

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



**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ  
«Спеціальні методи досліджень корисних копалин»  
для магістрів спеціальності 103 «Науки про Землю»**

**Дніпро  
2020**

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни “ Спеціальні методи досліджень корисних копалин ” для магістрів спеціальності 103 Науки про Землю / М.В. Рузіна, І.В. Жильцова, Є.В. Солдатенко. – Д.: НТУ «ДП», 2020. – 47 с.

Автори:

М.В.Рузіна

І.В. Жильцова

Є.В. Солдатенко

Затверджено до видання за поданням методичної комісії зі спеціальності 103 Науки про Землю (протокол № 4 від 12 вересня 2020 р.)

Подано методичні рекомендації з лабораторних занять з дисципліни «Спеціальні методи досліджень корисних копалин».

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

## Вступ

Дисципліна «Спеціальні методи досліджень корисних копалин» вивчається магістрами спеціальності 103 «Науки про Землю», систематизує та об'єднує навички ряду дисциплін, пов'язаних з процесом досліджень речовинного складу корисних копалин.

Об'єктом досліджень є вивчення особливостей речовинного складу технічного каміння, сировини для його виготовлення та складу продуктів збагачення корисних копалин на різних стадіях технологічного процесу.

Мета досліджень - отримання магістрами навичок діагностики мінеральної сировини для виготовлення продуктів техногенного синтезу та подальшого оцінювання якості технічного каміння, промислових рудних концентратів і вирішення питань з оптимізації технологічного процесу переробки корисних копалин.

Для досягнення поставленої мети в лабораторії рудної мікроскопії НТУ «Дніпровська політехніка» проводиться вивчення колекцій руд, промислових рудних концентратів, продуктів техногенного синтезу (сплавів, вогнетривів), продуктів різних стадій збагачення корисних копалин.

Основні завдання досліджень:

- оволодіти теоретичними знаннями щодо головних розділів петрографії технічного каміння;
- розрізнити головні типи лабораторного обладнання для методів діагностики продукції техногенного синтезу та сировини для її виробництва;
- володіти методикою діагностики фізичних ознак техногенних мінералів;
- знати методи визначення стадійності мінералоутворення;
- обґрунтовувати оптимальні схеми та визначати можливі проблеми промислового процесу виготовлення технічного каміння

Для вирішення задач, пов'язаних з визначенням речовинного складу природних і техногенних об'єктів передбачається використання навичок мінералогічних, петрографічних, мінераграфічних та геохімічних методів досліджень.

У цих методичних рекомендаціях представлений цикл лабораторних робіт, в яких розглядаються основні методи, що застосовуються для вивчення речовинного складу природних об'єктів, технічного каменю і продуктів збагачення корисних копалин в сучасних дослідженнях.

Запропоновані лабораторні роботи з елементами наукових досліджень, призначені для самостійного виконання магістрантами під керівництвом викладача.

Після виконання основних лабораторних робіт магістрантам пропонується виконати підсумкову контрольну роботу з діагностики речовини комплексом методів для вирішення конкретної геологічної задачі або для вирішення проблем, пов'язаних з процесом збагачення корисних копалин.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

- володіти сучасними методами мікроаналітичних досліджень речовинного складу корисних копалин при визначенні промислових типів руд та обґрунтуванні оптимальних технологічних схем переробки мінеральної сировини;

- проводити визначення діагностичних властивостей мінеральної сировини для виготовлення продуктів техногенного синтезу, технічних мінералів, їх сполук та полімінеральних продуктів, які були створені в промислових або лабораторних умовах;

- знати типи лабораторного обладнання для визначення властивостей техногенної мінеральної сировини.

В процесі виконання лабораторних робіт магістри повинні засвоїти методику визначення діагностичних ознак природних та технічних мінералів, їх сполук та полімінеральних продуктів, які входять до складу продуктів техногенного синтезу, проводити визначення структурних особливостей технічного каміння, оцінювати якість мінеральної сировини для виготовлення технічного каміння, прогнозувати імовірні проблеми збагачення руд при виборі оптимальних технологічних схем.

