

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

\_\_\_\_\_ (інститут)  
Природничих наук та технологій  
\_\_\_\_\_ (факультет)  
Кафедра Геології і розвідки родовищ корисних копалин  
\_\_\_\_\_ (повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Сокол Неллі Сергіївни  
(ПІБ)  
академічної групи 103-17-1  
(шифр)  
спеціальності 103 Науки про Землю  
(код і назва спеціальності)  
за освітньо-професійною програмою «Геологія»  
\_\_\_\_\_ (офіційна назва)  
на тему Речовинний склад і корисні копалини кори вивітрювання Середнього Побужжя  
\_\_\_\_\_ (назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, Ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	Інституційною	
кваліфікаційної роботи	Куцевол М.Л.			
розділів:				
Загальний	Куцевол М.Л.			
Спеціальний	Куцевол М.Л.			
Рецензент	Нікітенко І.С.			
Нормоконтролер	Хоменко Н.В.			

Дніпро  
2021

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри  
Геології та розвідки родовищ  
корисних копалин  
(повна назва)  
Савчук В.С.  
(підпис) (прізвище, ініціали)  
« 03 » травня 2021 року

**ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну роботу  
ступеня бакалавра  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

103 Науки про Землю

студенту Сокол Н. С.  
(прізвище та ініціали)

академічної групи 103-17-1  
(шифр)

спеціальності \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою «Геологія»  
(за наявності)

на тему Речовинний склад і корисні копалини кори вивітрювання Середнього Побужжя

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 19.05.21 № 273-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Загальний	Пошук та узагальнення інформації щодо геології і мінералогії кори вивітрювання Середнього Побужжя.	03.05.21-15.05.21
Спеціальний	Вибір методів дослідження речовинного складу кори вивітрювання	16.05.21-23.05.21
	Вивчення речовинного складу агрегатів кори вивітрювання ультрабазитів Середнього Побужжя	24.05.21-10.06.21

Завдання видано \_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Куцевол М.Л.  
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 03.05.21

Дата подання до екзаменаційної комісії

17.06.21

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_  
(підпис студента)

Сокол Н.С.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 49 с., 5 табл., 11 рис., 3 додатки, 23 джерела.

СЕРЕДНЄ ПОБУЖЖЯ, КОРА ВИВІТРЮВАННЯ, НОНТРОНІТ,  
ХІМІЧНИЙ СКЛАД, РЕНТГЕНОСТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ

Предмет дослідження: речовинний склад та корисні копалини кори вивітрювання Середнього Побужжя.

Об'єкт досліджень: корисні копалини кори вивітрювання.

Мета роботи: вивчення мінерального і хімічного складу утворень кори вивітрювання ультрабазитів Середнього Побужжя.

Результати та їх новизна – вивчено мінеральний і хімічний склад утворень кори вивітрювання ультрабазитів Середнього Побужжя, встановлено, що інфільтраційні процеси при формуванні кори вивітрювання призводять до утворення більш високоякісних руд силікатного нікелю.

Наукове значення роботи полягає в системному узагальненні фактичного матеріалу досліджень та виявленні значення інфільтраційних процесів у корі вивітрювання на формування руд нікелю.

Практичне значення полягає в можливості використання результатів в процесі пошуково-оціночних, розвідувальних та експлуатаційних робіт в районі досліджень з метою забезпечення комплексного використання надр в регіоні.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ІСТОРІЯ ВИВЧЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОГО РАЙОНУ СЕРЕДНЬОГО ПОБУЖЖЯ.....	7
2 ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	13
2.1 Географічна характеристика району .....	13
2.2 Тектоніка і стратиграфія району.....	15
2.3 Магматизм геологічного району .....	17
2.4 Кора вивітрювання докембрійських кристалічних порід.....	21
3 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	24
3.1. Диференціальний термічний аналіз (ДТА).....	24
3.2 Рентгенофлуоресцентний аналіз (РФА).....	25
3.3 Кристалооптичний метод .....	25
3.4 Рентгеноструктурний аналіз .....	27
4 ВИВЧЕННЯ РЕЧОВИННОГО СКЛАДУ КОРИ ВИВІТРЮВАННЯ УЛЬТРАБАЗИТІВ СЕРЕДНЬОГО ПОБУЖЖЯ .....	29
4.1 Дослідження мінерального складу зразків .....	29
4.2 Дослідження хімічного складу зразків .....	39
ВИСНОВКИ.....	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	43
ДОДАТОК А Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи .....	46
ДОДАТОК Б Відгук керівника кваліфікаційної роботи .....	47
ДОДАТОК В Рецензія кваліфікаційної роботи .....	49

## ВСТУП

Досліджувана територія розташована в межах південно-західної частини Українського щита, в Середньому Побужжі. Цей геологічний регіон привертає увагу геологів через різноманітні корисні копалини. Наприклад, тільки у Середньому Побужжі в Україні було виявлено хромітові руди; цей регіон також вважають найбільш перспективним на пошуки елементів платинової групи.

Актуальність даної роботи обумовлена тим, що зростання вимог до мінерально-сировинної бази України обумовлює потребу у довивченні територій, перспективних на корисні копалини. Актуальність цієї проблеми визначається Законом України “Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року”, постановами Кабінету Міністрів України.

Предмет дослідження: речовинний склад та корисні копалини кори вивітрювання Середнього Побужжя.

Об'єкт досліджень: корисні копалини кори вивітрювання.

Мета роботи: вивчення мінерального і хімічного складу утворень кори вивітрювання ультрабазитів Середнього Побужжя.

Для досягнення поставленої мети було виконано наступні задачі:

1) вивчити геологічну будову району досліджень; 2) проаналізувати літературу, присвячену корисним копалинам регіону; 3) обрати методи дослідження речовинного складу утворень кори вивітрювання; 4) виконати дослідження шліфів та проб мінеральних агрегатів, для встановлення їх мінерального і хімічного складу.

Для виконання поставлених завдань застосовано такі методи: узагальнення первинної геологічної інформації, рентгеноструктурний аналіз, хімічний аналіз, диференційний термічний аналіз, оптична мікроскопія.

Матеріалом для дослідження були проби, відібрані у кар'єрах з видобутку силікатних руд нікелю у Середньому Побужжі, та шліфи, виготовлені з гірських порід.

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи був наказ ректора НТУ «Дніпровська політехніка» про затвердження тем кваліфікаційних робіт бакалаврів.

Основні результати досліджень були опубліковані у збірнику матеріалів конференції “Тиждень студентської науки”, яка відбулася 12-16 квітня 2021 р. у НТУ “Дніпровська політехніка”.

Не для копіювання 103-1871

## 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ІСТОРІЯ ВИВЧЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОГО РАЙОНУ

В Україні, як і в усьому світі, з кораами вивітрювання часто пов'язані різноманітні металічні (залізо, марганець, хром, кобальт, нікель, алюміній, тантал і ніобій) і неметалічні (в першу чергу, каоліни та інші глинисті породи) корисні копалини. Однак, за даними [18], процеси утворення давніх кір вивітрювання в Україні вивчено досить схематично. Разом з тим, корисні копалини кори вивітрювання мають неабияке значення для розвитку мінерально-сировинної бази України.

В Середньому Побужжі відомі родовища та рудопрояви нікелю, які за умовами утворення і локалізації поділяються на декілька генетичних типів: силікатні кобальт-нікелеві руди кір вивітрювання (залишкові), магматичні сульфідні мідно-нікелеві та кобальт-нікелеві сульфідно-арсенідні. Силікатні кобальт-нікелеві руди мають провідну роль і важливе економічне значення для регіону і держави в цілому.

Вивчення території Середнього Побужжя почалося в шістдесяті роки минулого століття. Так, 1959 році було виявлено більшість рудопровів силікатного нікелю в Середньому Побужжі. В докембрії було виділено чотири основних комплекси нижнього та верхнього «археозою» [4].

В 1974 р. були завершені тематичні дослідження платиноносності мафтів-ультрамафтів Середнього Побужжя, проведені співробітниками Інституту геохімії і фізики мінералів АН УРСР разом із Побузькою геологорозвідувальною експедицією [7]. Під час геологічних досліджень були виявлені аномалії платини на Північно-Тернуватській, Капітанській, Липовеньківській і Чемерпільській ділянках у Середньому Побужжі. Максимальний вміст платини (1 г/т) встановлений у Капітанському ультраосновному масиві. Однак самородна платина була зафіксована лише як мікроскопічні включення у різних мінералах. Лише в 2009 р. самородна платина у вигляді окремих зерен вперше виявлена у Чемерпільській та

Бакшинській структурах. Платиновмісні породи — розкислені, скарновані і березитизовані мафіти, кварцити, кальцифіри. Мінералогічні дослідження вказують на просторовий зв'язок платини з самородним золотом. Донедавна мінерали елементів платинової групи вважалися рідкісними утвореннями в кристалічних породах України. Проте протягом останніх десятиліть кількості їх знахідок на території країни та перелік зафіксованих платинових мінералів значно зросли. Насамперед це зумовлено використанням під час досліджень сучасного аналітичного обладнання, що дозволило діагностувати ці мінерали, які дуже часто мають мікроскопічні розміри. Основний приріст мінералів елементів платинової групи дає південно-західна частина Українського щита — Середнє Побужжя [13].

Також співробітниками Дніпропетровської гірничої академії в пробах Капітанського і Липовеньківського родовищ за допомогою методів електронної мікроскопії і мікрозондового аналізу були виявлені мікроскопічні виділення самородної платини, залізистої платини, ізофероплатини, іридосміну та не ідентифіковані кристалічні фази елементів платинової групи, а також паладієвого золота, андуоїту, ірарситу, лауриту, руарситу, спериліту, стибіопаладиніту [2, 8].

У Середньому Побужжі мінералізація благородних металів в ультрабазитах добре вивчена на Тарноватському і Капітанівському масивах. При розвідці хромітових руд Капітанівського масиву Г.Д. Лепіговим і А.П. Василенко в корах вивітрювання ультрабазитів були встановлені підвищені і близькі до промислових концентрацій аномалії Au, Pt, Pd і Ag, які приурочені до лінійних, відносно малопотужним (1,0-1,5 м) зон [2]. На Тарноватському масиві встановлено закономірне збільшення благороднометальної мінералізації з півночі на південь, що викликано переважанням в південній частині амфіболітів і габро-амфіболіти. При цьому виділені перспективні аномалії із середнім вмістом (мг/т): Au - 13,7; Ag - 18,8; Pt - 8,8; Pd - 15,6. Інші елементи платинової групи (ЕПМ) визначалися частково. На інших



ультрабазитових масивах Капітанського-Деренюхівського комплексу зміст був вивчений за одиничними пробами [2].

