

**Міністерство освіти і науки України  
НТУ «Дніпровська політехніка»**



**ФАКУЛЬТЕТ ПРИРОДНИЧИХ НАУК ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
Кафедра геології та розвідки родовищ корисних копалин**

**ЛАБОРАТОРНІ МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН.**

**Методичні рекомендації до лабораторних робіт  
для бакалаврів спеціальності 103 Науки про Землю**

**Дніпро  
2021**

*Рекомендовано до видання навчально-методичним відділом (протокол № від ) за поданням науково-методичної комісії зі спеціальності 103 Науки про Землю (протокол № 4 від 09.03.2021).*

### **Рузіна М.В.**

Лабораторні методи вивчення корисних копалин. Методичні рекомендації до лабораторних робіт для бакалаврів спеціальності 103 Науки про Землю [Електронний ресурс] / М.В. Рузіна, І.В. Жильцова, Є.В.Дементьєва, М.Л.Малова. – Д.: НТУ «ДП», 2021. – 38 с. Режим доступу: (дата звернення: ).

Автори:

М.В. Рузіна (розділи 1-15)

І.В. Жильцова (розділ 2-10)

М.Л.Малова (розділ 12,13)

Є.В.Дементьєва (розділ 14,15)

Методичні матеріали призначено для самостійної роботи студентів спеціальності 103 Науки про Землю під час підготовки до лабораторних занять, виконання та захисту лабораторних робіт з фахової дисципліни «Лабораторні методи вивчення корисних копалин».

Наведено теоретичні відомості щодо методів визначення діагностичних властивостей рудоутворюючих мінералів різних промислових типів руд та продуктивних мінеральних парагенезисів, обґрунтування технологічних типів руд. Методичні рекомендації розкривають методи реконструкції процесів перетворення мінеральної сировини та оцінку їх впливу на процес збагачення руд. Подано рекомендації до виконання і захисту лабораторних робіт. Встановлені критерії оцінювання звіту та захисту лабораторних робіт. Рекомендації орієнтовано на активізацію виконавчого етапу навчальної діяльності студентів.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри геології та розвідки родовищ корисних копалин, доктор геол. наук, проф. В.С. Савчук

Лабораторні методи вивчення корисних копалин. Методичні рекомендації до лабораторних робіт для бакалаврів спеціальності 103 Науки про Землю / М.В. Рузіна, І.В. Жильцова, М.Л.Малова, Є.В.Дементьєва, – Д.: НТУ «ДП», 2021. – 38 с.

## ВСТУП

**Мета** вивчення дисципліни «Лабораторні методи вивчення корисних копалин» – отримання студентами навичок діагностики рудних мінералів під мікроскопом для подальшого оцінювання якості руд і вирішення питань технологічної мінералогії, вибору оптимальних схем збагачення корисних копалин і вирішення цілої низки проблем генезису руд.

Мета циклу лабораторних робіт по дисципліні «Лабораторні методи вивчення корисних копалин» полягає також в освоєнні найбільш важкого для починаючих розділу мінераграфії – методів визначення діагностичних ознак рудних мінералів, без чого неможливий парагенетичний та мінералоготехнологічний аналіз руд. При цьому увага зосереджена на освоєнні простіших заходів діагностики та накопичення особистого досвіду сприйняття найбільшої кількості варіантів властивостей мінералів під мікроскопом. Тільки цей досвід може забезпечити подальший перехід до самостійної дослідницької роботи, в тому числі з застосуванням високоточних приладів для вимірів фізичних констант мінералів.

При розробці запропонованих методичних рекомендацій до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Лабораторні методи вивчення корисних копалин» ураховано дві обставини:

- 1) поглиблене вивчення студентами пристрою поляризаційного мікроскопу, отримане при вивченні курсу петрографії;
- 2) забезпеченість студентського абонементу НТУ «Дніпровська політехніка» достатньою кількістю сучасних навчальних посібників з мінераграфії, що складає основу дисципліни «Лабораторні методи вивчення корисних копалин» (ЛМВКК).

Завдання та структура кожної роботи спрямовані на освоєння конкретної діагностичної ознаки рудних мінералів (у дужках – номери лабораторних робіт): колір (3), відбивна здібність (4), двовідбиття (5), ефект анізотропії у схрещених ніколях (6), внутрішні рефлекси (7), твердість (8), інші фізичні ознаки (9), спостереження діагностичних ознак у масляній імерсії (10), особливості поведінки нерудних мінералів у відбитому світлі (11), діагностичне травлення (12).

Для виконання головних лабораторних робіт з діагностики рудних мінералів передбачено проведення вступних робіт – встановлення мікроскопу у робоче положення (1) та ознайомлення з дефектами аншлифів (2). Цикл лабораторних робіт завершується також трьома роботами: освоєнням визначників рудних мінералів (13), контрольним визначенням невідомих мінералів за допомогою визначника (14) та визначенням послідовності мінералоутворення (15).

В освітньо-професійній програмі Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» спеціальності 103 «Науки про Землю» здійснено розподіл програмних результатів навчання (ПРН) за організаційними формами освітнього процесу.

Зокрема, до дисципліни В1.9 «Лабораторні методи вивчення корисних копалин» віднесено такі результати навчання:

BP1.7	Показувати знання та розуміння методів визначення діагностичних властивостей рудних мінералів, їх текстурно-структурних особливостей, вміти проводити технологічну оцінку руд для обґрунтування раціональних схем збагачення корисних копалин.
BP1.2	Показувати знання і розуміння щодо основних типів лабораторного обладнання для рудної мікроскопії та визначення параметрів обґрунтування промислового типу та генезису руд

Реалізація мети досліджень вимагає трансформації програмних результатів навчання в дисциплінарні та адекватний відбір змісту навчальної дисципліни за цим критерієм.

## 2 ОЧІКУВАНІ ДИСЦИПЛІНАРНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Шифр ПРН	Дисциплінарні результати навчання (ДРН)	
	шифр ДРН	Зміст
BP1.7	BP1.7-1	володіти теоретичними знаннями щодо головних розділів мінераграфії
	BP1.7-2	розрізняти головні типи лабораторного обладнання для методів діагностики руд
	BP1.7-3	володіти методикою діагностики фізичних ознак рудних мінералів
	BP1.7-4	знати методи визначення стадійності мінералоутворення
	BP1.7-5	проводити парагенетичний та текстурно-структурний аналіз руд
BP1.10	BP1.10-1	обґрунтовувати промисловий тип руд із визначенням продуктивних парагенезисів

У результаті виконання циклу лабораторних робіт студенти повинні вміти впевнено встановлювати мікроскоп у робоче положення та дбайливо поводитися з ним; самостійно визначати діагностичні ознаки рудних мінералів, а також оцінювати їх інтенсивність та відтінки проявів у зв'язку з факторами, що заважають, за допомогою визначника правильно встановлювати групу мінералів, що характеризуються однаковим набором простих ознак, та обґрунтувати у межах групи переважний мінерал.

В еталонних колекціях та тексті для скорочення використовуються наступні символи мінералів, які рекомендуються для конспектів, курсових та дипломних робіт:

Аз – азурит	Кв – кварц	Ру – рутил
Ап – аурипігмент	Кл – ковелін	Сб – стибніт (антимоніт)
Ас – арсенопірит	Кн – кіновар	Сд – сидерит
Ба – барит	Кр – карбонат	Сл – сафлорит
Бл – блякла руда	Кс – каситерит	См – смітсоніт

Бр – борніт	Ку – куприт	Сп – серпентин
Бж – буланжерит	Лм – лімоніт	Ср – срібло
Бт – брауніт	Лд – людвігіт	Ст – станін
Вт – вісмутин	Ма – мартит	Сф – сфалерит
Вф – вольфраміт	Мл – мельниковіт	Тн – тенантит
Гб – гюбнерит	Мо – молібденіт	Тр – тетраедрит
Гг – гідрогетит	Мр – марказит	Тт – титаніт (сфен)
Гл – галеніт	Мс – мідь самородна	Ту – тур'їт
Гм – гематит	Мт – магнетит	Ур – уранініт
Гт – гетит	Мх – малахіт	Фб – ферберит
Гр – гранат	Мш – мушкетовіт	Фг – флогопіт
Гф – графіт	Ол – олівін	Фл – флюорит
Дг – дисперсний гематит	Пд – пентландит	Хз – халькозин
Дж – джемсоніт	Пз – піролюзит	Хл - хлорит
Ен – енаргіт	Пк – піроксен	Хп – халькопірит
Зс – залізна слюдка	Пн – піротин	Хр – хроміт
Зл – золото	Пс – псиломелан	Хт – хлоантит
Іл – ільменіт	Пт – пірит	Цр – церусит
Ка – кальцит	Пш – польовий шпат	Шл – шеєліт
Кб – кобальтин	Рр – реальгар	Шп – шпінель

## **УСТАТКУВАННЯ ЛАБОРАТОРІЇ РУДНОЇ МІКРОСКОПІЇ ТА ПРАВИЛА БЕЗПЕЧНОЇ РОБОТИ У НІЙ**

Приміщення лабораторії площею 36 м<sup>2</sup> призначено для виконання лабораторних, курсових та дипломних робіт з вивчення речовинного складу корисних копалин. В лабораторії розміщено 12 робочих столів індивідуального користування (в т.ч. 10 – для роботи з рудним мікроскопом); великий та малий лабораторні столи з допоміжними приборами, шухлядами та тумбами для зберігання запасного приладдя та еталонних колекцій шліфів; 2 підвісних столика на капітальній стінці для зниження вібрації під приладами; 5 вітрин з еталонними колекціями зразків текстур рудних формацій; сейф з підручниками та дрібним приладдям; мала витяжна шафа для роботи з реактивами; полірувальний станок для відновлення поверхні аншліфів.

Робочий стіл для кожного студента (з 1 по 10) на поверхні укомплектовано рудним мікроскопами типу ПОЛАМ Р-312, АЛЬТАМИ ПОЛАР Р-312 та МІН-6 з opak-ілюмінатором ОІ-8 (ОІ-12), освітлювальним шнуром з патроном та лампочкою 8В/9Вт, понижуючим трансформатором 220/8 В, двома електричними розетками (220В), пресиком для монтажу аншліфів. У робочому стані мікроскоп і пресик використовуються для монтажу аншліфів. У неробочому стані мікроскоп і пресик повинні бути прикриті поліетиленовими чохлами.

У шухляді столу зберігаються коробка з набором окулярів (10<sup>x</sup> – робочий, з перехрещенням ниток, 7<sup>x</sup> – окуляр-мікромметр, 15<sup>x</sup> и 20<sup>x</sup> – фото-окуляри з плос-

ким зображенням) та об'єкт-мікрометром; коробка з набором об'єктивів (сухих – 4,2<sup>x</sup>, 6<sup>x</sup>, 11<sup>x</sup> та 35<sup>x</sup> або 4,6<sup>x</sup>, 9<sup>x</sup>, 20<sup>x</sup> та 40<sup>x</sup>, а також імерсійних – 20<sup>x</sup> та 50<sup>x</sup>, що відмічаються на оправі чорним пояском), червоним фільтром та центрувальними гвинтами; дощечка з суконкою для протирання аншліфів; кювета з установочним аншліфом з магнетитової руди, мідною та сталевую голками, двома предметними скельцями з кульками пластиліну, флакончик з ватою та кусочками фланелі, наждачна шкурка для заточування голок. У тумбі столу розміщується дерев'яна шухляда для транспортування та закріплення мікроскопа.

Допоміжні прилади, що розміщені на лабораторних столах та підвісних столиках (у 1-2 примірниках): люмінесцентний мікроскоп типу ЛЮМ-2М; металографічний мікроскоп типу МІМ-7М та рудний мікроскоп МІН-6 – для мікрофотографування; прибор мікротвердості ПМТ-3; рудний мікроскоп типу МІН-6 для діагностичного та структурного травлення; поляризаційний мікроскоп типу МП-3 та бінокулярний мікроскоп МБС-9.