Всі лабораторні роботи проводяться в лабораторії рудної мікроскопії НТУ «Дніпровська політехніка» з використанням рудно-поляризаційних мікроскопів ПОЛАМ Р-312, АЛЬТАМИ ПОЛАР Р-312 та бінокулярних мікроскопів.

Курс «Спеціальні методи досліджень корисних копалин» має на меті не тільки навчити студентів сучасним методам, що застосовуються при вивченні речовинного складу руд, мінералів і різних техногенних об'єктів, а й навчити цілеспрямовано групувати вивчені методи для вирішення питань, пов'язаних з визначенням речовинного складу природних і техногенних утворень і вирішенням ряду геологічних, технологічних і геоекологічних завдань

## Лабораторна робота № 1

### Вивчення мінерального складу промислового ільменітового концентрату розсипного родовища

**Об'єкт досліджень:** оцінка якості промислового ільменітового концентрату

**Предмет досліджень:** мінеральний, хімічний склад, фізичні властивості шліхоутворюючих компонентів

#### **Мета та задачі:**

Метою лабораторної роботи є закріплення теоретичних знань, які були викладені в курсі «Спеціальні методи досліджень корисних копалин» при вивченні теми «Методи підготовки мінералів для мінералогічних досліджень» (розділ «Мінералогічний аналіз шліхів і промислових концентратів»), і отримання практичних навичок визначення мінералів в шліхових пробах.

До завдань досліджень входить вивчення теоретичного матеріалу; визначення за оптичними діагностичними властивостями мінералів ільменітового концентрату з обґрунтуванням можливих проблем збагачення та підтвердженням результатів досліджень.

Для виконання лабораторної роботи студенти отримують шліх з конкретного об'єкта (промисловий рудний концентрат) і визначають склад шліха, використовуючи відомі їм методи досліджень. Підсумком виконаної роботи є повна характеристика шліхоутворюючих складових ільменітового концентрату із зазначенням хімічного складу та фізичних властивостей.

Схема дослідження шліхів включає в себе два етапи:

I етап - Підготовка проб до мінералогічних досліджень (фракціонування шліхів).

II етап - Мінералогічне вивчення мінералів шліхів і промислових концентратів.

**Лабораторне обладнання:** мікроскопи бінокулярні

#### **Результати навчання:**

В результаті виконання лабораторної роботи магістри повинні вміти визначати речовинний склад промислового ільменітового концентрату, вміти визначати проблеми процесу збагачення мінеральної сировини та надавати рекомендації для оптимізації технологічних схем переробки.

***Теоретичні положення та рекомендації процесу досліджень шліхів та промислових рудних концентратів (лабораторні роботи №1-4)***

**Штучний шліх** - концентрати відмивання подрібнених твердих порід і руд (рудні концентрати).

До складу шліхів і промислових концентратів може входити велика кількість мінералів. Тому необхідно попередньо поділити на фракції з невеликою кількістю мінералів. Фракційування засноване на поділі за крупністю, на магнітних властивостях і питомій вазі мінералів. Загальний вигляд шліха промислового концентрату представлений на рис.1.

Підготовка шліхів для дослідження включає наступні операції: 1) взяття середньої проби; 2) розсіювання на ситах; 3) магнітна і електромагнітна сепарація; 4) поділ за питомою вагою мінералів шліха.

**1. Зважування шліха** - перша операція при обробці шліха в лабораторії. Середня проба і фракції, отримані після підготовки зважуються на технічних вагах з точністю до 0,01 г. Вага середньої проби для мінералогічного аналізу - 10-20 г. В тому випадку, якщо шліхи містять у великій кількості магнітні і електромагнітні мінерали (ільменіт, гематит, магнетит, пироксени, амфіболи, гранати), середню пробу відбирають більшої ваги, щоб з більшою точністю визначити вміст корисного рідкісного мінералу, який концентрується в неелектромагнітній фракції. Відбір середньої проби слід проводити з рівномірно зернистого матеріалу.