Раніше встановлено [2], що для кори вивітрювання ультраосновних порід Середнього Побужжя характерно повсюдна наявність платини і паладію, проте вміст цих металів в них незначно відрізняється від кількості в корінних породах. За даними А.Я. Канівського та А.Б. Фоміна, в нікеленосних корах вивітрювання гіпербазитової і габро-перидотит-дунітової формацій порід Середнього Побужжя в орах вміст Pt становить 17 мг/т, Pd - 18 мг/т. Проведені дослідження з розділення елементів групи Pt в цих породах привели до їх підрозділу на дві головні групи. Відповідно до їх геохімічним розподілом: а) група сумісних елементів Os-Ir-Ru, і б) група несумісних елементів Rh-Pt-Pd. Перша група має схожість з олівіном і хромітом у відсутності сульфідів. При наявності сульфідів в породі обидві групи залишаються виключно халькофільними і не виявляють тенденції до зв'язку з силікатами і оксидами. За даними А.Б. Фоміна, в гіпергенних умовах при утворенні кори вивітрювання по ультраосновних порід практично не відбувається винос Pt і Pd, і в зоні вивітрювання при безпосередньому окисненні платиноносних ультраосновних порід платинові родовища утворюються досить рідко [2, 8].

У 1984-1990 роках В.С. Костюченко, В.В. Зюльцле виконали глибинне геологічне картування масштабу 1:200 000. Ця робота стала основою підготовки до видання комплекту карт нового покоління. У звіті враховані моделі геологічної будови території, які в різний час були запропоновані Г.Г. Виноградовим, А.Я. Древіним, І.Б. Щербаковим, Ю.К. Пійяром. На геологічній карті кристалічного фундаменту було виділено таксоми на рівні породних комплексів, які картувалися за встановленими парагенетичними асоціаціями, що більше відповідає поняттю «геологічна формація». Автори звіту запропонували прийнятні висновки для прогностичної оцінки території щодо корисних копалин та геохімічної спеціалізації породних комплексів. В Середньому Побужжі каолінит-нонтронітова кора вивітрювання детально

вивчений М.Т. Вадимовим, І.Й. Шевчишиним, в процесі проведення пошуково-розвідувальних робіт. На родовищі Капітанівське, Липовенківське, Грушківське, спостерігається зональність, утворена по серпентинізованих піроксенітах, дунітах, перидотитах [4].

У 1972 році на Побужжі біля Первомайська було збудовано єдиний в Україні Побузький феронікелевий комбінат. Він використовував руду місцевих родовищ із вмістом нікелю 0,7-0,9%.

У 2014 році Українська компанія ТОВ "ВІП-Трейдер" здійснила геолого-економічну оцінку родовища й облаштувала дослідний кар'єр [17].

На початку 50-х років у результаті пошуково-розвідувальних робіт на нікель були виявлені хромітові руди і по двох ультрабазитових масивах захищені запаси по категорії С2 [8]. На початку 1990-х років були отримані нові дані про хромітоносність масивів ультрабазитів Середнього Побужжя. Пізніше було встановлено [1] різні морфогенетичні типи хромітового зруденіння у корі вивітрювання Східно-Липовеньківського родовища, які відрізняються за мінеральним складом руд і вмістом у них корисного компонента. У статті [5] наведена мінералого-технологічна характеристика хромітових руд кори вивітрювання Середнього Побужжя.

В Законі України "Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року" зазначається, що руди Капітанівського родовища хрому та інших перспективних об'єктів Середнього Побужжя потребують подальших досліджень на наявність у них промислових концентрацій золота і платиноїдів [5].

Кора вивітрювання докембрійських ультрабазитів у Середньому Побужжі містить також прояви декоративного каміння, а саме агатів, плазми і яшми [3]. Мінерали кремнезему утворили у корі вивітрювання агрегати у формі жил, рідше кірок та конкрецій, зустрічаються також ділянки суцільного окременіння пористих вохр. Більшість знайдених агатів мають смугасту текстуру, у них чергуються зони різного мінерального складу або

забарвлення. Описані побузькі агати білого, сірого, рожевого кольору, яшмо-агати рожевого і жовтого кольору, зелена плазма (агрегат халцедону, забарвлений включеннями хлориту). Генезис цих утворень визначено як гіпергенний (інфільтраційний).

У таблиці 1.1 зведено дані про відому корисну мінералізацію у корах вивітрювання Середнього Побужжя.

Таблиця 1.1 - Корисні копалини у корах вивітрювання Середнього Побужжя

Корисна мінералізація	Генезис / генетичний тип	Стан вивчення
Силікатна руда нікелю (нонтроніт)	Кори вивітрювання	Родовища: Липовенківське, Капітанівське, та рудопрояви [4]
Хроміт	Розсипний (елювіально-делювіальний)	Пушківське (промислового значення не має), Буртнянський (проведено пошуки) [4, 8]
Титанові руди (ільменіт)	Не визначено	Тарасівський (перспективи не вивчені) [4]
Золото	Залишковий, скарновий	Рудопрояви: Західно-Троянський (перспективи не вивчені), Побузький (представляє пошуковий інтерес), Капітанівський (підраховано запаси і перспективні ресурси за категоріями С <sub>2</sub> і Р <sub>1</sub> ) та інші [4]
Залізо, марганець	Залізо-марганцевих кір вивітрювання	Рудопрояви: Грушківський, Заваллівський, Новоселицький [4]
Платина	Кора вивітрювання	Чемерпільська структура Липовенківське, [13]
Алмаз	Не визначено; містяться у глинистій корі вивітрювання	Прояви: Тарасівський (у глинистій корі вивітрювання виявлено уламок зеленого кольору); Капітанівське (виявлено 20 уламків в глинистій корі вивітрювання) [4]
Вермикуліт	Залишковий	Прояв Липовеньківський, проведено попередню розвідку [9, 17]
Агат	Інфільтраційний	Прояв, перспективи не вивчені [3]
Циркон	Залишковий	Рудопрояв Голованівський-2, перспективи не вивчені [4]
Каолін	Залишковий	Родовище: Кінецьпільське (детально розвідане). Прояви: Свірневський (перспективи не вивчені), Березово-Балківський-2 (підраховані прогностичні ресурси) [4]

Висновки до розділу:

З корама вивітрювання докембрійських гірських порід Українського щита на Середньому Побужжі пов'язані різноманітні корисні копалини: нікелеві, кобальтові, хромітові руди, золото, алмаз, платина, каолін та ін.

Деякі з них утворюють родовища, інші — рудопрояви. Перспективи багатьох корисних копалин не з'ясовані і тому необхідно продовжувати вивчення речовинного складу кори вивітрювання Середнього Побужжя.

Не для копіювання 103-18-1

## **2 ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **2.1 Географічна характеристика району**

Середнє Побужжя знаходиться в південно-західній частині Українського щита. Адміністративна територія складається з Гайворонського, Ульяновського, Голованівського, Новоархангельського, Вільшанського, Добровеличківського районів Кіровоградської області, Савранського району в Одеській області, Первомайський та Кривоозерний райони в Миколаївській області, Уманського району Черкаської та Бершадського району в Вінницькій областях.

Рельєф території являє собою полого-рівнисту рівнину, розчленовану балками та річками, схили яких розрізані ярами. Абсолютна відмітка досягає від 247м на північному заході та 130 і менше на-південному сході. Грунт суглинистий, на сході-глинисті але в межиріччі Савранки та Південного Бугу - піщанистий. В долинах річок та балках води залягають на глибині 1-5 м, а на межиріччі - до 20 м. Річки належать до системи ріки Південний Буг, яка простирається на 110 км з заходу на схід. З півночі до нього впадають річки Синюха та Синиця з притоками Ятрань, Сухий, Чорний, Малий Ташлики. На півночі – р. Савранка, Гнилюха. Біля населених пунктів річки переходять в запруды, вони утворюють водосховища та ставки [4].

### **2.2 Тектоніка і стратиграфія району**

З геологічного погляду Середнє Побужжя розміщується в межах Українського Щита (УЩ), який є однією з найбільших піднятих ділянок кристалічного фундаменту Східно-Європейської платформи. Складність геологічної будови району зумовлена належністю до трьох геологічних районів Українського щита: Росинсько-Тікицького, Дністровсько-Бузького та Інгуло-Інгулецького [4].



У геологічному розрізі верхньої частини земної кори території чітко простежуються два структурних поверхи: верхній, складений осадовими відкладами покривного комплексу порід, і нижній, складений кристалічними утвореннями складчастого комплексу (рис. 2.1 і 2.2). Нижній структурний поверх складений докембрійськими відкладами. Більша частина території належить до Голованівської шовної зони, яка розділяє Волино-Подільський протоконтинент на заході та Кіровоградський ороген - на сході. Тектонічне районування докембрійських утворень зроблено за принципом виділення структурно-формаційних зон (СФЗ). Територія належить до двох СФЗ: Одесько-Білоцерківської на заході та Інгуло-Інгулецької на сході [4].