Основними навчально-наочними посібниками є набори еталонних аншліфів, що зберігаються в комірках дерев'яних шухлядок. Еталонні колекції аншліфів згруповані за темами лабораторних занять:

- діагностичні ознаки – дефекти аншліфів, колір мінералів, відбивна здібність, двовідбиття, явище анізотропії в схрещених ніколях, внутрішні рефлекси, твердість, інші властивості (магнітність, електропровідність, спайність, форми перерізів), головні нерудні мінерали;

- структури руд за групами – кристалізації, розпаду твердих розчинів, перекристалізації колоїдів, заміщення та метаморфічні;

- аншліфи для контрольних робіт;

- еталони мінералів у аншліфах.

Колекції доповнюються картотекою мікрофотографій усіх перерахованих структур.

Необхідність суворо дотримуватись правил безпеки під час роботи в лабораторії викликана такими трьома джерелами небезпеки:

- електричним струмом, що розводиться по всіх робочих місцях;

- їдкими реактивами для травлення (KOH, NO<sub>3</sub>, HCl, царська горілка);

- полірувальним станком на базі лабораторної центрифуги зі швидкістю обертів диску до 1500 об/хв.

Для ліквідування їх впливу необхідно:

- по завершенню роботи виключити реостат та тумблер трансформатора, а вилку трансформатора витягти з розетки;

- при травленні аншліфів користуватися хімічними реактивами тільки у відведених для цього місцях за малим лабораторним столом і у витяжній шафі, не виймати флакончики з реактивами з кювети (на випадок перекидання), використати мінімально необхідний об'єм реактиву та додержуватися при перенесенні його до аншліфу максимальної обережності, структурне травлення виконувати тільки у витяжній шафі;

- студентам забороняється користуватися полірувальним диском на центрифугі та привозити з практики до лабораторії зразки радіоактивних руд.

## Лабораторна робота № 1

### ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ЛАБОРАТОРІЄЮ РУДНОЇ МІКРОСКОПІЇ ТА ВСТАНОВЛЕННЯ МІКРОСКОПА У РОБОЧЕ ПОЛОЖЕННЯ

**Об'єкт досліджень** – мікроскопічні методи досліджень корисних копалин.

**Предмет досліджень** – методика роботи з мікроскопічним обладнанням для вивчення речовинного складу руд.

**Мета** – ознайомитися з призначенням та розташуванням оптичних приборів та допоміжних приладь, а також з правилами використання їх.

**Завдання досліджень** – вивчити устрій базових моделей рудних мікроскопів МІН-6, ПОЛАМ Р-312, АЛЬТАМИ ПОЛАР Р-312, встановити їх у робоче положення, отримати рівномірне та сильне освітлення аншлафа у полі зору.

#### **Організація та методика проведення заняття**

Лабораторна робота складається з двох частин – ознайомчої та самостійної. Перша частина полягає в огляді лабораторії та докладному ознайомленні з комплектом індивідуального робочого столу за переліком, що приведено у п. 1. Особлива увага приділяється устрою рудного мікроскопа та правилам роботи з ним. Ця частина виконується всіма одночасно у ході пояснення викладача. Друга частина присвячена встановленню мікроскопа у робоче положення. Вона виконується кожним студентом, але під контролем викладача.

#### **Послідовність операцій із встановлення мікроскопа:**

1. Звільніть мікроскоп та пресик від чохла. Витягніть з шухляди столу коробки з об'єктивами та окулярами, предметні скельця з пластиліном, установчий аншліф та дощечку з сукном. Розмістіть мікроскоп та усі предмети у зручне для себе положення. Кювета з голками та іншим приладдям залишається у шухляді.

2. Встановіть opak-ілюмінатор (далі ОІ) з освітлювачем у площині симетрії мікроскопа – трубкою «від себе». Закріпіть ОІ. Якщо це ОІ-12 – закріпіть його затискним гвинтом, що розташований у задній стінці корпусу опаку. Якщо не ОІ-8, будьте обережні: перш за все переконайтеся, що гайка фіксатора корпусу ОІ відпущена – поверніть її за рукоятку за часовою стрілкою (при погляді зверху). Далі перевірте положення кільця кріплення ОІ (біле нікельоване кільце з насічкою) – воно повинно бути вкручене у тубус до відмови. Потім повертанням рукоятки фіксатора ОІ проти часової стрілки (але без зусилля) зафіксуйте корпус opak-ілюмінатора у робочому положенні.

3. Нахилить штатив у зручне положення та закріпіть його. Установіть об'єктив 4,2<sup>x</sup>. Сфокусуйте хрест нитей окуляра 10<sup>x</sup> за своїм зором та помістіть його у тубус. Звільніть шлях світовому потоку: відкрийте до межі вліво обидві діафрагми освітлювача та включіть аналізатор.

4. Візьміть установчий аншліф, почистіть його на сукні, змонтуйте на предметному скельці, положіть під пресик та легким натиском, без удару, приведіть у робоче положення – горизонтальне. Потім положіть поліровку зі склом на столик мікроскопа та закріпіть клемами назустріч один одному.

5. Увімкніть трансформатор у мережу. Приєднайте шнур з патроном до трансформатора та вгвинтіть лампочку. Увімкніть тумблер трансформатора та обертаючи реостат перевірте, чи горить лампочка. Установіть реостатом середнє, а для нестандартних лампочок – мінімальне освітлення. Обертаючи лампочку у межах 30-90°, спробуйте розташувати нить розжарення по можливості на осі патрона. Обережно введіть патрон з лампочкою до гнізда освітлювача.

6. Установіть об'єктив на відстані біля 18мм від аншліфа. Потім, дивлячись в окуляр та погойдуючи пластинку ОІ, головкою стержня піймайте в тубусі максимальний світловий відблиск. Наведіть на різкість зображення аншліфа та виберіть в ньому однорідну за кількістю магнетиту ділянку.

7. Закрийте вправо до кінця отвір діафрагми поля зору та повертаючи пластинку ОІ коло осі виведіть світлову пляму до центру поля зору.

8. Відкрийте польову діафрагму до розмірів поля зору. Обертаючи патрон освітлювача коло осі та одночасно переміщуючи його уздовж осі і в вертикальній площині за допомогою гвинта, отримайте рівномірне та максимальне за яскравістю освітлення (не торкаючи реостат).

9. Уставте синій фільтр, установіть реостатом оптимальну для спостереження яскравість освітлення.

10. Демонтуйте препарат і за допомогою колеги внесіть порушення до установки вузлів освітлювальної системи. Після цього повторіть настройку знову 2-3 рази до повної впевненості у своїх діях.

11. Оцініть зміни в полі зору при включеному та витягнутому синьому фільтрі, відкритих та закритих апертурної та польової діафрагмах, посиленні та послабленні яскравості світла реостатом. Перегляньте зображення при різних окулярах та об'єктивах, одночасно відцентруйте об'єктиви.

***Помилки, що повторюються та джерела ушкоджень мікроскопа при небалому користуванні:***

1. Рукоятка фіксатора ОІ в його робочому стані опиняється під штативом в зоні кремальєри. При непомірному підйомі тубуса виступ упирається в штатив і його можна зламати.

2. Фіксатор ОІ щільно притиснуто. При неправильному та сильному натисканні його можна зламати. Для звільнення його необхідно покликати викладача та пам'ятати, що фіксатор звільнюється поворотом за ходом часової стрілки (якщо дивитися на нього зверху).

3. При переміщенні патрона з лампочкою уздовж осі освітлювача лампочка може торкнутися колекторної лінзи. Різким посуванням уперед або сильним натисканням її можна розбити.

4. Недостатнє центрування лампочки викликає нерівномірне освітлення поля зору. Спроба форсувати його реостатом для постійної роботи призводить до швидкого зношення лампочки і все одно не дає можливості отримати тимчасовий максимум світла, коли воно необхідно.

***Контрольні запитання:***

1) Перерахуйте та покажіть вузли та деталі рудного мікроскопа, якими він відрізняється від звичайного поляризаційного мікроскопа.



2) Поясніть принцип дії ОІ та призначення деталей пов'язаного з ним освітлювача.

3) Назвіть можливі порушення в установці мікроскопа та наслідки цих порушень при роботі з ним.

4) Перерахуйте джерела можливого ушкодження мікроскопа при недбалому користуванні.

#### ***Критерії оцінювання лабораторної роботи:***

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильне встановлення мікроскопу в робоче положення, грамотна характеристика головних вузлів та деталей рудного поляризаційного мікроскопу.

В процесі захисту лабораторної роботи здобувач вищої освіти отримує 5 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей визначає кількість отриманих балів.

## **Лабораторна робота № 2**

### **ЯКІСТЬ ТА ДЕФЕКТИ АНШЛІФІВ**

***Об'єкт досліджень*** - процес виготовлення аншлифів та фактори, які призводять до виникнення дефектів аншлифів.

***Предмет досліджень*** – дефекти виготовлення аншлифів, дефекти недбалого користування препаратів досліджень.

***Мета лабораторної роботи*** – вивчення методів діагностики можливих дефектів аншлифів. У процесі виготовлення аншлифів, із-за ускладнюючих властивостей руди (низька міцність, тріщинуватість, пористість, наявність легко забарвлених або розчинених мінералів та ін.), при довгому зберіганні або недбалому користуванні, а також після деяких операцій (дряпанні, травленні), з'являються різноманітні дефекти полірованої поверхні, які ускладнюють спостереження властивостей рудних мінералів. Тому усі можливі дефекти аншлифів необхідно добре знати з перших кроків освоєння мінераграфії, що й складає мету цієї роботи. Використовується три типа препаратів: звичайні аншлифи з незнанням рельєфом поміж зернами мінералів різної твердості (найбільш розповсюджені), безрельєфні аншлифи та поліровано-прозорі шліфи. Усі вони виготовляються у шліфувальній майстерні, відвідування якої передбачається під час даної роботи.

***Завдання*** – за еталонною колекцією «Дефекти аншлифів» ознайомитися з нормальними за якістю полірованої поверхні, формою та розміром аншлифами, а потім з дефектними препаратами.

При цьому потрібно мати на увазі дві обставини: у будь-якому аншлифі присутній не один, а декілька дефектів, що комбінуються у велику кількість варіантів; відмінно від інших лабораторних робіт аншлифи даної колекції перед встановленням під мікроскоп не можна протирати на дощечці з сукном, так як

при цьому може зникнути багато штучно зроблених або збережених дефектів.

У процесі роботи слід ознайомитися з максимально можливою кількістю дефектів, що нижче об'єднані за причинами виникнення.

**Лабораторне обладнання:** рудно-поляризаційні мікроскопи ПОЛАМР-312, АЛЬТАМІ ПОЛАР Р-312

**Порядок виконання роботи:**

1. На першому етапі роботи вивчаються в першу чергу **нормальні аншліфи** (площа від 1,5х1,5 до 2х2 см, товщина 0,7-1 см) для яких характерно:

- однаково дзеркальна поверхня усіх мінералів,
- чіткі контакти між зернами різних мінералів,
- відсутність поміж ними різких тіньових кайм.

2. На наступному етапі вивчаються **механічні дефекти**, які представлені: майже чорними пустотами, порами, тріщинами природного походження або спайністю; пустотами викришування овальної (магнетит) або трикутної (галеніт) форми, що виникають при виготовленні аншліфів тонкими та грубими, подряпинами, які відмінно від спайності орієнтовані безладно і перетинають одночасно зерна різних мінералів.

3. Особливо важливо ознайомитися з **дефектами полірування**. Недостатня поліровка виявляється у великій кількості чорних крапок або «шагреновій» поверхні усіх або найбільш твердих мінералів (пірит та ін.). Переполіровка призводить до появи широких чорних кайм коло зерен твердих мінералів, що рельєфно виступають над більш м'якими.

4. Погіршують якість дослідження аншліфів **сторонні речовини та частки**, які знаходяться в темних пустотах та тріщинах у вигляді залишків полірувальних порошків (зелений – окис хрому, біліший – окис алюмінію), виступів м'якої жовто-бурої каніфолі (цемент), дрібних шматочків яскраво-червоної міді, що залишилися після дряпання мідною голкою і помилково приймаються за самостійний мінерал. До цього ж типу дефектів відносяться сліди бруду на поверхні (залишки імерсійного масла, пластиліну, відбитки пальців та т.п.).