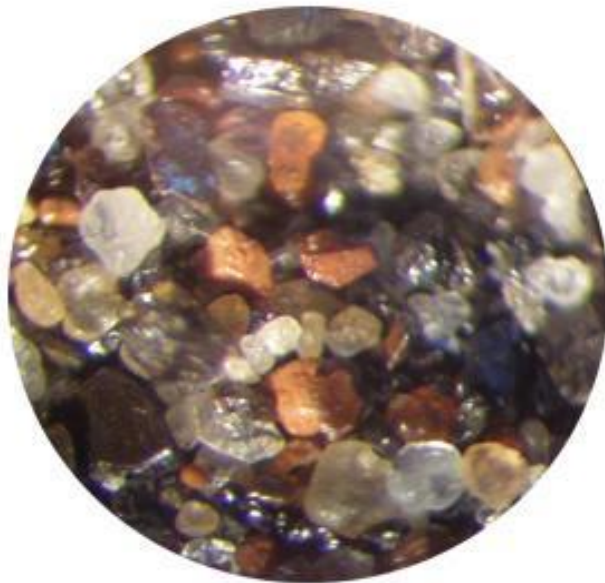
**2. Поділ проби за крупністю зерна (розсіювання).** Застосовують в тому випадку, якщо матеріал неоднорідний за крупністю. Продукти розсіювання, що називаються класами, забезпечують більшу чистоту подальшого фракціонування за магнітними властивостями і питомою вагою. Проводять розділення крупнозернистого матеріалу (зерна більше 1 мм) та дрібнозернистого (менше 1 мм) за допомогою сит з діаметром осередків 1 мм. Далі беруть середню пробу з дрібного класу для подальшого аналізу.

**3. Магнітна сепарація** - обробка шліха постійним магнітом. Велика кількість мінералів здатна намагнічуватися в магнітному полі. Магнітна сепарація проводиться з метою вилучення з шліхової проби для аналізу частинок, що характеризуються феромагнітними властивостями. Витягуються вони з шліха за допомогою звичайного підковоподібного постійного магніту. Матеріал проби розсипають на аркуші паперу шаром в 1-2 мм. Чим менше шар, тим менше ймовірність забруднення магнітної фракції немагнітними мінералами. Над шаром проби кілька разів проводять магнітом. Операцію повторюють до тих пір, поки магніт не перестане притягувати магнітні мінерали. Більш зручним і досконалим є багатополюсний магніт системи А.Я.Сочнева. Цей магніт являє собою рифлену платівку, відлиту з нікель-алюмінієвої сталі. Платівка

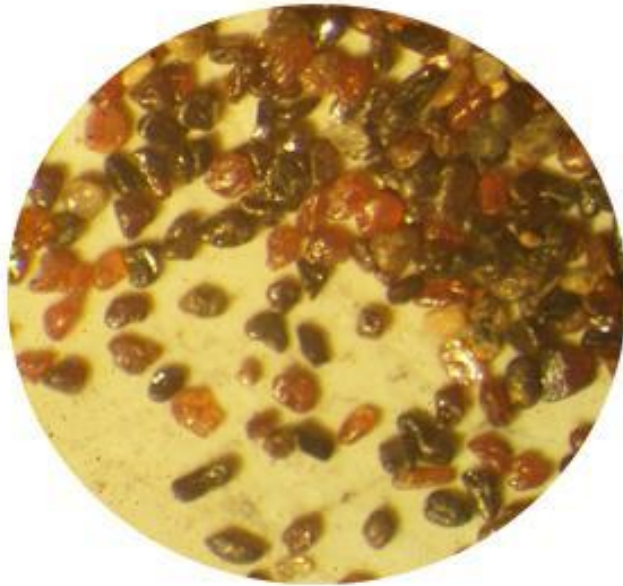
намагнічена таким чином, що рифлі утворюють 7 негативних і 7 позитивних полюсів, що чергуються між собою. Платівка вмонтована в дерев'яну або алюмінієву колодку.