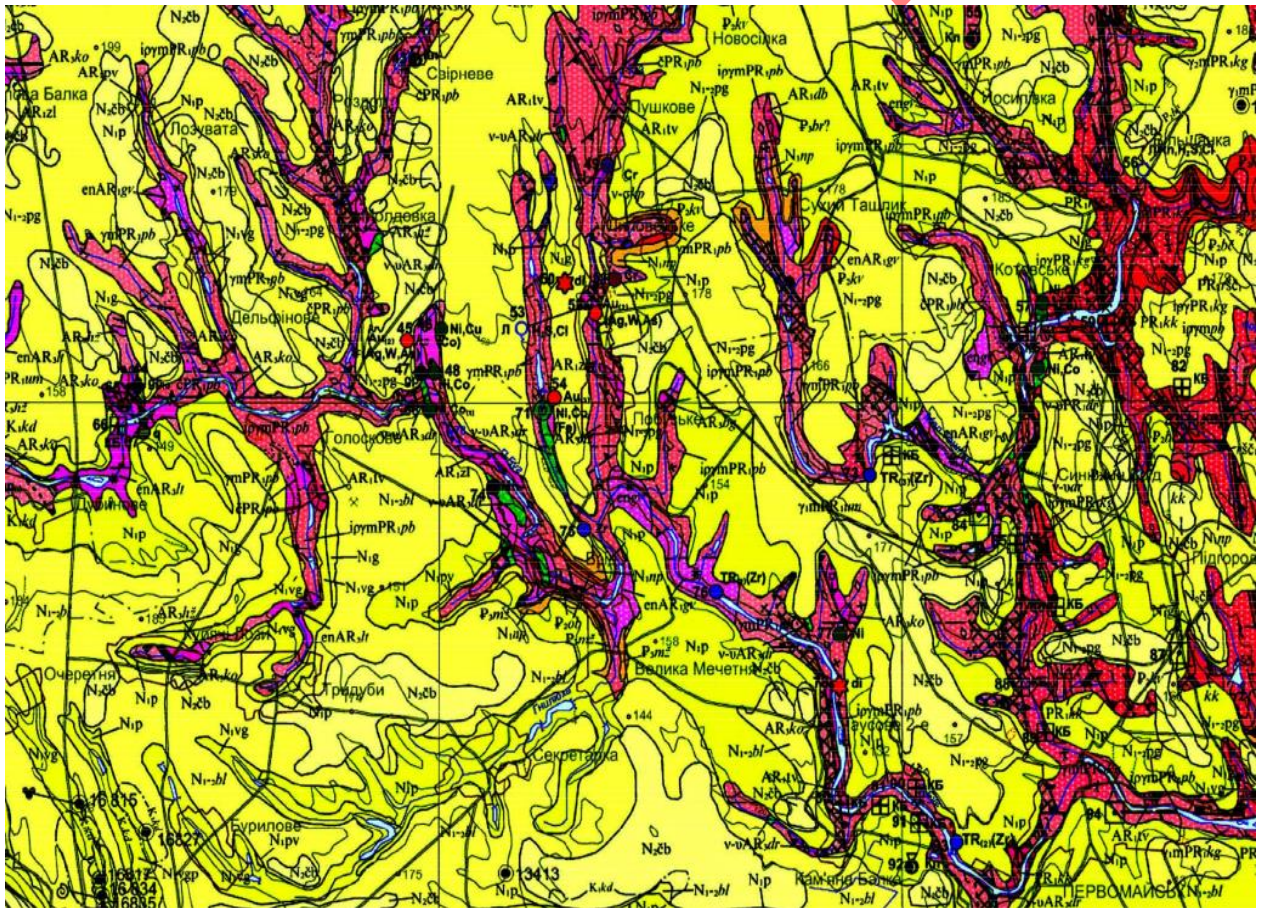


Рисунок. 2.1 - Геологічна карта Середнього Побужжя

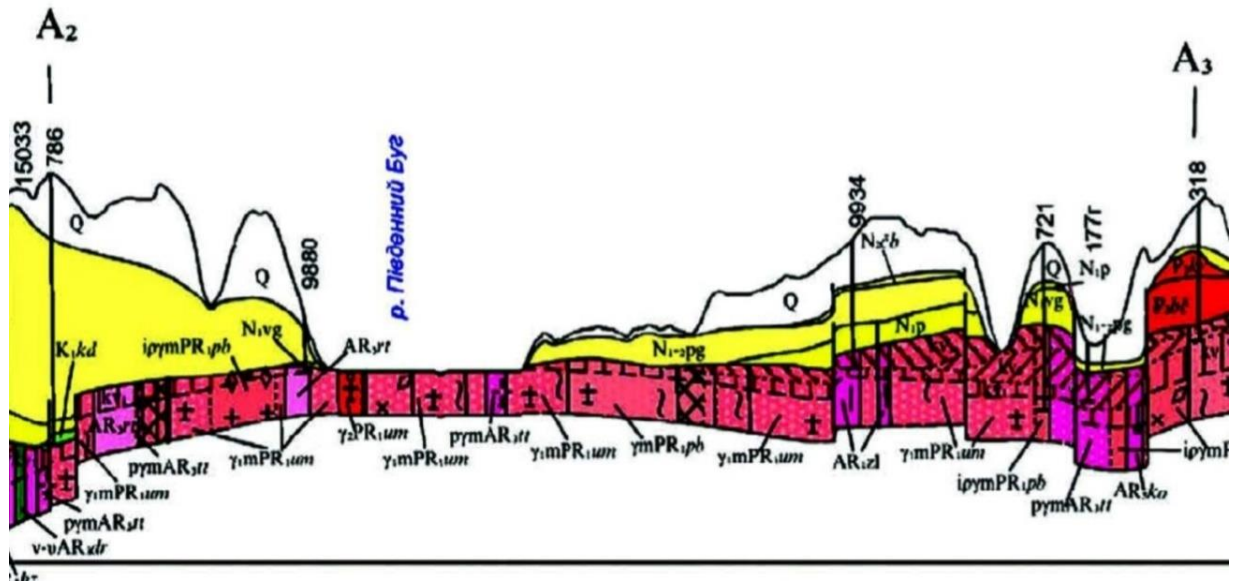


Рисунок. 2.2 - Геологічний розріз по лінії А<sub>2</sub>-А<sub>3</sub> докембрійських відкладень.

Масштаб горизонтальний 1: 200000, вертикальний 1: 5000

У розрізі нижнього структурного поверху виділяються наступні стратиграфічні підрозділи.

Дністровсько-бузька серія (AR<sub>1</sub>bd). Метаморфічні кристалічні утворення палеоархею, відповідно до діючої «Кореляційної стратиграфічної схеми УЩ», поділено на три товщі: тиврівську (AR<sub>1</sub>tv), павлівську (AR<sub>1</sub>pv), зеленолевадівську (AR<sub>1</sub>zl). Через інтенсивну гранітизацію та роз'єднаність розрізів взаємодія між ними достовірно не встановлена. У східній частині карти (сс. Осички, Мартинівка), поблизу Первомайської зони розломів, зроблено спробу показати геологічний розріз дністровсько-бузької серії, яка перекривається глиноземистими графітовими плагіогнейсами. Припускається, що тут товща представлена трьома товщами, неповної потужності [4].

До тиврівської товщі віднесено пачку порід потужністю ~160 м, яка представлена кристалосланцями ортопіроксеновими з прошарками двопіроксенових кристалосланців. Метаморфіти сильно гранітизовані і в розрізі переважають плагіомігатити ортопіроксенові та біотит-ортопіроксенові [4].



Тиврівська товща ( $AR_{1tv}$ ) поширена по всій території у вигляді смугоподібних та неправильної форми останців різних розмірів серед гранітоїдних гайворонського та по бузького комплексів. Товща представлена в основному кристалосланцями двопіроксеновими, ортопіроксеновими, роговообманковими [4].

До павлівської товщі відносять пачку порід потужністю  $\sim 320$  м, яка представлена переважно двопіроксеновими кристалосланцями, іноді з гранатом, і жили гранітів пегматоїдних та апліто-пегматоїдних.

Павлівська товща ( $AR_{1pv}$ ) виділена в районі с. Павлівка. До неї приурочені силікатно-магнетитові кварцити. Породи товщі розкриті численними свердловинами в районі сс. Лозувате, Ємилівка, Шепилівка, смт Голованівськ. Склад товщі строкатий. Верхня частина розрізу представлена глиноземистими гнейсами, кристалосланцями різного складу, присутні мезопертитові граніти, залістисті кварцити. Потужність товщі до 1,5 км [4].

Зеленолевадівська товща ( $AR_{1zl}$ ), потужністю  $\sim 170$  м, представлена метасоматичними біотит-гранат-кварц-польовошпатовими породами. Товща поширена в Ятранській, Побузькій, Синицівсько-Савранській підзоні Одесько-Білоцерківської СФЗ. У складі цієї товщі переважають гранат-біотитові, біотитові гнейси, в яких спостерігаються прошарки ортопіроксену.

Росинсько-тікицька серія ( $AR_{3rt}$ ) знаходиться в західній частині території. В основному це смугоподібні останці гранітоїдів уманського та тетіївського комплексів. У цих структурах породи залягають на строкатій карбонатно-залістисто-амфіболітовій товщі. У складі цієї товщі є потужні пласти амфіболітів. Загальна потужність серії складає близько 800 м. У складі серії присутні плагіогнейси біотитові, кристалосланці біотит-амфіболові, амфіболіти [4].

Інгуло-інгулецька серія ( $PR_{1ii}$ ). Згідно з «Кореляційною стратиграфічною схемою УЩ» у складі серії виділено дві світи: кам'янокостувацьку ( $PR_{1kk}$ ), потужність якої по профілю сягає 250 м і рошаківську ( $PR_{1rsc}$ ), потужністю більше 300 м, у ній виділено дві підсвіти.



Породи світ сильно гранітизовані гранітоїдами кіровоградського комплексу. Контакти метаморфітів з гранітоїдами поступові. Метаморфіти переповнені жилами аплітоїдних, апліто-пегматоїдних гранітів та пегматитів. Поблизу розломів і на інтенсивно гранітизованих ділянках породи зазнали регресивного метаморфізму в умовах амфіболітової фації. Породи світи вказують на їх осадове походження. Імовірно, це метаморфізовані піщані і глинисті мергелі [4].

Верхній структурний поверх складений осадовими відкладами фанерозою, які утворюють покривний комплекс.

### **2.3 Ультраосновні магматичні утворення району**

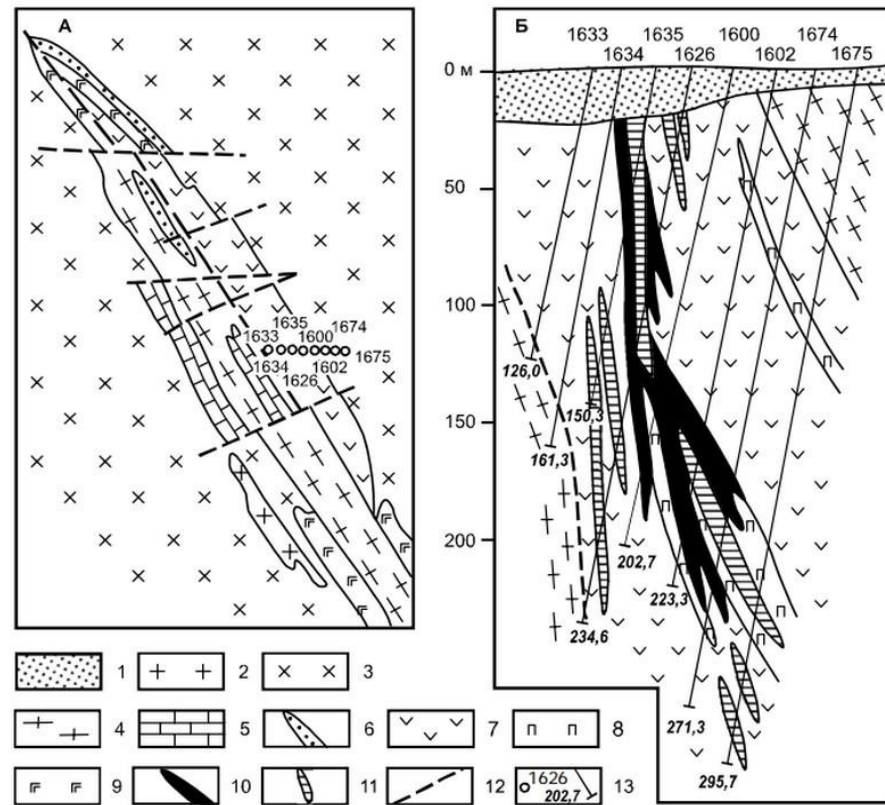
Магматичні родовища ряду корисних копалин утворювалися в тісному зв'язку з процесами охолодження масивів ультраосновних порід – дунітів і перидотитів, що проникали вздовж глибинних розломів, які виникали на ранніх етапах складчастості рухливих зон [7].

На території України поширені геохімічні аномалії хрому, відомі численні знахідки хрому, ультрабазитів і базит-ультрабазитів УЩ, рідше – тілах лужно-ультраосновного складу; у породах трапових формацій Волино-Поділля і девону Південного Донбасу; в ультрабазитах Закарпаття. Але родовища хроміту на Україні відомі тільки на Середньому Побужжі в районі сіл Капітанівка, Липовеньки та Липняги Голованівського району Кіровоградської області. Вперше на Українському щиті рудо прояви хроміту були виявлені в 1932 р. на лівому березі р. Південний Буг біля с. Завалля Гайворонського району Кіровоградської області. Але ці хроміти виявилися низькосортними і не були придатними для використання в металургійній промисловості. Використання їх в інших галузях промисловості також було обмежене через незначну кількість встановлених тут запасів (400–500 т) в основному вкраплених руд [7].