5. До дефектів відносяться також пошкодження які причинені аншліфам в результаті хімічних процесів, що викликані окисом або дією реактивів при травленні, проявляються у формі райдужної мінливості, чорних кружків у затемненому або райдужному ореолі і т.п.

Значна частина названих дефектів ліквідується протиранням аншліфів на сукні, а після довгого зберігання – на полірувальному диску.

**Критерії оцінювання лабораторної роботи:**

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильна діагностика дефектів в аншліфах та уміння відрізнити їх від діагностичних властивостей рудних мінералів. В процесі захисту лабораторної роботи здобувач вищої освіти отримує 5 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей визначає кількість отриманих балів.

## Лабораторна робота № 3

### ВИЗНАЧЕННЯ КОЛЬОРУ МІНЕРАЛІВ У ВІДБИТОМУ СВІТЛІ

**Об'єкт досліджень** – дисперсія відбивної здібності рудних мінералів.

**Предмет досліджень** – методи діагностики кольору рудних мінералів у відбитому світлі.

**Мета досліджень** – освоєння методів оптичної діагностики кольору рудних мінералів за допомогою рудного поляризаційного мікроскопу.

**Завдання:**

– ознайомитися з мінералами – еталонами кольорів та відтінків за еталонною колекцією та запам'ятати їх;

– оцінити вплив умов спостерігання, які змінюються та інших факторів на сприйняття кольору та його відтінків.

Колір мінералів у відбитому світлі (або дисперсія відбивної здібності – R) – перша діагностична ознака, яка звертає увагу починаючого дослідника. Тому це вивчення здійснюється у першу чергу.

**Вступні контрольні запитання:**

- 1) Що таке дисперсія R?
- 2) Якими бувають типи дисперсії R?
- 3) Чому і як дисперсія R визначає колір та відтінок кольору мінералу?

**Умови спостерігання**

Перегляд виконується в повітрі, об'єктивом  $10^x$ , а при спостеріганні деталей –  $35^x$ , із синім фільтром «денного світла». Поверхня аншлафа повинна бути свіжою, як мінімум – гарно протертою на сукні, а якість поліровки – високою. У всіх випадках треба прагнути оглядати мінерал-еталон у контакті з іншими мінералами, при цьому на контактах зерен, що порівнюються не повинно бути широких тінювих кайм.

**Лабораторне обладнання:** рудно-поляризаційні мікроскопи ПОЛАМР-312, АЛЬТАМІ ПОЛАР Р-312

**Порядок виконання роботи:**

1. Перегляньте та запам'ятайте еталони незабарвлених мінералів: кварц – темно-сірий, сфалерит або магнетит – сірий, тетраедрит або тенантит – світло-сірий, галеніт – білий.

2. Перегляньте та запам'ятайте еталони фарбованих (кольорових) мінералів: пірит – солом'яно-жовтий (блідо-жовтий), халькопірит – латунно-жовтий, піротин – рожево-жовтий («кремовий», «піротинові»-жовтий), борніт – рожевий, самородна мідь – червона, ковелін – синій.

3. Перегляньте та опануйте кольорові відтінки мінералів. Спостерігання краще вести в обмеженому полі зору – з прикритою діафрагмою поля зору та при збільшенні  $35^x$ . Порівняйте еталонні відтінки у таких парах мінералів. рожево-сірий («тілесний») у магнетиту в контакті з гематитом або гетитом, блакитно-сірий у гетиту в контакті з гематитом або магнетитом, жовтувато-білий у арсенопіриту з блакитно-білим у галеніту, рожево-жовтим у піротину на конта-

кті з халькопіритом, жовтувато-сірий у піролюзиту у контакті з псиломеланом або магнетитом.

4. Оцініть вплив на сприйняття кольору та відтінку мінералів таких факторів: освітлення з синім фільтром та без нього, освітлення різної яскравості (змінюється реостатом), гарної та поганої поліровки (у піриту в різних аншліфах), ступень збільшення (у піриту з шорсткою поверхнею при послідовній зміні об'єктівів  $4,2^x$ ,  $10^x$ ,  $35^x$ ), забарвлення сумісних мінералів (халькопірит з магнетитом, халькопірит з піротином, а також інші пари кольорових мінералів у переглянутих аншліфах колекції).

5. Підготуйте звіт про роботу. Для пунктів 1-3 запишіть у зошит переглянуті еталони мінералів, вказуючи їх кольори та відтінки. Для пункту 4 зробіть докладні записи про свої враження від змін забарвлення мінералів у зв'язку з викладеними факторами. При записах за усіма пунктами вказуйте номери переглянутих аншліфів колекції.

**Контрольні запитання:**

1) Перечисліть мінерали-еталони кольорів та назвіть їх основний колір або відтінок кольору.

2) Назвіть фактори, що впливають на сприйняття кольору та його відтінків, підкріпіть перелік прикладами.

**Критерії оцінювання лабораторної роботи:**

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильна діагностика кольору рудних мінералів у відбитому світлі. В процесі захисту лабораторної роботи здобувач вищої освіти отримує 5 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей визначає кількість отриманих балів.

## Лабораторна робота № 4

### ВИЗНАЧЕННЯ ВІДБИВНОЇ ЗДІБНОСТІ МІНЕРАЛІВ

**Об'єкт досліджень** – відбивна здібність рудних мінералів у відбитому світлі.

**Предмет досліджень** - якісні та кількісні методи діагностики відбивної здібності рудних мінералів у відбитому світлі.

**Мета досліджень** – освоєння методів оптичної діагностики відбивної здібності рудних мінералів за допомогою рудного поляризаційного мікроскопу.

Відбивна здібність мінералів (**R**, виражається у %) – найважливіша оптична константа, яка піддається кількісному виміру. У звичайній практиці вона звертає увагу дякуючи різній яскравості освітлення мінералів – від темно-сірих до осліплюючо-світлих відтінків. За інтенсивністю прояву вона займає друге місце після кольору і тому вивчається після нього.

**Завдання:**

– ознайомитися з відбивною здібністю мінералів-еталонів за колекцією, а

також з факторами, що впливають на сприйняття  $R$ ;

– розрахувати величину  $\Delta R_{\text{відн}}$  між 12-15 парами еталонних мінералів, які контактують в одному аншліфі; визначити ймовірні межі значення  $R$  у невідомого мінералу у порівнянні з еталонами або іншими мінералами.

**Вступні контрольні запитання:**

- 1) Що таке  $R$  і від яких властивостей мінералу вона залежить?
- 2) Чому непрозорі рудні мінерали у відбитому світлі освітлені яскраво, а прозорі (нерудні) виглядають темно-сірими?
- 3) У чому різниця між  $\Delta R$  відносним та  $\Delta R$  абсолютним у мінералів, що порівнюються за  $R$  та яку з цих величин можна уловити оком спостерігача?
- 4) З якої величини  $\Delta R_{\text{відн}}$  помітна різниця в  $R$  у мінералів, що порівнюються?

**Лабораторне обладнання:** рудно-поляризаційні мікроскопи ПОЛАМР-312, АЛЬТАМІ ПОЛАР Р-312

**Умови спостереження**

Перегляд виконується у повітрі, з об'єктивом  $10^x$ , а при спостережанні деталей –  $35^x$ , з синім фільтром «денного світла». При спостережанні забарвлених мінералів слід накладати на окуляр червоний фільтр, який ліквідує відволікаючий вплив різного забарвлення або інтенсивності кольору мінералів. Для концентрування уваги на зоні контакту зерен, що порівнюються, рекомендується прикривати діафрагму полі зору. Якість поліровки мінералів, що порівнюються, повинна бути високою.

При виконанні завдання слід пам'ятати, що око спостерігача сприймає тільки відносну величину контрасту поміж двома мінералами, що порівнюються  $R_{\text{іакс}}$ . та  $R_{\text{мінім}}$ .

$$\Delta R_{\text{відн}} \% = \frac{R_{\text{макс}} - R_{\text{мінім}}}{R_{\text{макс}}} \times 100 \%$$

Абсолютна різниця показників відбиття  $R_{\text{абсол.}} = R_{\text{макс}} - R_{\text{мінім}}$ . не сприймається. Записуючи результати визначення  $R$  невідомого мінералу, слід обов'язково вказувати можливі межі шуканої величини (наприклад,  $R_x = 35-45\%$ ), а не одне середнє або довідкове значення (наприклад,  $R_x = 41\%$ , що не відповідає можливостям методу, що використовується, і тому невірне).

**Порядок виконання роботи:**

1. При постійному положенні реостату (умови однакового освітлення) перегляньте відбивну здібність мінералів еталонної колекції: кварц – 4%, хромшпінелід – 14%, сфалерит – 17%, гематит – 25%, тетраедрит (тенантит) – 29%, галеніт – 43%, халькопірит – 47%, пірит – 53%, золото – 84%, мідь – 90%, срібло – 95%.

2. При спостережанні одного з еталонних аншліфів (можна притягти й колекцію еталонів кольору) оцініть вплив на сприйняття  $R$  таких факторів:

- освітлення різної яскравості (змінюється реостатом), синього та червоного фільтрів (дивитись окремо з кожним фільтром та без них);
- ступеня збільшення (у піриту з шорсткою поверхнею при послідовній

зміні об'єктивів  $4,2^x$ ,  $10^x$ ,  $35^x$ );

– кольору оточуючих мінералів (сфалерит з галенітом та сфалерит з халькопіритом, халькопірит з піритом та халькопірит із золотом або сріблом, а також інші пари кольорових мінералів у переглянутих аншліфах обох колекцій).

Оцініть вплив на сприйняття  $R$  різну якість поліровки у піриту в одному (Д-8) або різних аншліфах при одному збільшенні –  $10^x$ .

3. В аншліфах двох еталонних колекцій відберіть 12-15 контактуючих пар мінералів із відомими значеннями  $R$  та обчисліть для них значення  $\Delta R_{\text{відн}}$ , використовуючи такі орієнтувальні градації оптичного контрасту: +/- 5% – нерозпізнаваний, 5-10% – слабкий, 10-20% – виразний, 20-40% – сильно різкий, 40-60% та більше – дуже сильний (різкий). Вибирати слід пари мінералів, що мають різну величину оптичного контрасту – від нерозпізнаваного до дуже сильного.

4. За рекомендацією викладача виберіть в еталонній колекції мінерал з невідомою  $R$  та визначте можливі межі цієї величини розрахунковим шляхом у порівнянні з оточуючими еталонними мінералами.

#### 5. Складіть *звіт про роботу*

Для пункту 2 необхідно записати у зошит особисті враження від сприйняття  $R$  залежно від умов спостереження, що змінюються. Для пункту 3 результати обчислень та сприйняття цих результатів слід занести до формуляру табл. 1:

Таблиця 1

Оцінка оптичного контрасту мінералів

№№ пари мінералів	Мінерали	$R$	$R_{\text{абсол}}$	$\Delta R_{\text{відн}}$	Оцінка контрасту
1	Сфалерит	17	26	60	Дуже сильний
	Галеніт	43			
2	...	...	...	...	...

#### **Контрольні запитання**

- 1) Для якої мети використовується червоний фільтр?
- 2) Від чого залежить різне сприйняття  $R$  одного і того ж мінералу в різних аншліфах?
- 3) Які межі  $\Delta R_{\text{відн}}$  відповідають вашому сприйняттю оптичних контрастів поміж мінералами?
- 4) Якщо величина  $R_{\text{абсол}}$  у мінералах, що порівнюються однакова або близька, то при яких значеннях  $R$  (високих або низьких)  $\Delta R_{\text{відн}}$  буде здаватися меншим?

#### **Критерії оцінювання лабораторної роботи:**

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильна діагностика відбивної здібності рудних мінералів у відбитому світлі. В процесі захисту лабораторної роботи здобувач вищої освіти отримує 5 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей визначає кількість отриманих балів.

