичення цих елементів в південному напрямку.

8. Таке накопичення елементів в південному напрямку, ймовірно, пов'язано з розпиленням відходів головними заходами вітрами, а також з водним стоком, що відпливає з терикону завдяки зниженню висоти над рівнем моря, особливо в південному напрямку. Це свідчить про міграцію кадмію за елементами рельєфу.

9. Для зменшення негативного впливу породного відвалу на ґрунтовий покрив прилеглих території рекомендується встановлювати геохімічні бар'єри, а також проводити фітомеліорацію з використанням сосни звичайної, робінії псевдоакації і верби козячої. Очерет звичайний також може використовуватися як рослина-фітореemedіатор для посадки в інфільтраційних канавах і зонах підтоплення навколо відвалів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрохімічний аналіз: Підручник / М.М. Городній, А.В. Бикін та ін. / За ред. М.М. Городнього. – К.: Арістей, 2007. – 624 с.
2. Башуцька У. Б. Рослинність породних відвалів шахт Червоноградського гірничопромислового району // Науковий вісник НЛТУ України. – 2006. – № 4.
3. Башуцька, У. Б. Сукцесії рослинності породних відвалів шахт Червоноградського гірничопромислового району. РВВ НЛТУ України: Львів, 2006. – 180 с.
4. Бойчук Л.Д., Соломенко Е.М., Бугай О.В. Екологія і охорона навколишнього середовища: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2003. – 284 с.
5. Брик Д., Гвоздевич, О. Кульчицька-Жигайло, Л. Подольський, М. Техногенні вуглевмісні об'єкти Червоноградського гірничопромислового району та деякі технічні рішення їх використання // *Геологія і геохімія горючих копалин*. – 2019. – 4 (181). – С. 45-65.
6. Буглак О. В. Техногенне забруднення атмосфери внаслідок функціонування і закриття вугільних шахт та заходи щодо його запобігання (мінімізації) // *Геохімія техногенезу*. – 2019. – 29. – С. 32-40.
7. Бучацька Г. М. Геохімічні та гідрохімічні особливості Червоноградського гірничопромислового району // *Вісн. Львів. ун-ту*. – 2012. – Вип. 16. – С. 143 – 154.,
8. Гаськевич В. Г. Осушені мінеральні ґрунти Малого Полісся. / Гаськевич В. Г., Позняк С. П. – Львів : Видавничий центр Львівського національного університету ім. І. Франка, 2004. – 256 с.
9. Геоекологія Львівської області : монографія / Ю. Андрейчук, Л. Безручко, В. Біланюк та ін. / за заг. ред. Є. Іванова. – Львів : Простір-М, 2021. – 606 с.

10. Горова А. І., Кулина С. Л. Екологічні проблеми стану довкілля Червоноградського гірничопромислового регіону // Екологічні проблеми техногенно-навантажених регіонів: Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Дніпропетровськ, 2008. – С. 111 – 112

11. Діагностика стану хімічних елементів системи ґрунт–рослина / за редакцією А.І. Фатєєва, В.Л. Самохвалової. – Харків : Міськдрук, 2012. – 146 с.

12. Дмитрук Ю. М. Еколого-геохімічний аналіз ґрунтового покриву агроєкосистем / Ю. М. Дмитрук. – Чернівці : Рута, 2006. – 328 с.

13. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб.

14. ДСТУ 4289:2004 Якість ґрунту. Метод визначання органічної речовини.

15. ДСТУ 4770:2007 Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук мікроелементів у ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії

16. ДСТУ ISO 10390:2007 Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT)

17. ДСТУ ISO 11464:2007 Якість ґрунту. Попереднє оброблення зразків для фізико-хімічного аналізу (ISO 11464:2006, IDT)

18. Жуков С. П. Диференціація екологічних ніш видів та формування фітоценозів на техногенно порушених землях // Промислова ботаніка: зб. навч. пр. Донецьк: Донецький ботанічний сад НАН України. – 2011. – Вип. 11. – с. 36–41.

19. Іванов Є. А. Еколого–ландшафтознавчий аналіз гірничопромислових територій (на прикладі Львівської області): дис... канд. геогр. наук: спец. 11.00.11. Конструктивна географія і раціональне використання природних ресурсів. Київ, 2001. – 283 с.

20. Іванов Є. А. Зміна геоекологічного стану природно-господарських систем Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну у зв'язку із

закриттям нерентабельних шахт / Є.А. Іванов, І.П. Ковальчук, О.С. Терещук // Природа Західного Полісся та прилеглих територій: зб. наук. праць. – Луцьк: ВДУ ім. Л. Українки, 2006. – № 3. – С. 42–55.