В 1952 р. при розвідці силікатних нікелевих руд Капітанівського родовища в корі вивітрювання однойменного ультрамафітового масиву були відкриті рудні тіла хромітів. В наступні роки в межах південно-західної частини УЩ було виявлено понад 10 різних за розмірами родовищ та рудо проявів хромітових руд. Найбільші з них – Капітанівське, Шкільне й Західне Липовеньківське якій стали предметом подальшої розвідки. Всі вони входять до складу Капітанівського рудного поля Побузького рудного району Голованівської СМЗ Дністровсько-Бузької металогенічної субпровінції. В геологічній будові рудного поля бере участь великий комплекс осадово-метаморфічних, метасоматичних та магматичних гірських порід докембрію, перекритих з поверхні утвореннями мезокайнозою. Складчаста будова кристалічного фундаменту району ускладнена розломною тектонікою [7].

На території Середнього Побужжя виявлено 62 масиви ультрамафітів, представлених двома формаціями: дуніт-гарцбургітовою (гіпербазитовою) та дуніт-перидотит-габро-норитовою. Масиви ультраосновних гірських порід сконцентровані в межах Хашчевато-Заваллівської і Первомайсько-Голованівської структур. Вони мають довжину за простяганням від перших сотень метрів до 3-4 кілометрів. Всі відомі рудопрояви та родовища хромітів пов'язані з ультрамафітовими масивами тільки гіпербазитової формації. Породи комплексу приурочені до Ємилівської шар'яжної зони, яка обмежена з півночі – Ємилівським, а з південного заходу – Капітанівськими розломами. Контакти з породами, які їх вміщують, часто тектонічні. Серед серпентинізованих перидотитів поблизу з гнейсами або гранітоїдами часто спостерігаються ортопіроксенові зони потужністю від перших до 20 метрів. Максимальна довжина пластоподібних тіл до 2500 м, ширина – до 300 м. більшість тіл мають круте падіння на північний схід [4]. Капітанівське родовище локалізоване в однойменному ультраосновному масиві, складеному метаморфізованими дунітами, гарцбургітами, піроксенітами. Рудні поклади представлені дев'ятьма зближеними круто падаючими рудними тілами лінзо- та стовпоподібної форми, які мають порівняно

невелику потужність(0.5-12 м) і простежені бурінням на 50–160 м за простяганням і на 75–300 м за падінням [7]. На рисунку 2.3 зображено вміст та розріз Капітанівського родовища.



1- осадочні породи, 2- пегматоїдні граніти і апліти, 3-мігматити подільського комплексу, 4-гнейси, 5-мармури, 6-кварцити бузької серії, 7-серпентиніти, 8- гнейси піроксенові, 9-габроамфоболіти, 10 - суцільні хромітові руди, 11- густо вкраплені хромітові руди, 12- тектонічні порушення, 13- свердловини, їх номер і глибина

Рисунок 2.3 - Схематичні план (А) та розріз (Б) Капітанівського родовища хромітів, [7]

Вміст триоксиду хрому змінюється від 6 до 45% (середній 29%). За текстурно-структурними особливостями і вмістом  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (%) виділяють руди бідні (6-15), вкраплені (15-29), густовкраплені (28-30), масивні суцільні (40-45). Їх мінеральний склад: хромпікотит (до 90% рудної маси), присутні хромдіопсид, магнетит і карбонати. У верхніх частинах хромових рудних покладів (до глибин 100-300 м) нерідко розвиваються лінійні кори

вивітрювання, складені кондиційними хром-нікелевими рудами [7]. Прогнозні ресурси Капітанівського родовища до глибини 600 м складають 6.5-7.0 млн т руди із середнім вмістом  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  28%, а всього району – 30 млн т руди при середньому вмісті 26-28% [8].

Родовище Західно-Липовеньківське складається з двох рудних покладів, які простежені на 40–80 м за простяганням й на 50–75 м за падінням. Рудні поклади названих родовищ мають круте падіння на північний схід – 70–80°. За кількістю хромшпінелідів і вмістом  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  хромітові руди Середнього Побужжя поділяються на суцільні, густо вкраплені й рідко вкраплені. Вміст триоксиду хрому в них складає відповідно 35% і більше, 15–35% та 6–15%. Найбільше розповсюджені густо вкраплені руди. Головними рудними мінералами є хромшпінеліди. Вміст шкідливих домішок становить: S – 0.02–0.026% та P – 0.04%, що не перевищує припустимого (S – 0.05% та P – 0.07%) для чорної металургії. Щільні різновиди суцільних хромітових руд придатні для виготовлення магнезитових вогнетривів, а також для виплавки ферохрому. Густо вкраплені руди легко збагачуються гравітаційним методом з видобуванням 73.8% концентрату, в якому міститься 42%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Густо вкраплені руди на родовищах Середнього Побужжя складають 80% загальних запасів хромітів, що підлягають збагаченню. На суцільні руди які не вимагають збагачення припадає 20% запасів [7].

Деренюхівський комплекс. Породи представлені великою кількістю свердловин і залягають у вигляді між пластових тіл серед утворень бузької серії. Іноді вони спостерігаються серед гранітоїдів по бузького комплексу. На відміну від дуніт-гарцбургітової формації (капітанівський комплекс) масиви дуніт-перидотит–габроноритової – характеризуються значною диференційованістю. Найширше розповсюджені габроїди (габронорити, норити) менше поширені перидотити (верліти, лерцоліти, гарцбургіти). Дуніти становлять не більше 10%. Контакти габроїдів з перидотитами, в основному, різкі, а з піроксенітами- поступові. Породи комплексу інтенсивно

змінені, це скоріше серпентиніти, амфіболіти. Ступінь змінності порід залежить від розміру тіл, положення та тектонічної порушеності. Дрібні тіла і крайові частини змінені інтенсивніше. Незмінені дуніти спостерігаються у Тернуватському, Східно-Люшневатському, Грушківському масивах. Залягають в центральних частинах серпентинізованих перидотитів[4].

Отже, хромітові родовища Середнього Побужжя УЩ мають інтерес у зв'язку з необхідністю забезпечення промисловості України вогнетривкою сировиною і сировиною для виробництва ферохрому. Вміщуючі породи – серпентиніти – можуть розглядатися як супутня сировина для сантехнічних виробів, мінеральної вати, магнієвих добрив для сільського господарства та облицювальної плитки з приємною зеленою гамою кольорів [7].

#### **2.4 Кора вивітрювання докембрійських кристалічних порід**

Кора вивітрювання на докембрійських кристалічних породах розвинута по всій території району, вона відсутня лише в зонах розмиву (територія річок Синюха, Ятрань, Південного Бугу). Кора вивітрювання утворювалась протягом тривалого часу, впродовж палеозою, мезозою, кайнозою, коли клімат був теплим і вологим.

За морфологічними особливостями в районі виділяється два типи кори вивітрювання: плащова і лінійна. Перша покриває докембрійські породи у формі чохла, друга утворилася вздовж зон розломів.

Плащова кора вивітрювання має в своїй будові чотири зони (знизу вгору):

1. Зона дезінтеграції. Це зона початкового вивітрювання. Вона розташована на “свіжих” докембрійських породах, для неї характерна серицитизація, слабка каолінізація, хлоритизація, утворення мікро тріщинуватості з інтенсивним озалізненням, а також карбонатизація [9]. Потужність зони складає перші метри.

2. Зона гідрослюд знаходиться вище за розрізом. Це зона проміжних продуктів вивітрювання. Вона характеризується заміщенням біотиту гідробіотитом, хлориту гідрохлоритом, частковою каолінізацією, озалізненням, монтморилонізацією, нонтронізацією.

3. Зона каолінітова, нонтронітова, монтморилонітова. Знаходиться вище за попередньо описану зону. Має чітко визначені особливості в залежності від речовинного складу вихідних порід. Каолінітова кора формується по гнейсах, плагіогнейсах, мігматитах і гранітах. Бейделіт-монтморилонітова зона формується по габро та габроноритах, кристалосланцях, амфіболітах та амфібол-піроксенових плагіогнейсах. А по серпентинітах, піроксенітах, перидотитах формується нонтронітова кора вивітрювання.

4. Самою верхньою є зона бурих залізняків, вохр, вторинних кварцитів. Вона виникає під час повного вилуговування мінералів у корі вивітрювання. Бурий залізняк, кварцита деякі інші мінерали є хімічно стійкими і залишаються на місці свого утворення.

Отже, кора вивітрювання району розділяється на декілька типів за мінеральним складом. Це каолінітовий, монтморилонітовий, нонтронітовий та змішаний типи. По кислих породах (граніти, гнейси, мігматити) розповсюджений каолінітовий тип. Потужність і склад новоутворень в окремих місцях змінюється, але переважає каолініт. Потужність первинного каолініту по гранітах становить 5-15 м. Складена ця кора вивітрювання, в основному озалізненіми білими каолінами з різним вмістом реліктового кварцу. В корі по гнейсам існують такі мінерали, як графіт, гранат, силіманіт. Колір їх бурий. У корі вивітрювання кристалічних вапняків спостерігається скупчення піролюзиту [4].

Вздовж зон розломів утворилася кора вивітрювання лінійного типу, яка має потужність до 70 м. Її особливістю є те, що вертикальна зональність майже відсутня, а також розвинуті ділянки окременіння.

### **Висновки до розділу.**

Територія Середнього Побужжя відноситься до трьох геологічних районів УЩ. Територія має два структурних поверхи, верхній та нижній. Вони складені осадовими відкладами та кристалічними утвореннями, відповідно.

З ультраосновними магматичними породами в Середньому Побужжі пов'язані близько десяти родовищ корисних копалин, які мають магматичний і гіпергенний генезис. Ці родовища містять запаси нікелю, хрому, платини, а це значить, що для нашої країни вони мають досить велике значення.

Кора вивітрювання докембрійських утворень існує майже по всій території Середнього Побужжя і поділяється на кілька типів за морфологією і мінеральним складом. Найбільш різноманітною і цікавою з позицій перспектив виявлення цінних компонентів виглядає кора вивітрювання ультрабазитів.

Не для копіювання 103181



### 3 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для вивчення речовинного складу кори вивітрювання необхідно обрати комплекс лабораторних методів дослідження, які б дозволили діагностику мінералів у приховано кристалічних агрегатах. Крім того, у деяких випадках можливе застосування оптичної мікроскопії.