## Лабораторна робота № 5

### ВИЗНАЧЕННЯ ДВОВІДБИТТЯ МІНЕРАЛІВ

**Об'єкт досліджень** – ефект двовідбиття рудних мінералів у відбитому світлі.

**Предмет досліджень** – методика оптичної діагностики двовідбиття рудних мінералів у відбитому світлі.

**Мета досліджень** – освоєння методів оптичної діагностики двовідбиття рудних мінералів за допомогою рудного поляризаційного мікроскопу.

**Завдання** – вивчити двовідбиття в еталонних мінералах, які не змінюють своє забарвлення, а потім і в кольоровому вираженні, навчитися оцінювати інтенсивність ефекту та вплив факторів, що заважають його сприйняттю.

Ефект двовідбиття (далі –  $\Delta R$ ) полягає у зміні інтенсивності  $R$  або у зміні кольору та інтенсивності  $R$  мінералів при обертанні столика мікроскопа через кожні  $90^\circ$ .

Двовідбиття ( $\Delta R_{\text{іакс}}$ ) є оптичною константою, яку можна виміряти у головному перерізі кристалу, коли  $\Delta R_{\text{іакс}} = R_g - R_p$ . Однак, як і при визначенні  $R$ , око спостерігача сприймає не цю – абсолютну величину, а її відносне значення ( $\Delta R_{\text{відн}}$ ) у випадковому перерізі кристала, яке починає сприйматися з  $\pm 5\%$ . Дане явище зустрічається тільки у анізотропних мінералах, причому добре виявляється лише у деяких мінеральних видах. Відносне значення  $\Delta R_{\text{відн}}$  знаходимо за формулою:

$$\Delta R_{\text{відн}} \% = \frac{R_{\text{макс}} - R_{\text{мін}}}{R_{\text{макс}}} \times 100 \%$$

#### **Вступні контрольні запитання:**

- 1) Чим викликано ефект двовідбиття?
- 2) Якими критеріями він оцінюється?
- 3) Від яких оптичних властивостей мінералів залежать інтенсивність та форми виявлення двовідбиття?

4) **Лабораторне обладнання:** рудно-поляризаційні мікроскопи ПОЛАМР-312, АЛЬТАМІ ПОЛАР Р-312

#### **Умови спостереження та порядок виконання роботи:**

1. Необхідно особливо ретельно протерти аншліф та відцентрувати об'єктиви. Спостерігати слід у повітрі з об'єктивами  $10^x$ , а в дрібнозернистих рудах (ковелін) –  $35^x$ . Для дослідження необхідно вибирати зростки різноорієнтованих зерен та уникати уособлених монокристалів. Контакти зерен, які вибрані для порівняння, повинні бути чіткими. Для концентрації уваги на групі різноорієнтованих зерен закривайте діафрагму поля зору. Крім еталонних рекомендується притягати аншліфи переглянутих раніше колекцій. Для посилення світла краще убити синій фільтр.

2. Для численного вираження інтенсивності  $\Delta R$  можна скористатись при-

веденою формулою. Однак, її використання, як правило, обмежено відсутністю еталонних мінералів у аншліфах. Тому достатньо зупинитися на якісній оцінці інтенсивності ефекту двовідбиття, користуючись такою градацією: виключно сильне ( $\Delta R = 40-60\%$  та більше), сильне та виразне у повітрі (20-40%), непомітне у повітрі (менше 15-20%). Більш тонка різниця доступна при спостереганні з масляною імерсією, яка вивчається у лабораторній роботі №9.

3. Перегляньте мінерали-еталони з сильним та виразним двовідбиттям без зміни кольору (після тире послідовно вказано величини  $\Delta R_{\text{відн}}$ ,  $R_g$ ,  $R_p$ ): графіт – 77, 22, 5%; молібденіт – 66, 35, 15%; антимоніт (стибніт) – 33, 43, 30%; кальцит – 33, 6, 4%. Спробуйте знайти ефект, що розглядається у кіноварі – 17, 27, 23% та гетиту – 13, 20 та 17,5%.

4. Перегляньте мінерали-еталони з сильним та виразним кольоровим ефектом двовідбиття (числа у дужках ті ж, що й у пункті 3): ковелін – від блідо-блакитного до волошково-синього (30, 26, 18%), людвігіт – від блакитно-сірого до бузково-сірого (рожево-сірого, 19, 16, 13%). При цьому визначте, якому кольору відповідає максимальний та мінімальний показники відбиття. Спробуйте знайти ефект, що розглядається у марказиту – від солом'яно-жовтого до зеленувато-жовтого (при постійному  $R = 55\%$ ) та у сірувато-білого піролюзиту – з відтінками від блідо-жовтого до рожево-жовтого (також при постійному  $R = 33\%$ ).

5. Визначте залежність сприйняття  $R$  від таких факторів: інтенсивності освітлення (змінювати реостатом), включеного та витягнутого синього фільтру, якості поліровки, оточення кольоровими мінералами та ступеня контрасту у значеннях  $R$  зі суміжними мінералами. Порівняйте також сприйняття  $\Delta R$  одного і того ж мінералу у зростках його різноорієнтованих зерен та в уособлених монокристалах.

6. Складіть *звіт про роботу*.

Запишіть результати спостерегань за пунктів 3 та 4. до таблиці 2. Свої враження від сприйняття  $\Delta R$  при умовах спостерегання, що змінюються (п. 6.) занесіть до зошита у довільній формі.

Таблиця 2

Оцінка інтенсивність ефекту двовідбиття в еталонних мінералах

Мінерал	$R_g$	$R_p$	$R_{\text{абсол}}$	$\Delta R_{\text{відн}}$	Оцінка ефекту ( $\Delta R$ ) та його вираження
Графіт	22	5	17	77	Виключно сильне, від темно-сірого до світно-сірого
Кальцит	6	4	2	33	Сильне – від сірого до темно-сірого
Людвігіт	16	13	3	19	Виразне – від блакитно-сірого (13%) до рожево-сірого (16%)
Марказит	55	-	-	-	Виразне – від солом'яно-жовтого до зеленувато-жовтого
.....	.....	.....	.....	.....	.....



**Контрольні запитання:**

- 1) Від яких умов та факторів залежить сприйняття  $\Delta R$ ?
- 2) На прикладах конкретних мінералів назвіть варіанти виявлення ефекту двовідбиття.
- 3) У якого з двох мінералів – кальциту або стибніту, що мають рівним  $\Delta R_{\text{відн}}$ , (33%), ефект двовідбиття виражено більш різко? Чому?

**Критерії оцінювання лабораторної роботи:**

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильна діагностика двовідбиття рудних мінералів у відбитому світлі. В процесі захисту лабораторної роботи здобувач вищої освіти отримує 5 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей визначає кількість отриманих балів.

## Лабораторна робота № 6

### ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТУ АНІЗОТРОПІЇ У СХРЕЩЕНИХ НІКОЛЯХ

**Об`єкт досліджень** – ефект анізотропії рудних мінералів у відбитому світлі.

**Предмет досліджень** – методика оптичної діагностики анізотропії рудних мінералів у відбитому світлі.

**Мета роботи** – засвоїти сутність та ступень прояву чітко вираженого ефекту оптичної анізотропії рудних мінералів при схрещених ніколях («ник.+»); навчитися впевнено відрізняти її від побічних явищ, у тому числі. явищ, що помилково приймаються за анізотропію.

**Завдання** – вивчити чітко виражену анізотропію на мінералах еталонної колекції; навчитися впевнено відрізняти її від побічних явищ.

Відмінно від подвійного заломлення, яке можна вимірювати у прозорих шліфах, у відбитому світлі констатується тільки факт та інтенсивність ефекту анізотропії, а при хорошій якості та точній установці поляроїду-аналізатора ( $90^\circ$  відносно до поляризатора) – ще й характерні для деяких мінералів кольору анізотропії. При цьому слід пам'ятати, що при обертанні столика мікроскопа два положення погасання (через  $180^\circ$ ) видно виразно, а два суміжних з ними (при обороті на  $90$  від чіткого погасання) – проявляються слабкіше і за недосвідченістю можуть бути пропущені. Головною причиною відзначених обставин є еліптична поляризація світла в рудному мікроскопі.

**Вступні контрольні запитання:**

- 1) Що таке еліптична поляризація світла?
- 2) Які причини по шляху променів після поляризатора її викликають?
- 3) Як виявляється еліптична поляризація? Яким чином знизити вплив такої поляризації?

**Умови спостереження:**

У цьому, вони аналогічні умовам вивчення двовідбиття, але мають і свої відзнаки. Необхідно так же енергійно протерти аншліф та перевірити центрування об'єктивів. Спостерігати слід у повітрі з об'єктивами  $10^x$  або  $6^x$  (об'єктивом  $35^x$  краще не користуватися із-за посилення еліптичної поляризації). Постійно перевіряйте правильність монтування аншліфа на предметному склі.

Особливо ретельно відрегулюйте яскравість освітлення поля зору та встановіть ніколі у схрещене положення. Для цієї мети використовуйте установчий аншліф з ізотропним мінералом – магнетитом або хромітом. Відключіть аналізатор та синій фільтр. *Злегка* прикрийте апертурну діафрагму, посильте освітлення реостатом до максимального (тільки на час спостерігання, після чого знизьте освітлення до нормального!!!). Увімкніть аналізатор, обертанням рукоятки поляризатора досягніть максимально можливого затемнення.

**Лабораторне обладнання:** рудно-поляризаційні мікроскопи ПОЛАМР-312, АЛЬТАМІ ПОЛАР Р-312

**Порядок виконання роботи:**

1. Установіть аншліф з сильно анізотропним мінералом з еталонної колекції. Виберіть у ньому зростків різноорієнтованих зерен із добре вираженим погасанням мінеральних індивідів. Повертанням столика перевірте повноту схрещення ніколів: положення, погасання (або максимального просвітлення) повинні наступати через  $90^\circ \pm 3^\circ$ . У подальшій роботі уникайте спостерігати уособлені зерна та кристали. Для концентрування уваги на контактах зерен, що порівнюються, прикривайте діафрагму поля зору.

2. Перегляньте сильно анізотропні мінерали еталонної колекції: графіт, молібденіт, стибніт, арсенопірит, ільменіт, ковелін, людвігіт, піротин, марказит, піролюзит. Визначте, у яких мінералів з цього переліку спостерігаються чіткі кольорові ефекти анізотропії. При спостеріганні кожного мінералу, після оцінки анізотропії в положенні «нік.+», ви микайте аналізатор, та, зменшивши світло до припустимого, порівняйте ступінь її прояву з інтенсивністю двовідбиття. Свої враження від кожного з перегляну тих мінералів занесіть до зошита.

3. Перегляньте еталони помітно та слабко анізотропних мінералів: гематит (мартит, залізна слюдка), гетит, вольфраміт, халькопірит. Запам'ятайте ступінь вираження анізотропії у цих мінералах. Майте на увазі, що її можна посилити при спостеріганні з імерсією (лабораторна робота №9). Спробуйте за допомогою халькопіриту оцінити якість поляризаційного устрою свого мікроскопа: якщо у повітрі видно анізотропію халькопіриту, то мікроскоп слід визнати хорошим.

4. Оцініть вплив факторів, що знижують ефект анізотропії: сили світла (змінюється реостатом та апертурною діафрагмою), синього фільтру, якості поліровки, величини коефіцієнта відбиття (погасання слабшає з ростом  $R$ ). Врахуйте можливий вплив побічних явищ, що помилково приймаються за ознаки анізотропії – блакитних блисків від зовнішніх джерел світла біля тріщин, подряпин, ямок та пір, бокових граней кристалів; маскуючої ролі внутрішніх рефлексів у прозорих та напівпрозорих мінералах (розглянуто в лабораторній роботі №7). Уникайте грубих помилок – монтування аншліфа з нахилом та т.п.

5. Звіт про роботу оформлюється у вигляді записів про особисті враження від спостереження за пунктами 2-4.