**Електромагнітна сепарація** - обробка шліха постійним електромагнітом. Електромагніт притягує мінерали з меншою магнітною проникністю, ніж магнетит і піротин. Електромагнітна сепарація проводиться за допомогою електромагнітів, що працюють на постійному струмі. Зазвичай на застосовуваних моделях електромагнітів можна виділити три електромагнітні фракції: сильно електромагнітну, середньо електромагнітну і слабо електромагнітну.

Наявність зрощень мінералів в промислових концентратах забруднює електромагнітні фракції неелектромагнітними мінералами, а також немагнітні фракції - магнітними мінералами. Для отримання чистих фракцій необхідно вдаватися до додаткового подрібнення матеріалу.



a)



б)

Рис.1 – Шліхові препарати рудних концентратів :

а) колективний концентрат титан-цирконієвого родовища,

б) рутиловий рудний концентрат титан-цирконієвого родовища.

**4. Поділ у важких рідинах.** Залежно від характеру матеріалу (шліх, рудні концентрати, продукти збагачення корисних копалин) і цілей аналізу додаються інші етапи: відмулювання, відмивання на легку і важку фракції.

Для відділення мінералів важкої фракції від кварцу, польового шпату та різних інших легких уламкових частинок, зазвичай переважаючих в концентратах, застосовують поділ мінеральних компонентів на дві основні фракції - легку і важку.

Найбільш часто для цієї мети застосовують бромформ з питомою вагою приблизно 2,9, внаслідок чого поділ мінералів по величині питомої ваги засновано на їх характеристиках при зануренні в бромформ: важкі мінерали занурюються в бромформ, а легкі спливають в ньому. Рідини, а також важкі метали і суспензії застосовуються і для більш дрібного фракціонування мінералів, поділу їх на групи з близькими значеннями питомої ваги, а в ряді випадків і для виділення мономінеральних фракцій.

Повнота і швидкість поділу концентратів залежать в основному від різниці між питомою вагою мінералів і рідини і від в'язкості останньої. Істотний вплив на процес фракціонування мінералів завдають також і розміри мінеральних зерен; тонкозернисті суміші мінералів, що мало відрізняються за питомою вагою, іноді можуть бути розділені тільки за допомогою центрифугування.

Основні вимоги, що пред'являються до важких рідин наступні:



- рідина повинна бути хімічно стійкою і інертною по відношенню до проби, що розділяється;
- повинна мати малу в'язкість і бути прозорою;
- повинна легко відділятися від проби, що розділяється, шляхом розчинення в інших рідинах або при випаровуванні;
- повинна бути відносно безпечною для вживання.

Найбільш часто для фракціонування застосовують такі рідини:

**Бромформ.**  $\text{CBr}_3$ . Легкорухлива рідина, безбарвна або блідо-жовта, прозора з різким солодкуватим запахом. Питома вага 2,9. У технічного бромформу іноді знижена до 2,8-2,75. Температура кристалізації бромформу  $+ 8,5^\circ\text{C}$ , температура кипіння на повітрі близько  $150^\circ$ . Розчинниками є етиловий спирт, бензол і ефір. Бромформ летючий і отруйний, тому всі роботи з ними здійснюються із застосуванням тяги.

**Рідина Туле.**  $\text{K}_2\text{HgI}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Прозора рідина блідо-жовтого або зеленувато-жовтого кольору. Максимальна питома вага 3,19, в різних пропорціях змішується з водою даючи розчини з широким діапазоном щільності. Менш стійка, ніж бромформ, володіє більшою в'язкістю, розкладається металами, органічними і деякими сірчистими сполуками. Сильно отруйна і дратівливо діє на шкіру.