#### 3.1 Диференціальний термічний аналіз (ДТА)

Цей метод полягає в порівнянні температури досліджуваного зразка з температурою деякого термоінертного еталонного матеріалу в процесі лінійного підвищення температури. Під час аналізу температуру досліджуваної проби і термоінертної речовини вимірюють і реєструють різницю їх температури у вигляді кривої ДТА. Отримана крива являє собою зображення різниці температур, зафіксованої по осі ординат, і часу або температури по осі абсцис зліва направо. Термограма показує зміну енергії незалежно від того, змінюється маса чи ні. При нагріванні температура зразка може змінюватися в результаті фазових переходів і хімічних реакцій, пов'язаних зі зміною ентальпії. До таких процесів належать: плавлення, кипіння, випаровування, сублімація, перебудова або руйнування кристалічної решітки речовини, а також реакція дисоціації і протікають процеси одночасно поліморфних перетворень, дегідратації, окислення, відновлення, дисоціації супутніх мінеральних фаз. Ці процеси супроводжуються виділенням або поглинанням тепла і викликають відповідно екзотермічні або ендотермічні ефекти. Термічні ефекти, виражені в зламах лінії ДТА, дозволяють ідентифікувати досліджувану речовину (мінерал) і оцінити його вміст в пробі. При якісній інтерпретації результатів ДТА використовують атласи еталонних термічних кривих. В кількісному методі ДТА використовують припущення, що площа піку пропорційна теплоті реакції і



кількості вступає в реакцію речовини. Це припущення не є суворим, тому ДТА найчастіше застосовують для якісної оцінки зразків [19].

### **3.2 Рентгенофлуоресцентний аналіз (РФА)**

Він заснований на отриманні в якості аналітичного сигналу вторинного випромінювання (флуоресценції) вільних атомів елементів в плазмі, що виникає за рахунок поглинання ними квантів електромагнітних коливань більш високих енергій. Рентгенівські промені, які надходять зі зразка, порівнюють з рентгенівськими променями, що виходять від стандартних зразків. Їх вимірюють в тих же експериментальних умовах. Недостатня роздільна здатність обмежує використання РФА при аналізі мінералів, і розглянутий метод застосовують для валового аналізу порід і руд. РФА відноситься до силових методів. Інтенсивність флуоресцентної лінії зростає зі збільшенням первинного збуджуючого рентгенівського випромінювання. Рентгенофлуоресцентний аналіз застосовують як для визначення макрокомпонентів, так і окремих компонентів з малим вмістом [19].

Рентгенофлуоресцентний аналізатор Elva-X призначений для експресного якісного і кількісного аналізу складу речовин на вміст хімічних елементів від Cl (атомний номер  $Z = 17$ ) до U ( $Z = 92$ ) в широкому діапазоні концентрацій. Точність виміру масових часток металів не менше 0,1% .

### **3.3 Кристалооптичний метод**

Це дослідження оптичних властивостей мінералів за допомогою петрографічного поляризаційного мікроскопа.

Поляризаційний мікроскоп призначений для визначення кристалооптичних властивостей мінералів, а також вивчення мінерального складу та структурно-текстурних особливостей гірських порід.

Головними складовими частинами поляризаційного мікроскопа є штатив, освітлювальний пристрій, предметний столик та тубус [22]. Він призначений для досліджень гірських порід та мінералів. На відміну від звичайного біологічного мікроскопу оснащений двома призмами Ніколя – поляризатором та аналізатором. Поляризатор, який розташований під предметним столиком, перетворює звичайне світло на поляризоване. Аналізатор, який розташований над об'єктивом, дає змогу аналізувати поляризоване світло після його проходження крізь препарат.

Освітлювальний пристрій розташований у нижній частині прибору під предметним столиком і складається з дзеркала, поляризатора, діафрагми та лінзи Лазо. Поляризатор обертається навколо власної осі та фіксується за допомогою ручки та стопорного гвинта. Весь освітлювальний пристрій можна рухати вгору або вниз за допомогою гвинта [22].

Предметний столик являє масивний диск, на якому, за допомогою притискних лапок, кріпиться шліф. Предметний столик вільно обертається навколо вертикальної осі, що співпадає з оптичною віссю мікроскопа. Зовнішній край столика градуирований на  $360^\circ$ , що дозволяє, за допомогою ноніусів, вимірювати кути обертання [22].

Тубус у нижній частині має затискач для кріплення об'єктива. До кожного мікроскопа додається набір змінних об'єктивів з різними збільшеннями. Над об'єктивом у тубусі зроблений отвір для компенсаторів. Вище отвору знаходиться аналізатор, який можна, при необхідності, включати в оптичну систему та виключати з неї. У верхній частині тубуса розташований окуляр [22].

На явищах двозаломлення, поляризації та повного внутрішнього відбиття побудовано робота призми Ніколя – головних складових частин поляризаційного мікроскопу. Призма Ніколя являє кристал ісландського шпату, який розрізаний на дві частини під певним кутом до граней та склеєний по площині зрізу канадським бальзамом. Промінь світла, проходячи крізь нижню частину призми, розкладається на два поляризованих промені

з  $n_o=1.658$  та  $n_e=1.536$ . Оскільки для одного з променів показник заломлення  $n_o=1.658$  є більшим ніж у канадського бальзаму ( $n_{к.б.}=1.537$ ) і кут падіння перевищує межовий, то на межі кристал – канадський бальзам цей промінь зазнає повного внутрішнього відбиття і розсіюється на оправі призми. Інший промінь пройде крізь площину зрізу з канадським бальзамом, а також верхню частину призми. В результаті, на виході з призми Ніколя, ми отримуємо лише один плоскополяризований промінь [22].

В поляризаційному мікроскопі звичайно використовують дві призми Ніколя, які поляризують світло у двох взаємо-перпендикулярних площинах. Одна призма, яка зветься власне "поляризатор", перетворює звичайне світло на поляризоване перед проходженням через досліджуваний мінерал. Друга призма, "аналізатор", дозволяє вивчати оптичні явища, що відбуваються при проходженні поляризованого світла крізь досліджуваний мінерал [19]. У сучасних мікроскопах у якості поляризаторів використовують синтетичні поляроїдні пластинки.

### 3.4 Рентгеноструктурний аналіз

У цьому методі проводиться аналіз структури речовини за допомогою рентгенівських променів. Основне завдання аналізу - визначення кристалічної структури мінералу. Розроблені різні методи рентгенівського дослідження, кожен з яких дозволяє отримувати спеціалізовану інформацію [19].

Метод, який має назву рентгенофазовий аналіз, полягає в ідентифікації різних фаз в їх суміші на основі аналізу дифракційної картини, що дається досліджуваним зразком. Визначення речовини в суміші проводиться по набору його міжплощинних відстаней і відносним інтенсивностям відповідних ліній на рентгенограмі [21]. Рентгенофазовий аналіз дозволяє визначити основні мінеральні компоненти вихідної проби, оцінити ступінь

впорядкованості змішано-шаруватих мінералів і ступінь гідратованості слюд[19].

Дифрактометрія є оптимальним методом фазового аналізу. Дифракційні рефлекси фаз низького вмісту можуть стати непомітними. Чим більше фаз присутній в пробі, тим важче розшифровка дифрактограм. Надійні результати можна отримати при аналізі суміші, що містить не більше 6-8 компонентів. Поріг виявлення мінералу залежить від складу і кристалічної структури, так як вони визначають інтенсивність розсіяного ними випромінювання, а також від загального фазового складу досліджуваної проби і від умов експерименту [19].

Поріг виявлення мінералів знаходиться в межах від 0,5 до 3% масових часток. Для того щоб виявити фази низького вмісту, необхідно попередньо розділити на фракції по щільності геологічні об'єкти (руди, породи і т.д.). Таким шляхом були виявлені мінеральні форми олова, високий ступінь дисперсності яких ускладнює їх виявлення [19].

Особливе значення має рентгенофазовий аналіз різних глин. Відомо, що глинисті утворення мають високий ступінь дисперсності. Це ускладнює їх оптичне вивчення. Для надійного аналізу глин необхідно проводити рентгенофазовий аналіз на тонких (менше 0,001 мкм) фракціях [19].

### **Висновки до розділу.**

Для вивчення речовинного складу утворень кори вивітрювання докембрійських порід Середнього Побужжя необхідно використати ряд лабораторних методів: рентгеноструктурний (рентгенофазовий) аналіз, рентгенофлуоресцентний аналіз, кристалооптичний метод і диференційний термічний аналіз.

## **4 ВИВЧЕННЯ РЕЧОВИННОГО СКЛАДУ КОРИ ВИВІТРЮВАННЯ УЛЬТРАБАЗИТІВ СЕРЕДНЬОГО ПОБУЖЖЯ**

У дослідженні були використані зразки, відібрані у корі вивітрювання ультрабазитів Середнього Побужжя — у кар'єрах Липовеньківського і Деренюхінського родовищ силікатних руд нікелю. Для вивчення речовинного складу зразків були застосовані наступні методи досліджень: макроскопічне вивчення, рентгенометричний і термічний аналізи, кристалооптичний метод, рентгенофлуоресцентний аналіз. Методи дослідження обирались у залежності від особливостей кожного зразка і від завдань, що вирішувалися. Спочатку визначався мінеральний склад зразків, а потім був вивчений хімічний склад деяких з них за допомогою рентгенофлуоресцентного аналізу.

### **4.1 Дослідження мінерального складу зразків**

Мінеральний склад проби №22.

Ця проба має вигляд пухкого землистого агрегату (рис. 4.1), з такими фізичними властивостями: колір бурувато-зелений, твердість 2-2.5, розкисає у воді.



Рисунок 4.1 - Проба №22

За такими зовнішніми ознаками можна припустити, що у пробі знаходиться глинистий мінерал, а саме нонтроніт. Це припущення підтвердилося після вивчення результатів рентгенометричного і диференціального термічного аналізів, що наводяться нижче (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1– Інтенсивність рентгенівських рефлексів та міжплощинні відстані для проби №22

1		2		3	
I	D	I	d	I	D
100	15	10	15.6		
24	8.27				
52	7				
50	4.69				
54	4.57			4	4.6
28	4.5	10	4.55		
21	4.15			10	4.18
12	3.90				
15	3.69				
17	3.63				
65	3.53				
15	3.47			10	3,41
12	3.32			3	3.36
18	3.16	2	3.11		
22	2.52	10	2.56		
23	2.51				
14	2.02			1	2.0
21	1.43				

Примітка: 1 – проба №22, 2 - нонтроніт, 3 - гетит (за [14])

Після проведення порівняння результатів рентгенометричного дослідження проби №22 з кори вивітрювання ультрабазитів Середнього Побужжя та еталонними пробами мінералів нонтроніту та гетиту був



зроблений висновок, що основний мінерал проби – нонтроніт, його супутній мінерал – гетит.

Цей висновок був зроблений на основі порівняння інтенсивностей та міжплощинних відстаней проби та мінералів-еталонів, максимумами яких збігаються. Інтенсивність (I) та міжплощинна відстань (d, нм) максимумів проби №22 дорівнюють (I=100, d=15), а у рентгенометричному аналізі еталона нонтроніту значення максимуму (I=100, d=15.6) мають дуже приближені значення.

На термограмі проби №22 спостерігається два ендотермічні ефекти та один екзотермічний ефект. Перший має початок при  $T=80^{\circ}\text{C}$ , закінчення при  $T=260^{\circ}\text{C}$ , максимум за температури  $120^{\circ}\text{C}$ . Цей ефект має найбільшу амплітуду. Другий ефект має початок при  $T=510^{\circ}\text{C}$ , закінчення при  $T=590^{\circ}\text{C}$ , з максимумом при  $550^{\circ}\text{C}$ . Третій ефект має початок при  $T=820^{\circ}\text{C}$ , закінчення при  $T=860^{\circ}\text{C}$ . Така форма кривої ДТА і значення температур, термічні ефекти відповідають нонтроніту, згідно з [9].