**Контрольні запитання:**

1) Які умови спостереження анізотропії при схрещених ніколях заслуговують особливої уваги?

2) У чому виявляється оптична анізотропія рудних мінералів?

3) У якому порядку та чому слід спостерігати явища оптичної анізотропії?

**Критерії оцінювання лабораторної роботи:**

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильна діагностика анізотропії рудних мінералів у відбитому світлі. В процесі захисту лабораторної роботи здобувач вищої освіти отримує 5 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей визначає кількість отриманих балів.

## Лабораторна робота № 7

### ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНІХ РЕФЛЕКСІВ

**Об`єкт досліджень** – ефект виникнення внутрішніх рефлексів рудних мінералів у відбитому світлі.

**Предмет досліджень** - методика оптичної діагностики внутрішніх рефлексів рудних мінералів у відбитому світлі.

**Мета роботи** – засвоїти сутність та форми проявів чітко виражених внутрішніх рефлексів, навчитися оцінювати їх інтенсивність та колір, а також виділяти серед супроводжуючих та побічних явищ.

**Завдання** – вивчити внутрішні рефлекси прозорих та напівпрозорих забарвлених мінералів у аншліфах еталонної колекції; навчитися оцінювати їх інтенсивність, колір та відрізняти від явищ анізотропії в мінералах, де вона чітко виражена.

Внутрішніми рефлексами (далі – **ВР**) називаються явища просвічування прозорих, напівпрозорих та слабо просвічуваних мінералів. В аншліфах **ВР** виявляються за допомогою променів, що проникають усередину мінералу та відбиваються назад від його внутрішніх граней, стінок тріщинок або меж зерен. **ВР** – дуже важлива діагностична ознака багатьох рудних мінералів з коефіцієнтом відбиття **R** до 40 % (при великих значеннях **R** **ВР** не проявляється).

**ВР** можна побачити при косому світлі, що виникає при зовнішньому боковому освітленні або в схрещених ніколях. Нижче охарактеризовано більш універсальний – другий спосіб косого освітлення, який можна використати з об'єктивними усіх збільшень (від  $4,2\times$  до  $35\times$  та більше), незалежно від їх робочої відстані та розмірів зерен, що досліджуються.

**Питання ввідного контролю:**

1) Намалюйте схему виникнення внутрішніх рефлексів при косому зовнішньому освітленні та при схрещених ніколях.

2) Від яких властивостей мінералів залежить колір внутрішніх рефлексів?

3) Який взаємозв'язок існує між ВР та відтінком кольору мінералу у відбитому світлі?

***Умови спостереження ВР при схрещених ніколях:***

У першу чергу необхідно забезпечити сильне освітлення. Це досягається чітким регулюванням положення лампочки, вилученням синього фільтру та гранично відкритою апертурною діафрагмою. Спостерігати слід у повітрі, користуючись об'єктивами будь-якого збільшення, вибір якого залежить тільки від розміру зерен, що досліджуються. При дрібних розмірах рекомендується прикрити діафрагму поля зору. Суворе схрещення ніколів не обов'язкове. Більш того, допускається відхилення рукоятки поляризатора на +/- 20° від 90° – залежно від найбільш вразливого прояву ВР. По закінченню роботи початкове положення схрещених ніколів слід відновити.

***Лабораторне обладнання:*** рудно-поляризаційні мікроскопи ПОЛАМР-312, АЛЬТАМІ ПОЛАР Р-312

***Порядок виконання роботи:***

1. При першому знайомстві з внутрішніми рефлексами в аншліфі слід використати спосіб косоного освітлення зовнішнім джерелом світла. Для цього слід використати об'єктив  $6^x$  та встановити аншліф з яким-небудь прозорим або напівпрозорим, але неодмінно забарвленим на просвіт мінералом – малахітом, азуритом, кіновар'ю, аурипігментом та т.п. Вилучивши патрон з лампочкою та, освітлюючи аншліф зверху та збоку, знайдіть звичайний (зелений, синій, червоний, жовтий і т.п.) колір мінералу під мікроскопом, який і відповідає ефекту та кольору його внутрішніх рефлексів. Після цього поверніть лампочку на місце та відновіть нормальне освітлення. У подальшому його порушувати не слід.

2. Не знімаючи аншліфа з вибраним мінералом, порівняйте його відтінки при одному ніколі з кольором внутрішніх рефлексів. Вони повинні доповнювати один одного у частині спектра, що можна побачити: червона на просвіт кіновар має блакитний відтінок у відбитому світлі, синій азурит виглядає рожевим і т.п.

Запишіть ваші враження про внутрішні рефлекси та відтінки кольору у відбитому світлі до зошита. При подальшому виконанні роботи користуйтеся тільки методом спостереження ВР у схрещених ніколях.

3. Перегляньте внутрішні рефлекси у мінералах еталонної колекції, яким властиві суцільні (сильні) внутрішні рефлекси – спочатку не кольорові (кварц, кальцит, барит), а потім і кольорові (малахіт – зелені, азурит – сині; шееліт, сидерит та аурипігмент – жовті, буровато-жовті; реальгар та куприт – червоні).

5. При спостереженні сильно анізотропних мінералів даної групи (кальцит, сидерит, малахіт, азурит) знайдіть будь-яке положення їх погасання та впевніться, що в цьому положенні ВР також добре видно. Запам'ятайте цей вирішальний захід відрізнення ВР від ефекту анізотропії. Переглядаючи еталони з густими кольоровими ВР, не забувайте порівнювати їх забарвлення з відтінками кольору у відбитому світлі при включеному аналізаторі.

6. Перегляньте внутрішні рефлекси у інтенсивно забарвлених напівпрозорих мінералів – сфалериту (буро-коричневі), кіноварі (рубіново-червоні), гідро-

гетиту (жовто-бурі), вольфрамиту – гюбнериту (червоно-бурі). Оскільки тут ВР мають не суцільний, а нерівномірно-плямуватий характер, то їх слід шукати у зернах з тріщинками, вибоїнками та великими порами, переглядаючи для цього як можна більшу кількість зерен. Порівняйте колір ВР при включеному аналізаторі та відтінок кольору у цих мінералів при одному ніколі. Пам'ятайте, що ВР можна суттєво посилити, спостерігаючи їх в імерсії (лабораторна робота №9).

#### **7. Складіть звіт про роботу.**

Висновки своїх спостережень та вражень за пунктами 1–6 для кожного з переглянутих мінера пів запишіть до зошита, звертаючи увагу на 4 особливості: інтенсивність (суцільні або плямуваті) та колір ВР, забарвлення ВР у порівнянні з відтінком кольору при одному ніколі, наприкінці, для анізотропних мінералів – поєднування кольорів анізотропії при «нік.+» та кольору внутрішніх рефлексів.

#### **Джерела можливих помилок:**

– окрім суміші кольорів анізотропії та забарвлення ВР, за ВР можуть бути прийняті блакитні та не кольорові блиски від стороннього (у т.ч. денного) джерела світла, що виникають на кромках подряпин, борозни, біля меж твердих мінералів, що рельєфно височать;

– не слід також приймати за ВР яскраві райдужні («іризуючі») блиски, що приурочені до тріщинок та внутрішніх відколів зерен мінералів, що просвічують.

#### **Контрольні запитання:**

1) Перерахуйте основні вимоги до регулювання освітлення для спостереження ВР у схрещених ніколях.

2) Назвіть якісні градації інтенсивності і кольору ВР.

3) Як відрізнити кольори анізотропії від забарвлення ВР?

#### **Критерії оцінювання лабораторної роботи:**

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильна діагностика внутрішніх рефлексів рудних мінералів у відбитому світлі. В процесі захисту лабораторної роботи здобувач вищої освіти отримує 5 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей визначає кількість отриманих балів.

## **Лабораторна робота №8**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ МІНЕРАЛІВ**

**Об'єкт досліджень** – якісні та кількісні методи визначення мікротвердості рудних мінералів.

**Предмет досліджень** - методика визначення мікротвердості рудних мінералів у відбитому світлі.

**Мета роботи** – оволодіти якісними засобами визначення відносної мікротвердості рудних мінералів.

**Завдання** – освоїти три простіших методи визначення відносної твердості

мінералів – дряпанням голками, за якістю полірованої поверхні, переміщенням світлої кайми при підйманні тубуса мікроскопу.

Твердість мінералів – друга за значенням діагностична ознака після відбивної здібності, оскільки і вона піддається кількісному вимірюванню (для визначення мікротвердості вдавленням алмазної пірамідки – ПМТ-3).

Дряпання мідною та сталлюю голками дозволяє розділити мінерали на три групи відносної твердості: низької твердості («м'які») – дряпаються мідною голкою; середньої твердості – не дряпаються мідною, але дряпаються сталлюю голкою; високої твердості («тверді») – обома голками не дряпаються. Межі поміж названими групами за шкалою Мооса складають, приблизно, 3 і 5 балів. Головним тут є освоєння техніки дряпання.

***Питання ввідного контролю:***

- 1) Назвіть вимоги до заточування голок.
- 2) Під якими кутами слід тримати голку при дряпанні та у якому напрямі переміщувати її?
- 3) Поясніть причини з'явлення чорної та світлої кайми на контактні мінералів різної твердості.

***Лабораторне обладнання:*** рудно-поляризаційні мікроскопи ПОЛАМР-312, АЛЬТАМІ ПОЛАР Р-312, мікротвердометр ПМТ-3

***Умови спостереження та порядок виконання роботи:***

1. Перед початком роботи заточіть голки на наждачній шкурці (дістаньте її з кювети) та перевірте під мікроскопом правильність заточування (кінчик голки повинен бути достатньо гострим). Відчистіть клаптиком паперу кінчик голки від часток наждачного порошку, що прилипли до нього. Використовуйте об'єктиви з великою робочою відстанню в 6-18 мм (4,2<sup>x</sup>, 6<sup>x</sup>, 10<sup>x</sup>). Не наносіть глибоких та довгих боріздов, достатньо залишити штрих довжиною не більше 1-2 мм. При дряпанні нахилийте голку в бік переміщення під оптимальним кутом 40-60°.

2. Прокресліть мідною голкою мінерали еталонної колекції з низькою твердістю: молібденіт, кіновар, галеніт. Повторіть ці операції поперемінно – спочатку мідною, а потім сталлюю голкою на мінералах середньої твердості: кальциту та інших карбонатах, халькопіриту, сфалериту, піротину.

Зверніть увагу, що мідна голка їх не дряпає, але залишає луски міді в тріщинах, які перетинає, боріздах, ямках та великих порах. При подальших переглядах аншлифів ці сліди можна помилково прийняти за самородну мідь. Після нанесення боріздов сталлюю голкою розгляньте подряпини під об'єктивами 10<sup>x</sup> або 35<sup>x</sup>. При такому спостереженні можна побачити, що по краях боріздки, що накреслена, височаться валики порошку мінералу, що випробується на твердість. У подальшому (лабораторна робота № 9) такий порошок досліджується в масляній імерсії для виявлення внутрішніх рефлексів.

Після операцій з мінералами середньої твердості спробуйте прокреслити сталлюю голкою мінерали високої твердості – кварц, хроміт, гематит, пірит та магнетит, щоб впевнитися у відсутності дії на них сталлюю голки. При цьому зверніть увагу на особливу поведінку магнетиту, на якому сталлюю голка часто залишає помітний слід. Названу особливість викликано проміжним значенням

твердості магнетиту (5-5,5 за шкалою Мооса), на якому тверда сталь залишає слід, а менш міцна – ні.

3. При виконанні даної частини лабораторної роботи дозволяється користатися тільки еталонною колекцією твердості мінералів, щоб уникнути псування поверхні аншліфів інших колекцій. При цьому необхідно пам'ятати основні джерела помилок: неправильне заточення голок; дуже пологий нахил при дряпанні (15-30); брудну поверхню аншліфу, на якій будь-яка голка залишає помилковий слід; голки з частками абразиву, що залишає слід навіть на твердих мінералах. Запишіть перелік мінералів, що випробувано голками за трьома групами твердості до зошита.