**Йодистий метилен.**  $\text{CH}_2\text{I}_2$ . Світло-жовта легкорухома рідина, що має температуру кипіння (при нормальному тиску) близько  $180^\circ \text{C}$ . і замерзає при  $+ 5^\circ \text{C}$ . Питома вага 3,33-3,34, у технічного йодистого метилена 3,25-3,30. На світлі розкладається з виділенням йоду і темніє. Відновлюється стружкою латуні або бронзи. Отруйний. Менш в'язкий, ніж бромформ, внаслідок чого знаходить широке застосування при поділі тонкозернистих мінеральних сумішей. Розчиняється в бензолі, толуолі, ксилолі, ефірі, частково в етиловому спирті.

**Чотирибромистий ацетилен** (Тетраброметан)  $\text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_4$ . Безбарвна, іноді слабо жовтувата рідина з питомою вагою 2,97-3,00. Температура кипіння  $151^\circ\text{C}$ , температура замерзання близько  $0^\circ\text{C}$ . Розчиняється в ефірі, бензолі, ацетоні.

**Рідина Сушина-Рорбаха**  $\text{HgBaI}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Червоно-коричнева в'язка рідина з щільністю 3,58. Нестійка на світлі, розкладається в присутності сульфідів, металів і органічних сполук. Отруйна. Розчиняється у водному розчині йодистого калію, частково в етиловому спирті.

**Рідина Клейна.**  $\text{W}_2\text{V}_2\text{Cd}_2\text{O}_{30} (\text{OH})_{416}\text{H}_2\text{O}$ . Прозора легкорухома рідина блідо-жовтого кольору з питомою вагою близько 3,6. Розчиняється в гарячій воді. На світлі повільно розкладається. Реагує з карбонатами, металами, деякими сульфідами.

**Рідина Клерічі.**  $\text{CH}_2 (\text{COO})_2\text{Ti}_2\text{HCOOTi} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ .

Блідо пофарбована коричнево-жовта рідина, дуже рухлива, з максимальною питомою вагою 4,25 - 4,27 (при  $20^\circ\text{C}$ ). Розбавляється водою

в усіх пропорціях. Рідина хімічно стійка і не реагує з більшістю мінералів розсипів.

Важкі рідини, що розчиняються у воді або в слабкому водному розчині йодистого калію, зручні тим, що дозволяють отримувати рідини з великим діапазоном щільності.

В якості заміників важких рідин при експлуатаційної розвідки розсипів деяких корисних копалин іноді застосовують суспензії, що представляють собою дисперговані у воді сполуки тих чи інших металів. Найбільш поширені суспензії на основі бариту і феросиліцію.

Поділ концентратів в важких рідинах виробляють двома різними методами: статичним із застосуванням ділільних воронок різної конструкції або просто в стаканах, порцелянових чашках і динамічним методом, за допомогою центрифугування.

б) **Метод хімічного збагачення** широко використовується при вивченні речовинного складу руд. Даними методами окремі цінні мінерали збагачуються до мономінеральних фракцій. Вони також необхідні для отримання мономінеральних фракцій в разі тонкого вкрапління цінних мінералів в руді або їх взаємного проростання. Метод заснований на вибіркового розчиненні окремих мінералів (фаз) багатокomпонентної речовини. Для цієї мети пробу подрібнюють до максимального ступеню звільнення від зростків і обробляють різними кислотами. Наприклад, кальцит добре розчиняється в 10% розчині оцтової кислоти при нагріванні, доломіт і магнезит в 2-5% розчині соляної кислоти при нагріванні, всі силікати (крім берилу, хризоберилу, топазу, силіманіту, дистену, турмаліну, граната і деяких інших) розчиняються в плавиковій кислоті протягом 12-16 годин.

### ***Методичні рекомендації до виконання роботи:***

**Мінералогічні дослідження** отриманих в результаті сепарації фракцій проводять для визначення їх складу і кількісної оцінки на корисні компоненти з застосуванням мікроскопічних методів досліджень. Мікроскопічний спосіб є одним з поширених способів визначення якісного і кількісного мінералогічного складу шліхової проби.