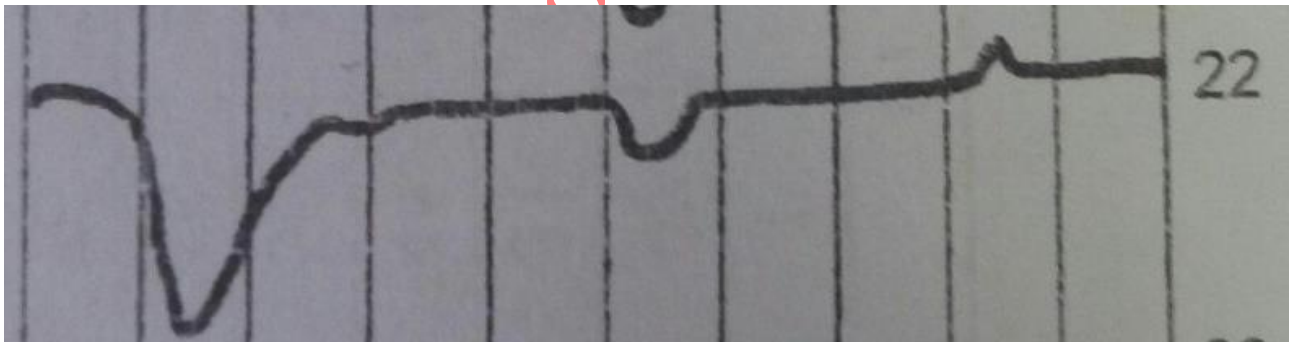


Рисунок 4.2. Крива ДТА проби №22.

#### Мінеральний склад проби №39

Ця проба має вигляд приховано-кристалічного агрегату. Колір бурий (рис. 4.3), риска жовто-бура, твердість 4-5. За такими зовнішніми ознаками можна припустити, що у пробі знаходиться гетит. Це припущення підтвердилося після вивчення результатів рентгенофазового і диференціального термічного аналізів, що показано в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Інтенсивність рентгенівських рефлексів та міжплощинні відстані для проби №39

1		2		3	
I	D	I	d	I	d
15	5,02	2	5,0		
15	4,94				
20	4,52				
33	4,40				
50	4,31				
25	4,20			10	4,20
100	4,17	10	4,18		
13	3,93				
16	3,41				
20	3,37	3	3,36		
33	3,33			10	3,34
10	3,14				
10	3,12				
33	2,73				
45	2,70	8	2,69		
34	2,58	2	2,57		
34	2,52				
68	2,48	9	2,45		

Примітка: 1 – проба №39, 2 - гетит (за [14]), 3 - кварц (за [14])

Після проведення порівняння результатів рентгеноструктурного аналізу проби №39 з кори вивітрювання ультрабазитів Середнього Побужжя та еталонних рентгенограм гетиту та кварцу був зроблений висновок, що основний мінерал проби – гетит, його супутній мінерал – кварц. Цей висновок був зроблений на основі порівняння інтенсивності та міжплощинних відстаней проби та мінералу-еталону, максимумами яких збігаються. Наприклад, інтенсивність (I) та міжплощинна відстань (d, нм) у максимумі проби №39 дорівнюють (I=100, d=4,17), а у рентгенометричному аналізі еталона гетита значення максимуму (I=10, d=4,18) мають дуже схожі значення з пробою №39. Також мінерал гетит має такі ж морфологічні та



фізичні властивості, як і мінерал проби №39. На рисунку 4.2 зображено гетит.



Рисунок 4.3 Зразок 39

На термограмі проби спостерігається два ендотермічні ефекти. Перший має початок при  $T=280^{\circ}\text{C}$ , закінчення при  $T=430^{\circ}\text{C}$ . Цей ефект має найбільшу амплітуду. Другий ефект має початок при  $T=610^{\circ}\text{C}$ , закінчення при  $T=700^{\circ}\text{C}$ . Така форма кривої ДТА і значення температур, термічні ефекти відповідають гетиту, згідно з [3].

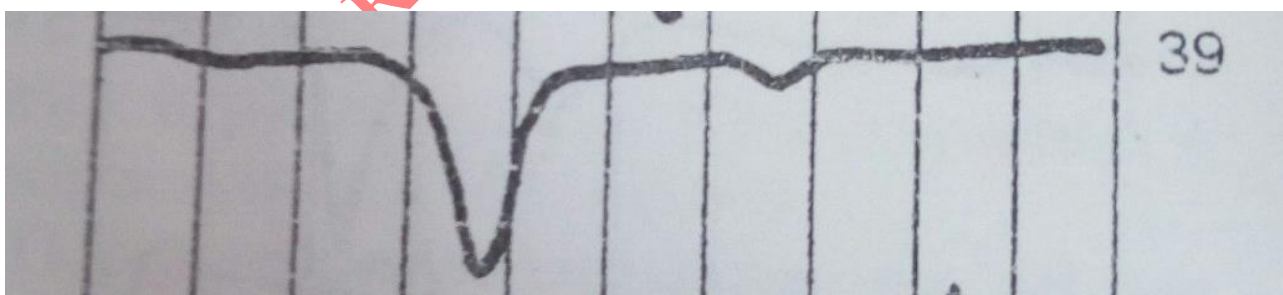


Рисунок 4.4 – Крива ДТА проби №39

#### Мінеральний склад проби №40

Ця проба має вигляд дрібнолускуватого агрегату. Колір зелений, спайність цілком досконала, твердість 2-3. За такими зовнішніми ознаками можна припустити, що у пробі знаходиться хлорит. Це припущення

підтвердилося після вивчення результатів рентгенофазового і диференціального термічного аналізів.

Після проведення порівняння результатів аналізу проби №40 з кори вивітрювання ультрабазитів Середнього Побужжя та еталонними пробами хлориту був зроблений висновок, що основний мінерал проби – хлорит, а саме клінохлор. Цей висновок був зроблений на основі порівняння інтенсивності та міжплощинні відстані проби та мінералу-еталону, максимуми яких збігаються.

Наприклад інтенсивність (I) та міжплощинна відстань (d, нм) у максимумі проби №40 дорівнюють (I=100, d=3,58), а у рентгенометричному аналізі еталона хлориту значення максимуму (I=10, d=3,53) мають дуже близькі значення.

Таблиця 4.3 – Інтенсивність рефлексів та міжплощинні відстані проби №40

1		2	
I	D	I	d
60	14,1	10	13,85
2	9,4		
75	7,13	8	7,01
1	5,70		
75	4,77	8	4,69
2	4,21		
3	4,10		
100	3,58	10	3,53
1	3,35		
1	3,24		
2	3,07	0,5	3,08
34	2,86	6	2,83
1	2,46	6	2,40
10	2,05	1	2,05
4	1,43		
2	1,40		

Примітка: 1 – проба №40, 2 – хлорит (клінохлор), за [14]

На термограмі проби №40 спостерігається два ендотермічні ефекти та один екзотермічний ефект. Перший має початок при  $T=490^{\circ}\text{C}$ , закінчення при  $T=600^{\circ}\text{C}$ . Цей ефект має найбільшу амплітуду. Другий ефект має початок при  $T=600^{\circ}\text{C}$ , закінчення при  $T=730^{\circ}\text{C}$ . Цей ефект має найбільшу амплітуду. Третій ефект має початок  $T=800^{\circ}\text{C}$ , закінчення при  $T=910^{\circ}\text{C}$ . Така форма кривої ДТА і значення температур, термічні ефекти відповідають хлориту, згідно з [9].

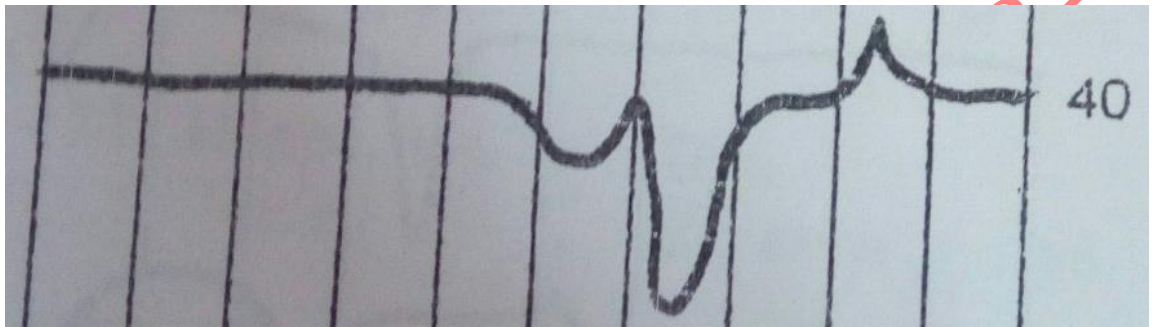


Рисунок 4.5. Крива ДТА проби №40

Мінеральний склад зразка П 2.

Мінеральний агрегат приховано-кристалічний, має зелений колір, твердість 6-7. Вивчення його складу проводилося у шліфі, за допомогою поляризаційного оптичного мікроскопа.

Шліф № П 2.

Хлорит-халцедонова порода (плазма).

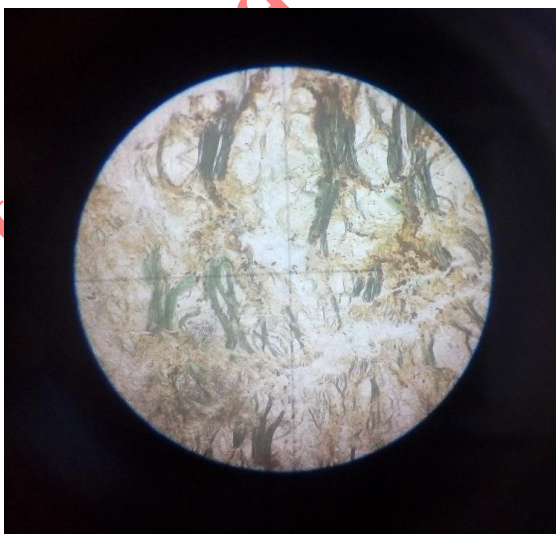


Рис. 4.6 – Фотографія гірської породи під мікроскопом, а – без аналізатора, б – з аналізатором. Діаметр поля зору 3 мм.

Структура: лепідо-фібробластова.

Мінеральний склад: хлорит (25%), халцедон (75%), гетит – одиничні зерна.

#### Хлорит.

Міститься в породі у вигляді тонких лусочок.

Діагностичні ознаки:

- колір зелений, плеохроїзм до ясно-жовтого;
- спайність дуже досконала;
- показники заломлення:  $n_p = 1.57-1.66$ ,  $n_m = 1.57-1.67$ ,  $n_g = 1.57-1.67$ ;
- двозаломлення до 0.006, згасання пряме, подовження позитивне.