4. Використання голок обмежено короткою робочою відстанню об'єктива 35<sup>x</sup> (приблизно 0,5 мм), воно неможливе з імерсійними об'єктивами. Використання їх виключається і при малих розмірах зерен (менше 1-0,5 мм). У таких випадках слід використовувати два інших способи.

5. Визначення твердості за характером полірованої поверхні засновано на різній можливості мінералів сприймати поліровку залежно від ряду властивостей, у першу чергу, – від твердості. У зв'язку з цим тверді мінерали, що рельєфно височать над менш твердими та м'якими, часто мають шорстку (мікроямчату) поверхню та оточені темними, майже чорними каймами. Для ознайомлення з цими явищами перегляньте в еталонних колекціях «Дефекта аншліфів», «Відбивальна здібність» та «Колір мінералів» аншліфи з шорсткими зернами піриту та арсенопіриту серед добре відполірованих агрегатів халькопіриту, галеніту, тетраедриту та халькозину. Зафіксуйте у зошиті своє враження від різниці у поліровці.

6. Визначення відносної твердості мінералів за світлою каймою, що виникає на контакті близьких за твердістю мінералів, засновано на її зміщенні у бік більш м'якого мінералу при підйманні тубуса мікроскопа. Не дивлячись на обмежені можливості цього методу, він часто виявляється тільки одним при діагностиці дрібних включень невідомого мінералу у відомому і тому вимагає освоєння.

7. Умови спостереження світлої кайми, у першу чергу, визначаються відмінною якістю поліровки та чітким, щільним примиканням мінералів, що порівнюються за твердістю. Для збільшення видимості кайми слід злегка прикрити апертурну та повністю закрити польову діафрагму. Спостереження вести з об'єктивом 10<sup>x</sup>. Поведінку смужки слід перевіряти як підйомом, так і опусканням тубуса, але висновки про твердість приймати завжди за одним з цих переміщень, використовуючи правило, про яке йдеться у п.6.: при підйманні тубуса мікрометричним гвинтом світла смужка переміщується до більш м'якого мінералу.

8. Знайдіть світлу кайму на контакті таких пар мінералів переглянутих раніше еталонних колекцій, використовуючи для цієї мети тільки аншліфи високої якості: гематит (у т.ч. мартит) – магнетит, сфалерит – галеніт, халькопірит – сфалерит, халькопірит - галеніт, золото – халькопірит. При спостереженні майте на увазі, що на контакті не кольорових мінералів (гематит, магнетит, сфалерит, галеніт) кайма має білий колір, а у присутності кольорового мінералу вона за-

фарбовується.

9. Складіть *звіт про роботу*. Висновки своїх спостережень та вражень за пунктами 2–8 для кожного з переглянутих мінералів пів запишіть до зошита. Для кожної пари мінералів слід записати, який з них більш твердий ( $T$  піриту  $>$  арсенопіриту і т.п.).

**Контрольні запитання:**

- 1). Які помилки можливі при визначенні твердості дряпанням?
- 2). Чому більш тверді мінерали оточені темними каймами?
- 3). Про що говорить широка кайма?
- 4). Чому при підйманні тубуса світла кайма переміщується до більш м'якого мінералу? Підтвердить це правило схемою виникнення кайми.

**Критерії оцінювання лабораторної роботи:**

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильне визначення групи твердості рудних мінералів у відбитому світлі. В процесі захисту лабораторної роботи здобувач вищої освіти отримує 5 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей визначає кількість отриманих балів.

## Лабораторна робота № 9

### ВИЗНАЧЕННЯ ОЗНАК РУДНИХ МІНЕРАЛІВ У ІМЕРСІЇ

**Об'єкт досліджень** – імерсійний метод досліджень властивостей рудних мінералів у відбитому світлі.

**Предмет досліджень** – методика оптичної діагностики властивостей рудних мінералів в імерсії у відбитому світлі.

**Мета роботи** – вивчити посилення оптичних властивостей та контрастів у імерсії в порівнянні зі спостереженням у повітрі.

**Завдання** – оволодіти заходами спостереження з імерсією: порівняти у повітрі та маслі ступінь проявлення  $\Delta R_{\text{відн}}$ , двовідбиття, анізотропії та внутрішніх рефлексів у мінералах зі слабким проявленням цих властивостей при спостереженні у повітрі.

У попередніх лабораторних роботах усі оптичні ознаки мінералів навмисно освоювались у спрощених умовах – у повітрі та на прикладах еталонів з чітко визначеними властивостями. У реальних обставинах досліднику приходиться мати справу з ознаками, що виявляються дуже слабо, тому вони через це можуть бути неправильно оцінені або зовсім пропущені.

Виправити це становище можна за допомогою імерсійного середовища (кедрове масло з показником переломлення 1,5), яке міститься поміж об'єктивом і аншлифом та суттєво збільшує розділювальні можливості рудного мікроскопа. Використання масла знижує значення  $R$  і змінює відтінки кольору мінералів, але при цьому різко збільшуються оптичні контрасти і тому зростає



сприйняття  $\Delta R_{\text{відн}}$ , (з +/- 5 до 2%), набагато краще видно двовідбиття та анізотропію, але особливо посилюється прояв внутрішніх рефлексів, які часто зовсім не помітні у повітрі.

**Питання ввідного контролю:**

- 1) Чому в імерсії  $R$  знижується?
- 2) Для чого використовується спостереження в імерсії?
- 3) Які речовини можуть замінити Кедрове масло у ролі імерсійного середовища?
- 4) Якими зовнішніми показниками та ознаками відрізняються імерсійні об'єктиви?

**Умови спостереження в імерсії:**

Об'єктиви для масляної імерсії відзначені на оправках чорним або червоним паском. Вони мають дуже коротку робочу відстань (коло 0,5 мм) і тому вимагають обережного наведення на різкість. Для спостереження у повітрі вони не здатні.

1. При виконанні завдання і виберіть зі звичайним об'єктивом  $10^x$  зерно або два контактуючих зерна без подряпин та інших дефектів. Установіть мікроскоп вертикально, підніміть тубус, зніміть об'єктив.

2. Візьміть імерсійний об'єктив  $20^x$ , переверніть його фронтальною лінзою догори та положіть на неї краплю кедрового масла. Швидко переверніть об'єктив фронтальною лінзою вниз, щоб не дати краплі розтектися та встановіть об'єктив на тубусі.

3. Спостерігаючи збоку, обережно опустіть об'єктив до зіткнення краплі масла з поверхнею аншліфа. Дивлячись у окуляр отримайте чітке зображення. Обережно центруйте об'єктив та починайте спостереження. Апертурну діафрагму можна злегка прикрити, діафрагма поля зору закривається при малому розмірі зерен, що досліджуються.

4. Не рекомендується користуватись більш сильними об'єктивами ( $50^x$ ,  $95^x$ ) до повного оволодіння заходами роботи з об'єктивом  $20^x$ . При цьому пам'ятайте, що в об'єктивах із сильним збільшенням зростає еліптична поляризація і тому їх краще не використовувати для оцінки анізотропії у схрещених ніколях.

5. Після закінчення роботи треба протерти фронтальну лінзу ваткою або смужкою фланелі, що змочена спиртом або бензином, а потім протерти сухою фланеллю. Таким же чином протріть аншліф, після чого слід енергійно відчистити його від плям на сукні.

**Порядок виконання роботи:**

Завдання виконується на двох аншліфах. Перша частина – з аншліфом високої якості з еталонної колекції до робіт № 3-7. Друга частина – з дослідженням порошку мінералів – у аншліфі, що видається викладачем, щоб уникнути знешкодження препаратів основних колекцій.

1. Вивчіть комплекс оптичних властивостей із пар контактуючих мінералів, спочатку у повітрі, а потім в імерсії. При порівнянні зверніть увагу на зниження  $R$ , зміну відтінків кольору, посилення  $\Delta R_{\text{відн}}$ , двовідбиття, анізотропії при «ник.+» та внутрішніх рефлексів.

Пари мінералів, що рекомендуються із переглянутих раніше колекцій: кіновар–стибніт, гематит (мартит)–магнетит–гетит, ільменіт–магнетит, вольфраміт–кварц, ковелін–тетраедрит або халькозин, халькопірит–піротин, арсенопірит–пірит.

Помічені зміни властивостей кожного мінералу опишіть у зошиті.

2. Вивчіть посилення внутрішніх рефлексів при спостереганні у порошок та в масляній імерсії на одному з таких мінералів зі слабким проявом ВР у повітрі: стибніті, залізистому сфалериті, тенантиті, а при наявності зразка з середньою твердістю і вольфраміті (усі аншліфи видаються викладачем).

Для цієї мети виберіть зерно або зросток без дефектів поліровки, а потім перегляньте його ВР при схрещених ніколях у такій послідовності: а) з об'єктивом  $10^x$  у повітрі, б) при тих же умовах, але після дряпання сталлюю голкою – у межах борозни і в порошок (описано у роботі № 8), в) у масляній імерсії – у бік від борозни, г) у імерсії – у зоні борозни і в порошок.

Запишіть до зошиту ступінь прояву та колір ВР для кожного етапу спостерегань. Прийміть на майбутнє таку градацію та термінологію проявів ВР для діагностики:

– за кольором ВР: не кольорові, червоні, зелені, сині, бурі, включаючи жовто-бурі, жовтогарячі і т.п.);

– за інтенсивністю (у бік зниження): помітні у повітрі помітні у повітрі та в порошок непомітні у повітрі помітні у маслі помітні у маслі та порошок немає (відсутні).

#### ***Контрольні запитання:***

- 1) До яких значень показника відбиття має сенс визначати ВР?
- 2) Як і у яких мінералів можна отримати порошок для оцінки ВР?
- 3) Які зміни у проявленні оптичних властивостей мінералів вдалося вам відмітити в імерсійному середовищі?

#### ***Критерії оцінювання лабораторної роботи:***

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильна діагностика властивостей рудних мінералів у відбитому світлі в імерсійному середовищі. В процесі захисту лабораторної роботи здобувач вищої освіти отримує 5 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей визначає кількість отриманих балів.

## **Лабораторні роботи № 10 та 11**

### **СПОСТЕРЕГАННЯ ДОПОМІЖНИХ ОЗНАК РУДНИХ ТА НЕРУДНИХ МІНЕРАЛІВ**

***Об`єкт досліджень*** – допоміжні діагностичні ознаки рудних мінералів у відбитому світлі.

***Предмет досліджень*** - методика оптичної діагностики допоміжних ознак

рудних мінералів у відбитому світлі.

**Мета роботи** – навчитися виявляти допоміжні ознаки присутні деяким мінералам та з допомогою їх виділяти усередині подібних груп шуканий мінерал.

**Завдання** – ознайомитися з правильними формами перерізів зерен, різними типами двійників, спайністю та магнітністю мінералів, а також з особливостями поведінки у відбитому світлі прозорих нерудних мінералів. Для цієї мети скористатися аншліфами переглянутих раніше еталонних колекцій (лабораторні роботи № 2-8) – відповідно до переліку мінералів, що рекомендується нижче.

На основі шести ознак, що було охарактеризовано вище та простіших способів їх визначення звичайно вдається виявити тільки групу з 2-6 мінералів, що мають близькі властивості. Щоб виділити усередині подібної групи шуканий мінерал, необхідна додаткова інформація, яку часто несуть допоміжні ознаки, присутні деяким мінералам. Ознайомлення з такими ознаками і складає мету цієї роботи.

Форми перерізів зерен визначають габітус мінералів за тими принципами, що і в прозорих шліфах. Вони відомі з курсу петрографії. У цьому відношенні дуже виразні та заслуговують на перегляд перерізи пластинчатих та таблитчастих кристаликів залізистої слюдки, призматичних – арсенопіриту та марказиту, кубічних – піриту, октаєдричних – магнетиту та мартиту. Не менш виразні фестончасті, зонально-коломорфні агрегати гетиту, гідрогетиту, псиломелану та манганіту.