Діагностика мінералів шліхів можлива оптичним методом. Апаратура для діагностики мінералів за зовнішніми ознаками - бінокулярні стереоскопічні мікроскопи марки МБС, Leica EZ4D та інш.

Використовуючи діагностичні ознаки мінералів (габітус кристалів, забарвлення, колір риски, блиск, твердість, спайність, характер зламу, прозорість), характеризуючи форму і розміри зерен, характер поверхні, ступінь окатаності, плівки вторинних утворень), визначають мінеральний склад. При вивченні мінералів необхідно робити фотографії відібраних монофракцій мінеральних агрегатів і окремих мінералів (рис.2).

**Вихідні дані мінералогічних досліджень ільменітового концентрату:**

**Фізичні властивості**

Вигляд	У сухому стані вільно поточний пісок чорно - коричневого кольору
Форма зерен	Подовжено - округла
Колір зерен	Від світло - коричневого до чорного
Температура плавлення	1365 °С
Щільність	4120 – 4170 кг/м <sup>3</sup>
Насипна маса	2130 – 2240 кг/м <sup>3</sup>
Розмір частин	63 – 160 мкм
Пожежонебезпечність	Не горить
Розчинність в воді	Не розчиняється
Кут природного укосу	52 °
Твердість	5

**Ільменіт - FeTiO<sub>3</sub>, або FeO-TiO<sub>2</sub>.**

**Хімічний склад.** Fe 36,8%, Ti 31,6%, O 31,6%. Ізоморфні домішки: Mg, нерідко в значних кількостях (пікроільменіт); іноді Mn (до декількох відсотків). Існуює безперервний ізоморфний ряд FeTiO<sub>3</sub> - MgTiO<sub>3</sub> і, ймовірно, ряд FeTiO<sub>3</sub> - MnTiO<sub>3</sub>.

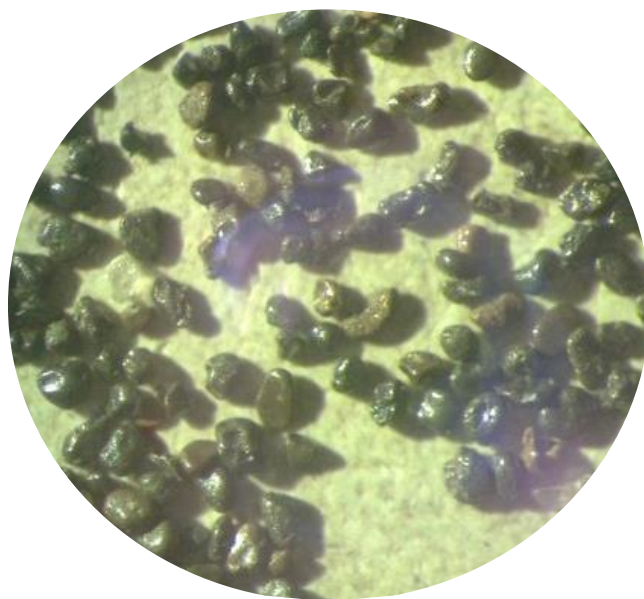


Рис. 2 - Загальний вигляд ільменітового концентрату під бінокулярном. Супутні мінерали – рутил, лейкоксен, дистен, ставроліт, силіманіт

### ***Питання для підготовки до захисту лабораторної роботи:***

1. Охарактеризуйте мінеральний склад ільменітового концентрату.
2. Дайте визначення головних діагностичних ознак мінералів-компонентів ільменітового концентрату.
3. Охарактеризуйте головні етапи підготовки шліхових проб для мінералогічних досліджень.
4. Як проводиться поділ проб за крупністю зерна?
5. Які види сепарації застосовуються при отриманні ільменітового концентрату?

### ***Зміст і оформлення звіту***

Звіт з лабораторної роботи виконується на аркушах білого паперу формату А4 в друкованому вигляді (додаток 1). Обсяг тексту до 5 сторінок. Робота складається з наступних розділів:

1. Вступ.
2. Обґрунтування методів досліджень.
3. Визначення мінерального і хімічного складу ільменітового концентрату.
4. Висновки.
5. Список використаної літератури.