21. Кочмар І. М., Карабин, В. В. Форми знаходження Cr та Mn у породах терикона центральної збагачувальної фабрики "Червоноградська Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. – Вин. 32(4). – С. 44-48.

22. Кузярін О. Т. Анотований список судинних рослин вугільних відвалів Львівсько-Волинського гірничопромислового регіону. Біологічні студії // Studia Biologica. – 2010. – Вип. 5 (3). – С. 155–170.

23. Кураєва І.В., Рога І.В., Сорокіна Л.Ю., Голубцов О.Г. Оцінка вмісту важких металів та умов їх міграції в агроландшафтах Тернопільської області // Український географічний журнал. – 2012. – № 3. – С. 25–33.

24. Лобачевська О. В. Нові відомості про поширення мохоподібних на породних відвалах Червоноградського гірничопромислового району / О. В. Лобачевська, Р. Р. Соханьчак, Л. І. Карпинець // Матеріали Всеукр. науково-практичної конференції Проблеми відтворення та охорони біорізноманіття України. Полтава, 2016. – С. 92-95.

25. Львівська область: природні умови та ресурси: монографія / за заг. ред. д-ра геогр. наук, проф. М.М. Назарука. – Львів: Видавництво Старого Лева, 2018. – 592 с.

26. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Книга 2. Західний нафтогазоносний регіон / Ю. З. Крупський, І. М. Куровець, Ю. М. Сеньковський, В. А. Михайлов, П. М. Чепіль, Д. М. Дригант, В. Є. Шлапінський, Ю. В. Колтун, В. П. Чепіль, С. С. Куровець, В. П. Бодлак. – К. : Ніка-центр, 2014. – 400 с.

27. Петльований М. В. Аналіз накопичення і систематизація породних відвалів вугільних шахт, перспективи їх розробки / М. В. Петльований, О. А. Гайдай // Геотехнічна механіка. – 2017. – Вип. 136. – С. 147-158.

28. Природа Львівської області / За ред. К.І. Геренчука. – Л.: В-во Львівського університету, 1972. – 174 с.

29. Рудько Г. І. Гірничопромислові геосистеми Західного регіону України : монографія / Г. І. Рудько, Є. А. Іванов, І. П. Ковальчук. – Київ ; Чернівці : Букрек, 2019. – у 2 т. : Т. 1. – 464 с.

30. Снітинський В. В. Ґрунтознавство з основами агрохімії та геоботаніки : навч. посіб. / В. В. Снітинський, В. Ф. Якобенчук. – 2-ге вид., випр. й доп. – Львів : Аверс, 2006. – 312 с

31. Стасюк І. І. Сокальщина. Природа і господарство. Львів. ВТНЛ. 1999. – 52 с.

32. Фатєєв А. І. Загальні закономірності вмісту та розподілу мікроелементів у ґрунтах України / А. І. Фатєєв, Я. В. Пащенко // Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України [за ред. А. І. Фатєєва, Я. В. Пащенко]. – Харків : ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського», 2003. – С. 53-65.

33. Швидкі аналітичні тести в хімічних дослідженнях довкілля / Укладачі Г. Шредер, А. Ніколаєвський, В. Рибаченко, Й. Опейда. – Донецьк: ТОВ «ЮгоВосток ЛТД», 2003. – 150 с.

34. Шепелюк, М. О. Визначення вмісту важких металів у ґрунтах різних екологічних зон міста Луцька // Таврійський науковий вісник. – 2019. – Вип.107: Сільськогосподарські науки. – С. 317-321

35. Яцух О. М. Агрохімічні та токсикологічні властивості субстратів породного відвалу Червоноградської шахти / О. М. Яцух // Захист навколишнього середовища. Збалансоване природокористування : матеріали 4-ої студентської науково-практичної конференції, 27–28 жовтня 2011 року, Львів. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2011. – С. 96–99.

36. Яцух О. М. Особливості територіального розподілу важких металів у зоні впливу відвалу Червоноградської шахти / О. М. Яцух,

В. В. Снітинський // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Ґжицького. – 2011.

37. Яцух О. М. Профільний розподіл рухомих форм важких металів у чорноземі типовому в зоні впливу вуглевидобутку (на прикладі шахти Червоноградська) // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2010. – Вип. 52 (2). С. 114-119.

38. Karabyn V. Способи зниження ризиків виникнення надзвичайних ситуацій екологічної генези на ділянках техногенного впливу вуглевидобувних підприємств // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2018. – Вип. 18. – С. 125-131.

39. Knysh I. Heavy metals distribution in the waste pile rocks of Chervonogradska mine of the Lviv-Volyn coal basin (Ukraine) / I. Knysh, V. Karabyn // Pollution Research Journal Papers. – 2014. – № 33(04). – С. 663-670.