Прості двійники, у тому числі у формі зірочок, ластівчиного хвоста та інші, характерні для сафлориту – рамельсбергїту, полісинтетичні двійники – для молібденїту, стибніту, залізистої слюдки та спекулярїту (гарно видні у схрещених ніколях). У ізотропного сфалерїту такі двійники виявляються по рельєфній поверхні із-за різної твердості суміжних індивідів.

Спайність знаходиться за серією рівних паралельних тріщинок, ланцюжків ізометричних або пластинчатих кристаликів – включень структур розпаду твердих розчинів шпінелі у магнетиті, халькопіриту у сфалериті. У кубічному галенїті, зі спайністю у трьох напрямках, її тріщинки доповнюються характерними трикутниками викришування.

Суттєву допомогу у діагностиці магнетиту і піротину надає їх взаємодія з магнітною стрілкою. Деякі мінерали, що утримують срібло (полїбазит, петит та ін.), тускніють та темнішають на протязі 5-15 секунд під впливом сильного світлового потоку (3).

Особливе місце у ряду допоміжних ознак займають заходи спостерігання прозорих (нерудних) мінералів, які завжди присутні у аншліфах.

#### **Умови спостерігання:**

Дякуючи низькому коефіцієнту відбиття (4-10) усі нерудні мінерали виглядають темно-сірими. Слід запам'ятати, що точна діагностика таких мінералів під рудним мікроскопом неможлива. Для цієї мети з єдиного зразка руди слід одночасно з аншліфом робити шліф.

Однак, якщо відомий перелік основних нерудних мінералів, що присутні у руді, то відрізнити їх у аншліфах можна з великою достовірністю. У багатьох

випадках вони розрізняються у аншліфах краще, чим у шліфах. Основна перевага такого спостереження – можливість бачити одночасно усі рудні та нерудні мінерали, що є виключно у прозорих шліфах.

До ознак найбільш чіткої різниці прозорих мінералів у аншліфах відносяться: твердість, що визначається за рельєфом, низька  $R$ ,  $\Delta R_{\text{відн.}}$ , двовідбиття, колір ВР, кристалографічні особливості (форма зерен, спайність), парагенезис. При виконанні цієї роботи не припускається визначення твердості дряпанням голками.

#### ***Послідовність виконання завдання:***

1. В аншліфах, де сумісно присутні кварц та будь-які карбонати (кальцит, доломіт, сидерит, малахіт), зверніть увагу на знижену відбивну здібність кварцу відносно карбонату. Не дивлячись на малу величину  $\Delta R_{\text{абсол.}} = 2-4\%$ , різниця між ними виступає дуже контрастно завдяки високому значенню  $\Delta R_{\text{відн.}}$  (більше 30%).

2. У цих же аншліфах, а також у препаратах з мономінеральних агрегатів карбонатів, оцініть їх високий ефект двовідбиття, знайдіть полісинтетичні двійники та тріщинки спайності за ромбоедром, характерні перерізи зерен у формі паралелограмів, розгляньте більш високий рельєф кварцу відносно карбонатів.

3. Внутрішні рефлекси являють собою інтерес при діагностиці забарвлених прозорих та полупрозорих мінералів, так як у некольорових мінералів вони однаково інтенсивні. Перегляньте у цьому зв'язку аншліфи сумісних агрегатів азуриту та малахіту, аурипігменту та реальгару, які при одному ніколі виглядають однаково.

4. В аншліфах з хромітом, серед однаково темних серпентину та олівіну, зверніть увагу на островки твердого олівіну, що зводиться над м'яким серпентином, котрий заміщує олівін. У даному випадку нерудні мінерали розрізняються без клопоту завдяки рельєфу та знанню їх парагенетичних відносин. Взагалі знання типоморфних асоціацій мінералів у рудах, у тому числі зміни їх парагенезисів під впливом різних причин, слід розцінювати у якості важливої допоміжної ознаки, що попереджує від багатьох помилок.

5. Наприкінці перегляньте нерудні мінерали вапняно-скарнової асоціації: гранат+піроксен+рогова обманка+/-кварц, кальцит (в рудах з магнетитом, шеєлітом та сульфідами).

6. Знайдіть також аншліфи магнезіально-скарнових руд з форстеритом (або кліногумітом), діопсидом, флогопітом та серпентином, що супутні магнетиту, людовігиту та піротину. Спробуйте розділити нерудні мінерали за оптичними та іншими допоміжними ознаками.

#### ***Звіт про роботу***

Запишіть до зошита свої враження від спостереження допоміжних ознак для кожного з переглянутих мінералів.

#### ***Контрольні запитання:***

1. Які діагностичні ознаки мінералів відносяться до допоміжних, а які до основних?
2. На чому засновано таке розділення ознак?

3. Які перерізи характерні для кристаликів кубічної, призматичної, голчатої, табличної та пластинчастої форми?
4. Чим відрізняється спайність від тріщинок іншого походження?
5. Чому різні прозорі мінерали в аншліфах добре видно, не дивлячись на низьке значення та малу різницю у коефіцієнтах відбиття ( $R$ )?

**Критерії оцінювання лабораторної роботи:**

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильна діагностика рудних мінералів у відбитому світлі з використанням допоміжних ознак мінералів. В процесі захисту лабораторної роботи здобувач вищої освіти отримує 5 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей визначає кількість отриманих балів.

## Лабораторна робота № 12

### ДІАГНОСТИЧНЕ ТРАВЛЕННЯ МІНЕРАЛІВ

**Об'єкт досліджень** – мікрохімічні методи досліджень рудних мінералів у відбитому світлі.

**Предмет досліджень** – методика діагностичного травлення рудних мінералів у відбитому світлі.

**Мета роботи** – у результаті травлення мінералів еталонної колекції стандартними реактивами отримати наглядне уявлення про сутність, заходи та критерії оцінки результатів діагностичного травлення.

**Завдання** – здійснити травлення та зафіксувати реакції у таких мінералів:

- а) арсенопірит – закипання краплі  $\text{HNO}_3$ ,
- б) магнетит – пожовтіння краплі  $\text{HCl}$ ,
- в) антимоніт – з'явлення жовтогарячо-жовтого (до бурого) осадка на поверхні мінералу після видалення краплі  $\text{KOH}$ ,
- г) піротин – райдужне потьмяніння поверхні після дії  $\text{KOH}$ ,
- д) галеніт – почорніння поверхні від  $\text{HNO}_3$ .

Відкрита поверхня аншліфів дозволяє діяти на мінерали хімічними реактивами. Дослідження відношення мінералів до дії реактивів певної (стандартної) концентрації на протязі 1 хвилини називається діагностичним травленням. У лабораторії мінераграфії НГУ використовуються 5 стандартних реактивів (за ступенями зростаючої дії):  $\text{FeCl}_3$  – 20% водний розчин,  $\text{KOH}$  – 40% водний розчин,  $\text{HCl}$  – 1:1,  $\text{HNO}_3$  – 1:1, царська горілка (1 частина концентрованої  $\text{HNO}_3$  та 3 частини  $\text{HCl}$ ). При роботі з ними необхідно проявляти граничну обережність та дотримуватись правил безпеки.

**Питання ввідного контролю:**

- 1) Що обмежує використання діагностичного травлення?
- 2) На якій стадії дослідження аншліфа використовується травлення?
- 3) Які явища свідчать про позитивну дію реактивів?

4) При яких об'єктивах можна проводити травлення?

**Умови спостереження:**

- а) поліровку перед травленням слід ретельно почистити;
- б) крапля реактиву повинна вміщуватися на одному зерні. Якщо вона прикриє два різних мінерали, може з'явитися електролітична пара, що змінить характер взаємодії кислоти;
- в) дії реактиву слід піддавати по черзі декілька зерен, оскільки різні перерізи можуть реагувати на реактив по різному;
- г) спостерігаючи за закипанням, не путати його з виділенням бульбашок повітря із мікротріщинок – закипання проходить по усій поверхні краплі.

**Послідовність виконання завдання:**

1. Методика травлення така: на зерно мінералу, що досліджується, наносять краплю реактиву і під мікроскопом спостерігають явища, що виникають як у краплі, так і після її дії.

2. Однак, перед цією операцією слід на своєму робочому місці оволодіти технікою прицільного нанесення краплі води на вибране зерно та досягти, щоб розмір краплі при цьому не перевищував 0,5-1мм. Тільки після цього дозволяється перейти до мікроскопа для діагностичного травлення.

Можливі такі явища: закипання краплі, забарвлення краплі, забарвлення поверхні мінералу, затемнення поверхні – корозія, з'явлення іризуючої плівки, появлення структури зерна, поява кільця коло краплі, випадання осадку, крапля не діє – негативна реакція. Кожна реакція відзначається знаком «+», відсутність її – знаком «-» (мінус).

3. Крапля наноситься на зерно мінералу за допомогою паперової стрілки, що використовується тільки один раз. Крапля не повинна виходити за межі зерна, що досліджується. Відразу проводиться спостереження – є чи ні закипання. Потім підсвічуванням краплі збоку (як при спостереження внутрішніх рефлексів) визначається є чи ні забарвлення.

4. Далі за допомогою фільтрувального паперу крапля видаляється та вивчається поверхня, де вона знаходилась.

**Звіт про роботу**

Для кожного мінералу, що досліджувався, записати до зошиту назву (формулу) використаного реактиву та усі явища, що були відмічені на протязі однієї хвилини спостереження у мікроскоп, а також після видалення краплі реактиву.

**Контрольні запитання:**

- 1) Які помилки у методиці травлення можуть призвести до негативного висновку?
- 2) У чому небезпека роботи з реактивами?
- 3) Чому спостереження за дією краплі реактиву обмежується 1 хвилиною?

**Критерії оцінювання лабораторної роботи:**

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильна діагностика рудних мінералів у відбитому світлі за допомогою методів діагностичного травлення. В процесі захисту лабораторної роботи здобувач вищої освіти отримує 5 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей ви-

значає кількість отриманих балів.

### Лабораторна робота № 13

## ОСВОЄННЯ ВИЗНАЧНИКІВ РУДНИХ МІНЕРАЛІВ ПІД МІКРОСКОПОМ

**Мета роботи** – засвоїти систему застосування виявлених ознак у роботі з визначниками, які не потребують обов'язкового використання точних приладів.

**Завдання** – ознайомитися зі структурою, термінологією та послідовністю роботи з визначниками С.А. Вахромеєва, І.С. Волинського та М.П. Ісаєнко; за допомогою кожного з них здійснити пробний пошук невідомого мінералу, який має комплекс властивостей, вказаних викладачем.

Визначення невідомого мінералу зводиться до накопичення відомостей о можливо більшій кількості його ознак, а потім – до послідовного порівняння їх з одним із великої кількості визначників [1, 3-7, 9, 12, 14, 16-17 та ін.]. Вище наведені заходи оцінки окремих діагностичних ознак.

У цій якості вибрані визначники С.А.Вахромеєва [3], І.С.Волинського [4-6] та М.П.Ісаєнко [9]. Такий вибір пояснюється спрямованістю запропонованих «Рекомендацій...» на оволодіння простішими заходами діагностики рудних мінералів, що доступні геологу у виробничих умовах.

#### **Питання ввідного контролю:**

- 1) Які властивості мінералів покладені до основи сучасних визначників?
- 2) Які ознаки виконують допоміжну роль?

#### **Рекомендації до роботи з визначниками:**

1. Визначник С.А.Вахромеєва [3] найкраще відповідає першому ступеню підготовки починаючого мінерографа завдяки простоті конструкції. Для його освоєння познайомтеся з описом методики роботи на с. 126-127 [3]. Уважно перегляньте по черзі звідні таблиці на с.129-139 [3], звернувши увагу на прийняті у них терміни, символи та числові значення. Після цього ознайомтеся з розділом опису мінералів на с. 140-172 [3]. Неодмінно прочитайте опис 2-3 мінералів за своїм вибором. Визначте мінерал з такими властивостями: висока твердість,  $R=50-60\%$ , білий, сильно анізотропний, двовідбиття слабке. Повторіть операцію, задавшись іншим відомим вам набором властивостей будь-якого мінералу.