У вступі необхідно вказати мету роботи, вихідний матеріал і основні завдання дослідження. У другому розділі наводиться характеристика методів досліджень з обґрунтуванням доцільності їх застосування.

У третьому розділі наводяться результати визначення діагностичних властивостей мінералів. Дається повна характеристика форм мінеральних виділень, розмірів, будови зерен, опис оптичних характеристик.

У кінці наводяться висновки і список літератури, використаної в процесі виконання роботи.

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

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильна діагностика властивостей шліхоутворюючих 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 №2 «Вивчення мінерального складу рутилового концентрату»**

**Об`єкт досліджень:** оцінка якості промислового рутилового концентрату

**Предмет досліджень:** мінеральний, хімічний склад, фізичні властивості шліхоутворюючих компонентів рутилового концентрату

### **Мета та задачі**

Метою лабораторної роботи є закріплення теоретичних знань, які були викладені в курсі «Спеціальні методи досліджень корисних копалин» при вивченні теми «Мінералогічний аналіз шліхів і промислових концентратів» і отримання практичних навичок визначення мінералів в рутиловому промисловому концентраті.

**До завдань досліджень** входить вивчення теоретичного матеріалу; визначення за оптичними діагностичними властивостями мінералів **рутилового концентрату** і підтвердження результатів досліджень.

Для виконання лабораторної роботи студенти отримують пробу **рутилового концентрату** з розсипного родовища, визначають склад шліха, використовуючи відомі їм методи досліджень та будують діаграми мінералогічного складу.

Підсумком виконаної роботи є повна характеристика шліхоутворюючих складових із зазначенням хімічного складу.

**Лабораторне обладнання:** мікроскопи бінокулярні

### **Результати навчання:**

В результаті виконання лабораторної роботи магістри повинні вміти визначати речовинний склад промислового рутилового концентрату, вміти визначати проблеми процесу збагачення мінеральної сировини для виготовлення концентрату та надавати рекомендації для оптимізації технологічних схем переробки.

### **Методичні рекомендації до виконання роботи:**

Мінералогічні дослідження отриманих в результаті сепарації фракцій проводять для визначення їх складу і кількісної оцінки на корисні компоненти з застосуванням мікроскопічних методів досліджень. Діагностика мінералів шліху проводиться оптичним методом. Апаратура для діагностики мінералів за зовнішніми ознаками - бінокулярні стереоскопічні мікроскопи марки МБС.

Використовуючи діагностичні ознаки мінералів промислового рутилового концентрату (габітус кристалів, забарвлення, колір риски,

блиск, твердість, спайність, характер зламу, прозорість), характеризуючи форму і розміри зерен, характер поверхні, ступінь окатаності, плівки вторинних утворень), визначають мінеральний склад. При вивченні мінералів необхідно робити фотографії відібраних монофракцій мінеральних агрегатів і окремих мінералів (рис.3). При характеристиці рутилу слід враховувати наявність декількох генерацій рутилу у складі промислового концентрату.

### **Вихідні дані мінералогічних досліджень рутилового концентрату:**

#### **Хімічний склад рутилового концентрату**

Склад, %	Стандартний	Марка «Ж»	Типовий
TiO <sub>2</sub> min	94	94	95 – 96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> max	0,6	0,6	0,4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> max	2,8	1,5	1 – 1,5
SiO <sub>2</sub> max	1,5	1,5	1,5
ZrO <sub>2</sub> max	1,0	1,0	0,8
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> max	0,07	0,07	0,07
	0,05	0,05	0,05
O <sub>2</sub> O <sub>3</sub> max			0,2
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> max			0,4
CaO max			0,05
Th+U max	70 ppm	70 ppm	70 ppm
Влага max	0,5	0,5	0,1