#### Халцедон.

В даному шліфі спостерігається волокнисті індивіди халцедону з субпаралельним орієнтуванням волокон, який становить основну масу плазми, та сфероліти.

Діагностичні ознаки мінералу:

- колір безбарвна, плеохроїзм відсутній;
- спайність відсутня;
- показники заломлення:  $n_e = 1.5333 - 1.539$ ,  $n_o = 1.530 - 1.533$ ;
- двозаломлення 0,007;
- згасання пряме, подовження негативне.

Гетит утворює дисперсні агрегати у халцедоні, забарвлюючи його у коричневий колір.

#### Мінеральний склад зразка №62

Мінеральний агрегат приховано-кристалічний, з тонкими білими прожилками. Колір основної частини зразка темно-зелений, твердість 3. Склад зразка вивчався у шліфа, за допомогою поляризаційного оптичного мікроскопа.

#### Опис шліфа №62

Карбонатизований серпентиніт.

Мінеральний склад: кальцит (40%), гетит (10%), хризотил (10%), антигорит (20%), хлорит (15%), ромбічний піроксен (4%), рудний мінерал (1%).

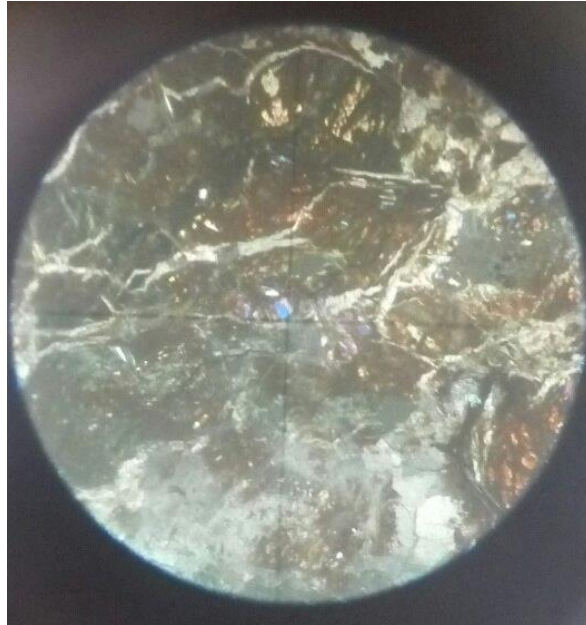


Рисунок 4.7 - Гірська порода під мікроскопом. З аналізатором, поле зору 3мм

#### Кальцит

В даному шліфі кальцит утворює зернисті агрегати, форма зерен мінералу ізометрична. Також були помічені радіально-променисті агрегати кальциту, які можна було спостерігати з включеним аналізатором.

Діагностичні властивості мінералу: колір білий, колір інтерференції: білий вищого порядку, сила двозаломлення 0.154 — 0.174, показники заломлення:  $n_o = 1.640 - 1.660$ ,  $n_e = 1.486$ ; спайність досконала.

#### Гетит

В даному шліфі гетит заміщає зерна серпентину, таким чином створюючи псевдоморфозу.

Гетит має такі оптичні властивості:

- Колір: коричневий
- Колір інтерференції: червоно-бурий
- Сила двозаломлення:  $\delta = 0.133 - 0.134$ ;



- Показники заломлення:  $n_{\alpha} = 2.260 - 2.275$ ,  $n_{\beta} = 2.393 - 2.409$ ,  $n_{\gamma} = 2.393 - 2.409$ .

Антигорит (група серпентину)

В даному шліфі антигорит утворює зернисті агрегати, форма зерен мінералу ізометрична. Діагностичні властивості мінералу:

- Колір зелений;
- Колір інтерференції: сіро-зелений;
- Сила двозаломлення:  $\delta = 0.005 - 0.006$ ;
- Показники заломлення:  $n_{\alpha} = 1.555 - 1.567$   $n_{\beta} = 1.560 - 1.573$

Хризотил (група серпентину)

В даному шліфі хризотил утворює прожилки з паралельно-волокнистою будовою.

Мінерал такі оптичні властивості:

Колір: зелений;

Колір інтерференції: сіро-чорний;

Сила двозаломлення:  $\delta = 0.001$ ;

Показники заломлення:  $n_{\alpha} = 1.569$   $n_{\gamma} = 1.570$ .

Ромбічний піроксен

Ромбічний піроксен у даному шліфі представлений реліктами, можна зробити припущення, що був заміщений серпентином.

Мінерал має такі оптичні властивості:

Колір: білий;

Колір інтерференції: синій, жовтий другого порядку;

Сила двозаломлення:  $\delta = 0.030$ ;

Показники заломлення:  $n_{\alpha} = 1.663 - 1.699$   $n_{\beta} = 1.671 - 1.705$ ,  $n_{\gamma} = 1.693 - 1.728$ .

Хлорит має такі ж ознаки, як і у описаному вище шліфі.

Рудний мінерал (магнетит ?)

Рудний мінерал у шліфі непрозорий, має чорний колір, форма зерен ізометрична.

## 4.2 Дослідження хімічного складу зразків

Хімічний (елементний) аналіз проб був проведений за допомогою рентгенофлуоресцентного спектрометра ElvaX у науково-дослідній лабораторії аналітичних досліджень НТУ “Дніпровська політехніка”. Були проаналізовані три проби: дві проби нонтроніту (проби 1 і 2) і одна проба — з агрегату зони вохр (проба 3).

За допомогою рентгенофлуоресцентного аналізу у пробах нонтроніту виявлено підвищення концентрації нікелю і кобальту у зразку з жили, у порівнянні з нонтронітом кори вивітрювання (табл. 4.1). Проба 1 була відібрана з нонтронітової жили, проба 2 - з гідрослюдисто-нонтронітової зони кори вивітрювання.

Таблиця 4.1 — Результати хімічного аналізу проб з кори вивітрювання ультрабазитів

Ат. Номер	Елемент	Серія	Концентрація		
			Проба 1	Проба 2	Проба 3
26	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	К	31,201±0,049%	41,873±0,068%	79,395± 0,122%
14	SiO <sub>2</sub>	К	40,181±0,094%	36,492±0,100%	11,051± 0,086%
24	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	К	7,075±0,017%	4,192±0,013%	1,135 ± 0,009%
20	CaO	К	6,975±0,028%	4,585±0,024%	0,741 ± 0,021%
13	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	К	6,358±0,099%	6,429±0,105%	1,254 ± 0,110%
12	MgO	К	2,757±0,331%	2,823±0,327%	3,304 ± 0,519%
19	K <sub>2</sub> O	К	2,154±0,040%	1,585±0,037%	< 0,043%
28	NiO	К	1,619±0,010%	0,889±0,009%	0,890 ± 0,012%
22	TiO <sub>2</sub>	К	1,343±0,011%	0,788±0,010%	0,201 ± 0,011%
27	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	К	0,073±0,018%	0,023±0,022%	< 0,027%

На рисунку 4.7 представлена спектрограма проби 3.

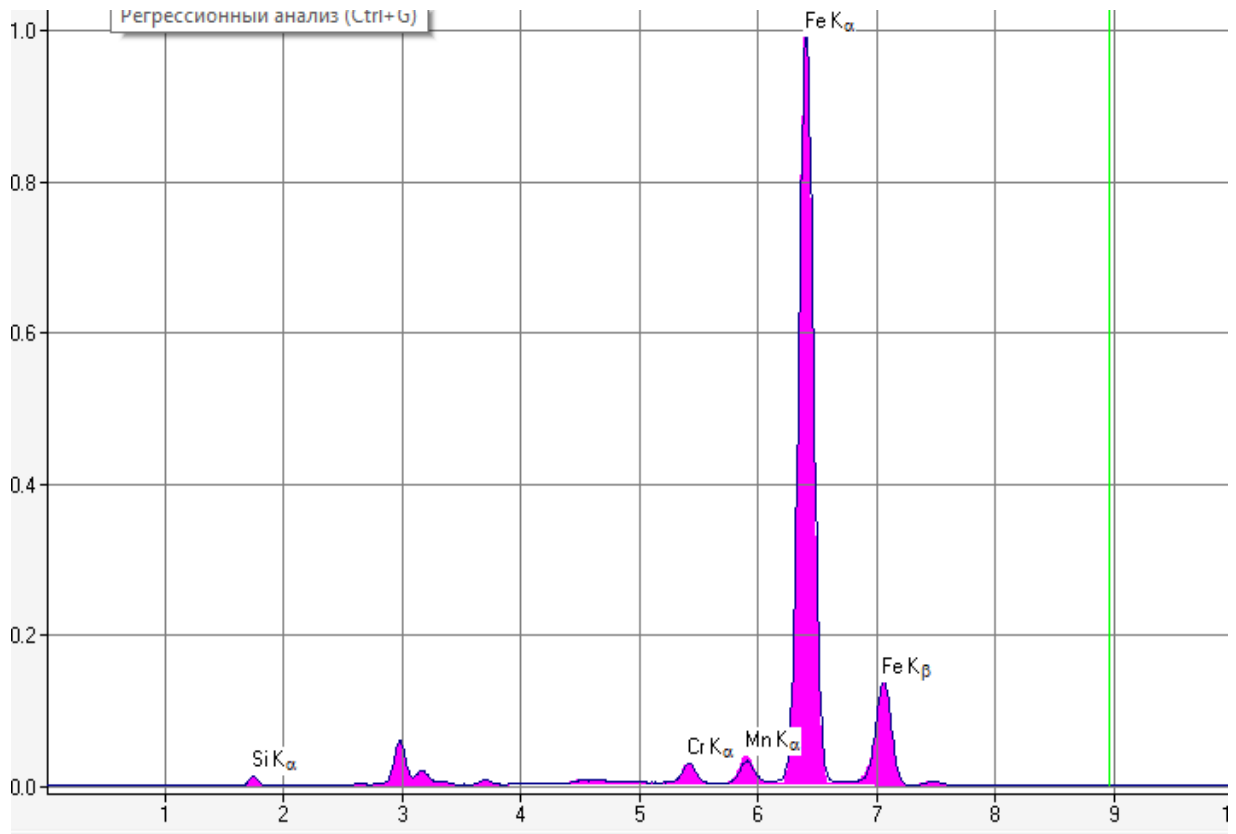


Рисунок 4.7 - Спектрограма проби 3

На рисунку можна побачити, що головним хімічним елементом у пробі є залізо, а кремній, марганець і хром присутні у невеликій кількості.

Порівняння хімічного складу проб показує, що в відсотковому відношенні проба 3, яка відібрана з зони вохр, має найбільший вміст  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і найменший вміст  $\text{SiO}_2$  у порівнянні з пробами 1 і 2, що відповідають зоні проміжних продуктів вивітрювання. Також можна зробити висновок, що проба 3 має найменший вміст хрому, кальцію і калію.

Одержані результати показують змінення хімічного складу гірських порід під час хімічного вивітрювання.