2. Рекомендації з освоєння «дірчастого» визначника І.С.Волинського [5]. Пропонований тритомний визначник відрізняється оригінальною конструкцією завдяки використанню таблиць-решіток, робота з якими забезпечує високу наочність пошуку невідомого мінералу. Не дивлячись на важку доступність (бібліографічний раритет), він є дуже необхідним для професіонала мінерографа, так як його розраховано на максимальне використання самих тонких проявів оптичних ознак. Це робить незамінним його у роботі з дрібнозернистими рудами та при діагностиці тонких включень в умовах недоступності мікрозонду, електронного мікроскопа та інших точних приборів.

Для освоєння визначника ознайомтеся в 2-му томі з розміщенням мінералів у порядку значень  $R$ , що збільшуються, на будь-якій таблиці-решітці. Потім уважно вивчіть підрозділення восьми груп діагностичних ознак у верхній частині таблиці, приділяючи особливу увагу прийнятій термінології та визначенням. Після цього ознайомтеся з розміщенням та нумерацією таблиць за групами (розділені картонними перегородками) та брошурою – описом визначника.

Спробуйте встановити невідомий мінерал з такою сумою ознак;  $R=50-60\%$ , висока твердість, сильна анізотропія, слабе двовідбиття, має подовжену форму перерізів зерен. Вирішіть питання, як бути далі з виявленою групою оптично подібних мінералів. Для завершення знайомства з даним визначником перегляньте його 3-ій том та монографію П.Рамдора [6, 13], що містять докладні описи індивідуальних особливостей рудних мінералів.

3. Рекомендації до визначника М.П.Ісаєнко [9]. На відміну від інших він широко доступний і складений з урахуванням точного визначення фізичних констант. Оригінальна також будова визначальних таблиць, у яких використана кругова система умовних позначок (с. 147 [9]).

Освоєння визначника почніть з його методичної частини (с. 138-140 та 143-149 [9]). Після цього перегляньте вид визначальних таблиць I-XIV на с. 150-173 [9], а потім таблиці з описами на с. 174-353 [9]. Зверніть увагу на таблицю 12, де приведені: парагенетичні асоціації мінералів у рудах (с. 122-129 [9]). Такої таблиці немає в інших визначниках. Перегляньте також таблицю 6 – систематику мінералів за відносним рельєфом у аншлифах (с. 70-72 [9]), яка запозичена з визначника І.С. Волинського.

4. Наприкінці спробуйте визначити мінерал із такими властивостями:  $R=30-45\%$ , низька твердість, колір від білого до світло-сірого, двовідбиття чітке (до сильного), сильна анізотропія, у порошку та в маслі має червонуваті внутрішні рефлекси.

#### ***Звіт про роботу:***

Запишіть до зошита бібліографічні данні основних визначників;

Провести усне обговорювання пошуку невідомого мінералу із заданими властивостями під контролем викладача.

#### ***Контрольні запитання:***

1) У чому, на вашу думку, виявляється різниця, перевага та недоліки визначників, що було освоєно.

2) Наскільки достовірно виявлення з допомогою визначників шуканого мінерального виду?

3) Що слід зробити, якщо в ході визначення ви прийшли не до одного, а до групи близьких за властивостями мінералів?



## Лабораторна робота № 14

### ВИЗНАЧЕННЯ НЕВІДОМОГО РУДНОГО МІНЕРАЛУ

**Об'єкт досліджень** – методика визначення невідомого мінералу в аншліфі за комплексом ознак.

**Мета роботи** – перевірити в порядку самоконтролю практичне освоєння розділу «Діагностика рудних мінералів під мікроскопом».

**Завдання** – визначити в контрольному аншліфі невідомий мінерал в оточенні еталонних мінералів.

#### **Питання ввідного контролю:**

- 1) Які оптичні ознаки мінералів взаємопов'язані один з одним?
- 2) У чому виявляється взаємозв'язок кольору внутрішніх рефлексів та забарвлення мінералів у відбитому світлі?
- 3) Чи має значення послідовність визначення діагностичних ознак в аншліфах?

#### **Принципи та послідовність спостереження, що рекомендуються:**

1. Починайте роботу з перевірки властивостей відомих мінералів.
2. У процесі виявлення ознак мінералу переходьте від простих заходів до більш складних, від більш надійних – до менш надійних, постійно використовуючи закономірний взаємозв'язок між: ознаками. Для початку можна запропонувати такий порядок:

а) при спостереженні у повітрі – твердість відбивальна здібність колір та відтінок кольору анізотропія в схрещених ніколях, двовідбиття, внутрішні рефлекси, магнітність, кристалографічні особливості (спайність двійники, форми перерізів зерен, включення) та парагенезис мінералів;

б) при спостереженні в імерсії – відтінок кольору анізотропії при схрещених ніколях, двовідбиття, внутрішні рефлекси;

в) діагностичне травлення.

У ході придбання досвіду кожний дослідник може виробити на цій основі свою індивідуальну схему. Однак, незалежно від неї, в першу чергу встановлюються ключові ознаки – твердість та відбивна здібність.

3. При визначенні враховуйте тільки ясно проявлені діагностичні ознаки. Ознаки, що виявляються не ясно, до розрахунків приймати не слід (особливо ознаки негативного характеру – «двовідбиття немає», «внутрішніх рефлексів немає» та т.п.).

4. Кристалооптичні властивості надійно визначаються тільки в зернистих зростках шуканого мінералу, а не на уособлених монокристалах.

5. Спостереження внутрішніх рефлексів має сенс проводити тільки для мінералів з меншою ніж у галеніту відбивною здібністю (менше 40%). Не має сенсу також перевірка інтенсивності внутрішніх рефлексів у дуже слабо відбиваючих мінералів (4-10%), так як усі вони мають сильні рефлекси.

6. У процесі визначення орієнтуйтеся перш за все на розповсюджені мінерали.

7. Уся робота виконується самостійно – під контролем викладача, який ви-

дає аншліф, але без консультацій з ним або з колегами-студентами. Крім постійного обладнання індивідуального столу дозволяється користуватися конспектом лекцій, своїми записами у зошиті лабораторних спостережень, будь-яким визначником.

8. **Звіт про роботу** (заноситься до зошита) повинен мати: перелік головних за кількістю мінералів із вказівкою їх складу у об'ємних відсотках; назви еталонних мінералів з переліком ознак, що підтверджують ці мінерали; докладний перелік виявлених ознак шуканого мінералу з вказівкою заходів їх визначення. У випадку неоднозначної відповіді необхідно привести міркування на користь найбільш ймовірного варіанта. Головне у звіті – продемонструвати послідовність дій, міркувань та обґрунтованість прийнятих рішень.

**Контрольні запитання:**

- 1) Який прийнято порядок виявлення діагностичних ознак?
- 2) Яка достовірність оцінки конкретної ознаки (**R**, **ΔR**, **BP** та ін.)?
- 3) Які ознаки викликають сумніви?

**Критерії оцінювання лабораторної роботи:**

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильна діагностика рудних мінералів у відбитому світлі за комплексом ознак. В процесі захисту лабораторної роботи здобувач вищої освіти отримує 5 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей визначає кількість отриманих балів.

## Лабораторна робота № 15

### ВИЗНАЧЕННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ МІНЕРАЛОУТВОРЕННЯ

**Об'єкт досліджень** – стадійність рудного мінералоутворення.

**Предмет досліджень** – мікроскопічні методи визначення послідовності рудного мінералоутворення.

**Мета роботи** полягає у вивченні текстурно-структурних особливостей рудних мінералів та обґрунтуванні послідовності їх мінералоутворення.

**Завдання** – виконати опис текстурно-структурних особливостей рудної мінералізації у 2-х аншліфах з визначенням стадій мінералізації і типових мінеральних парагенезисів.

Етап мінералізації або рудоутворення – це довготривалий період процесу формування мінералів, що характеризується певними геологічними і фізико-хімічними умовами, при яких формувалося рудне тіло і родовище.

Стадія мінералізації – невеличкий період мінералоутворення усередині етапу, що характеризується формуванням мінералів однієї мінеральної асоціації.

Генерація (покоління) мінералів – різновікові виділення мінералів, що відрізняються один від одного морфологічними особливостями (форма, розміри зерен), а також варіаціями хімічного складу і фізичних властивостей.

### ***Рекомендації до роботи:***

Для кожної мінеральної асоціації необхідно зазначити: назву, мінеральний склад, розподіл у руді, характер зрощень, типоморфізм мінералів.

Як критерій мінералоутворення використовуються:

- відмінність мінерального складу агрегатів нової стадії,
- перетинання деяких мінеральних агрегатів іншими, що відрізняються за складом і будовою,
- зональність зерен,
- наявність корозійних обмежень зерен мінералів.

***Звіт про лабораторну роботу*** містить висновки про фізико-хімічні умови формування мінералів, текстурно-структурні особливості рудних мінералів і визначенні послідовності їх мінералоутворення, опис стадій мінералізації і типових мінеральних парагенезисів.

### ***Контрольні запитання:***

- 1) Які критерії мінералоутворення використовуються для визначення стадій мінералізації рудних мінералів в аншліфі?
- 2) Надайте визначення терміну «стадія» мінералізації.
- 3) Яким чином розрізнити різновікові виділення мінералів?
- 4) Який принцип розподілення мінералів по стадіям формування?
- 5) Перерахуйте найбільш розповсюджені мінеральні парагенезиси.

### ***Критерії оцінювання лабораторної роботи:***

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильне визначення послідовності рудного мінералоутворення з визначенням етапів та стадій мінералізації. В процесі захисту лабораторної роботи здобувач вищої освіти отримує 5 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей визначає кількість отриманих балів.

## **ВИСНОВКИ:**

У результаті виконання циклу лабораторних робіт по дисципліні «Лабораторні методи вивчення корисних копалин» студенти повинні:

- володіти сучасними методами мікроаналітичних досліджень речовинного складу рудних корисних копалин при визначенні генетичних та технологічних типів руд, продуктів збагачення корисних копалин, обґрунтуванні оптимальних технологічних схем переробки мінеральної сировини;
- проводити визначення діагностичних властивостей рудних мінералів, які входять до складу руд та продуктів збагачення корисних копалин ;
- знати типи лабораторного обладнання для визначення речовинного складу корисних копалин та проведення технологічної оцінки руд різних промислових типів.

В процесі виконання лабораторних робіт студенти повинні засвоїти методику визначення діагностичних ознак рудоутворюючих мінералів, проводити

визначення структурних особливостей промислових типів руд, виконувати парагенетичний аналіз, проводити визначення стадійності рудного мінералоутворення, оцінювати якість мінеральної сировини, прогнозувати імовірні проблеми збагачення руд при виборі оптимальних технологічних схем.

### **Базова література**

1. Рузіна М.В., Яцина Д.В., Жильцова І.В. Рудна мікроскопія з основами технологічної мінераграфії. Навчальний посібник. -Д.: Національний гірничий університет. – 2012. – 229 с. (Рекомендовано вченою радою ДВНЗ «Національний гірничий університет», протокол №6 від 27.06.2012р.)

2. Конспект лекцій з дисципліни «Лабораторні методи вивчення корисних копалин» для студентів спеціальності 103 «Науки про Землю» – електронна версія.- <https://do.nmu.org.ua/course/view.php?id=573>

## Упорядники

Рузіна Марина Вікторівна  
Жильцова Ірина Вікторівна  
Малова Марина Леонідовна  
Дементьєва Євгенія Вячеславівна

ЛАБОРАТОРНІ МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН.  
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ  
ДЛЯ БАКАЛАВРІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 103 НАУКИ ПРО ЗЕМЛЮ

Редактор

Підписано до друку . .2021. Формат 30х42/4.  
Папір Captain . Ризографія. Умовн. Друк. арк. 1,6.  
Обліково-видавн. арк. 1,6. Тираж прим. Зам №

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»  
49027, м. Дніпро 27, просп. К. Маркса, 19.