Попередніми дослідниками [2] у корі вивітрювання ультрабазитів Середнього Побужжя відмічалось підвищення вмісту благородних металів у гідролудисто-нонтронітовій зоні, у порівнянні з корінними серпентинітами. З іншого боку, хромітові руди у корінних гірських породах мають менший вміст заліза і більш високий вміст хрому, у порівнянні з залишковими хромітами у корі вивітрювання [1]. Це спричинено хімічним вивітрюванням



хроміту. Відомо також [4], що підвищений вміст кобальту у корі вивітрювання ультрабазитів району пов'язаний зі скупченнями гідроксидів марганцю.

### **Висновки до розділу.**

У зразках з кори вивітрювання ультраосновних порід Середнього Побужжя за допомогою лабораторних методів визначено наступні мінерали: нонтроніт, гетит, хлорит, халцедон, серпентин, кальцит та інші. Мінеральні асоціації відповідають різним зонам кори вивітрювання — різним стадіям змінення корінних гірських порід. Карбонатизований серпентиніт відповідає зоні початкових продуктів вивітрювання, нонтроніт і хлорит — середній зоні кори вивітрювання (перехідним продуктам вивітрювання), гетит — верхній зоні кінцевих продуктів вивітрювання, хлорит-халцедонова порода — зоні окременіння у корі вивітрювання.

Гіпергенні процеси призводять у одних випадках до концентрації корисних компонентів у корі вивітрювання ультрабазитів Середнього Побужжя, а у інших до погіршення якості корисної копалини. Інфільтраційні процеси у корі вивітрювання призводять до утворення більш високоякісних руд нікелю та руд кобальту, пов'язаних з гідроксидами марганцю.

## ВИСНОВКИ

З корами вивітрювання докембрійських гірських порід Українського щита на Середньому Побужжі пов'язані різноманітні корисні копалини: руди нікелю і кобальту, каолін, хромітові руди, золото, платина та інші. Головними факторами рудоутворення в районі досліджень є геотектонічний, магматичний, метаморфічний, літологічний та екзогенний.

За допомогою ряду аналізів, таких як рентгеноструктурний, термічний, кристалооптичний було вивчено речовинний склад кори вивітрювання докембрійських ультрабазитів Середнього Побужжя. Встановлено, що головними мінералами цієї кори вивітрювання є нонтроніт, хлорит, гетит, а другорядними є халцедон, кальцит, мінерали групи серпентину та деякі інші.

Було виявлено, що вивчені мінеральні агрегати відносяться до різних зон кори вивітрювання: початкового вивітрювання, проміжних продуктів вивітрювання, кінцевого розкладання, а також зони окремнення.

Встановлено також, що інфільтраційні процеси у корі вивітрювання призводять до утворення більш високоякісних руд нікелю

Одержані результати можуть бути використані при прогнозуванні і підрахунку запасів корисних копалин у корах вивітрювання.

Не для копії

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Перков Е.С. Геологическая и минералого-технологическая характеристика хромитовых руд из никеленосных кор. Выветривания Среднего Побужья. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія "Геологія. Географія"*. 2013. №3/2. С. 46-54.
- 2 Поповченко С.Е., Евтехов В.Д. Распространение благородных металлов в хромитоносных корах выветривания Липовеньковской группы ультрабазитов Среднего Побужья. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія "Геологія. Географія"*. 2014. №3/2. С. 42-48.
- 3 Баранов П.Н., Куцевол М.Л., Баранов А.Г. Нове самоцвітне каміння з Середнього Побужья. *Коштовне та декоративне каміння*. 1998. №3 (13). С. 5-8.
- 4 Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000. Аркуш М-36-XXXI (Первомайськ). Пояснювальна записка / за ред. К.Є. Єсипчука і В.Я. Великанова. Київ: Держ. комітет природних ресурсів, 2004. 175 с.
- 5 Закон України "Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року" (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, № 44, ст. 457). URL: <https://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/3268-17> (дата звернення )
- 6 Казанский Ю.П. Влияние корообразования на литогенез. *Кора выветривания и связанные с ней полезные ископаемые*. К.: Наукова думка, 1975. С. 204-211.
- 7 Металічні корисні копалини України К., 2006 р.
- 8 Закономірності формування корисної мінералізації в хромітоносних ультрабазитах (на прикладі Побузького рудного поля Українського щита): Звіт про НДР / ДВНЗ "НГУ". Керівник С.Є. Поповченко. N 0109U002816. Д., 2011. 317 с.

9 Лебедев Ю.С. Минералогия и генезис коры выветривания гипербазитов Среднего Побужья. К.: Наук. Думка, 1965. 120 с.

10 Металлические и не металлические полезные ископаемые Украины. Т. 1. Металлические полезные ископаемые / [Гурский Д. С., Есепчук К. Е. и др.] К. : Изд-во «Центр Европы». 2005. 785 с.

11 Геология, минералогия и условия образования коры выветривания ультрабазитов в южной части Среднего Побужья / Додатко А.Д., Древин А.Я. и др. *Вопросы геологии и минералогии рудных месторождений*. К. : Наук. Думка, 1971. № 2. С. 230 – 239.

12 Лепігов Г.Д., Василенко А.П. Капітанівське родовище нікелевих і хромітових руд. *Мінеральні ресурси України*. 1996. № 4. С. 36 – 42.

13 Павлюк О.В., Квасниця В.М., Кислюк В.В., Павлюк В.М. Самородна платина в породах Чемерпільської структури (Середнє Побужжя). *Мінералогічний журнал*. 32, №1. С. 50-56.

14 Рентгенометричний визначник мінералів: навчальний посібник для студентів та аспірантів геологічного факультету / Укл.: Хмелевський В.О., Дяків В.О. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2014. 175 с.

15 Бородаев Ю. С., Еремін Н. И. Лабораторные методы исследования минералов, руд и пород. М.: Изд-во МГУ, 1988. 230 с.

16 Куцевол Л.І. Визначення породотвірних мінералів у прозорих шліфах : Навч. Посібник. Д.: Національний гірничий університет, 2007. 127 с.

17 Металічні корисні копалини. Том 1. / Д.С. Гурський, К.Ю. Юсипчук, В.І. Калінін, Є.О. Куліш, С.В. Нечаєва, Ю.І. Третьякова, В.О. Шумлянський. Державна геологічна служба України, Національна академія України. Видання: "Центр Європи", 2005. <https://biz.censor.net/m3150549>

18 Михайлов В.А., Приходько В. К. Вік кори вивітрювання північно-західної частини Українського щита. 2008 рік.

19 Панкратьев П.В., Пономарьова Г.А. Лабораторные методы исследования минерального сырья. Оренбург, 2007.

20 Павлов Г.Г., Павлова О.О., Білан О.В. Мікроскопічні дослідження гірських порід : навчальний посібник. К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2014. 224 с.

21 Рентгенофазовый анализ <http://m-protect.ru/wiki/index.php>

22 Кристалооптичні методи дослідження мінералів у прозорих шліфах : Навчальний посібник. К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2005. 46 с.

23 Сокол Н.С. Вплив гіпергенних процесів на формування корисних копалин у корі вивітрювання Середнього Побужжя. С. 230-231 / *Тиждень студентської науки - 2021: Матеріали сімдесять шостої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 12-16 квітня 2021 року)*. Д. : НТУ «ДП», 2021. 499 с.

Не для копіювання 103187

## ДОДАТОК А

## Відомості матеріалів кваліфікаційної роботи

№	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4	ТСТ.ОПІМ.21.06.ПЗ	Пояснювальна записка	49	
2			Графічні матеріали		Електронний ресурс
3			Презентація Microsoft PowerPoint		Слайди

Не для копіювання 103-181



## ДОДАТОК Б

## ВІДГУК

**на кваліфікаційну роботу бакалавра  
за спеціальністю 103 Науки про Землю**

**за освітньою програмою “Геологія” на тему**

**“Речовинний склад і корисні копалини кори вивітрювання Середнього Побужжя” студентки групи 103-17-1 Сокол Неллі Сергіївни**

Актуальність теми кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю додаткового вивчення геологічних регіонів, перспективних на корисні копалини, з метою розширення мінерально-сировинної бази України. До таких регіонів належить і Середнє Побужжя, де у докембрійських ультрабазитах знаходяться родовища хромітових руд, а у корі вивітрювання цих гірських порід – цілий ряд інших корисних копалин.

Мета кваліфікаційної роботи – вивчення мінерального і хімічного складу утворень кори вивітрювання ультрабазитів Середнього Побужжя.

Результати роботи можуть знайти практичне застосування при наукових дослідженнях, а також при розвідувальних та експлуатаційних геологічних роботах у Середньому Побужжі.

При виконанні кваліфікаційної роботи були продемонстровані такі результати навчання як уміння збирати, обробляти та аналізувати інформацію в галузі наук про Землю, проводити польові та лабораторні дослідження, використовувати польові та лабораторні методи для аналізу природних систем і об'єктів.

Завдання на кваліфікаційну роботу виконане повністю, пояснювальна записка оформлена згідно з чинними стандартами. Однак, деякі рішення в роботі мають певні неточності, недостатньо обґрунтовані та осмислені. Наприклад, недостатньо обґрунтований вибір методів дослідження мінеральних агрегатів кори вивітрювання.

Автор кваліфікаційної роботи Сокол Неллі Сергіївна заслуговує присвоєння освітньої кваліфікації бакалавра з наук про Землю за освітньою програмою “Геологія”. Рекомендована оцінка, за умови активного захисту, “добре” (85В).

Керівник роботи, доцент  
кафедри геології та розвідки  
родовищ корисних копалин  
НТУ “Дніпровська політехніка”,  
канд. геол. наук,

Куцевол М.Л.

Не для копіювання 103-18-1

## ДОДАТОК В

## РЕЦЕНЗІЯ

**на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр  
за спеціальністю 103 Науки про Землю за освітньою програмою  
“Геологія” на тему**

**“Речовинний склад і корисні копалини кори вивітрювання Середнього Побужжя” студентки групи 103-17-1 Сокол Неллі Сергіївни**

Тема представленої на розгляд кваліфікаційної роботи є актуальною, зважаючи на перспективи Середнього Побужжя відносно руд елементів платинової групи і необхідність комплексного використання надр при розробці родовищ корисних копалин.

У першому розділі автором проводиться аналітичний огляд літератури і систематизація інформації про корисні копалини кори вивітрювання досліджуваного регіону. У другому розділі подається геологічна характеристика Середнього Побужжя, третій розділ присвячений методам досліджень. У четвертому розділі наведені результати вивчення речовинного складу кори вивітрювання ультрабазитів Середнього Побужжя.

При виконанні роботи було застосовано комплекс сучасних методів дослідження речовинного складу геологічних об’єктів, але у розділі “Методи дослідження” не розкрито методику діагностики мінералів у шліфах, наводиться лише опис будови і принципу роботи поляризаційного оптичного мікроскопа.

Подана на рецензію робота відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт ступеня бакалавра і заслуговує на оцінку “добре” (85В).

Автор кваліфікаційної роботи Сокол Неллі Сергіївна заслуговує присвоєння освітньої кваліфікації бакалавра за спеціальністю 103 Науки про Землю за освітньою програмою “Геологія”.

Доцент кафедри загальної  
та структурної геології  
НТУ “Дніпровська політехніка”,  
кандидат геол. наук

Нікітенко І.С.