#### **Опис та фізичні якості**

Вигляд	У сухому стані вільно поточний пісок чорно - коричневого кольору
Форма зерен	подовжена
Колір зерен	Червоний різних відтінків, бурий
Температура плавлення	1850 °
Щільність	4150 – 4300 кг/м <sup>3</sup>
Насипна вага	2300 – 2400 кг/м <sup>3</sup>
Розмір частиць	63 – 160 мкм
Пожежонебезпечність	Не горюч
Розчинність в воді	Не розчиняється
Кут природного укосу	30°
Твердість	6

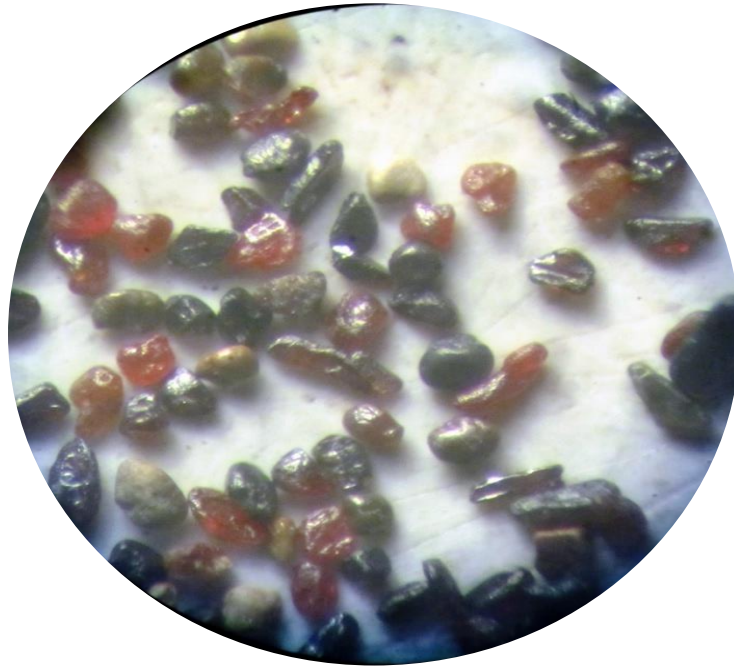


Рис.3 - Загальний вигляд зерен рутилу в концентраті під бінокляром.  
Супутні мінерали : ільменіт, лейкоксен, ставроліт, дістен.

***Питання для підготовки до захисту лабораторної роботи:***

1. Охарактеризуйте мінеральний склад рутилового концентрату.
2. Дайте визначення головних діагностичних ознак мінеральних компонентів рутилового концентрату.
3. Охарактеризуйте головні різновиди рутилу розсіпних родовищ Придніпров'я
4. Як проводиться поділ мінеральних компонентів у важких рідинах ?
5. Які види сепарації застосовуються при отриманні рутилового концентрату?

***Зміст і оформлення звіту***

Звіт з лабораторної роботи виконується на аркушах білого паперу формату А4 в друкованому вигляді (додаток 1). Обсяг тексту до 5 сторінок. Робота складається з наступних розділів:

1. Вступ.
  2. Обґрунтування методів досліджень.
  3. Визначення мінерального і хімічного складу промислового рутилового концентрату.
  4. Висновки.
  5. Список використаної літератури.
- У вступі необхідно вказати мету роботи, вихідний матеріал і основні завдання дослідження.

У другому розділі наводиться характеристика методів дослідження з обґрунтуванням доцільності їх застосування.

У третьому розділі наводяться результати визначення діагностичних властивостей мінералів рутилового концентрату. Дається повна характеристика форм мінеральних виділень, розмірів, будови зерен, опис оптичних характеристик, діаграми процентного співвідношення мінералів в концентраті.

У кінці наводяться висновки і список літератури, використаної в процесі виконання роботи.

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

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильна діагностика властивостей мінеральних компонентів та повна характеристика шліхоутворюючих складових із зазначенням хімічного складу.

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 «Вивчення мінерального складу дистен-силіманітового концентрату»**

***Об'єкт досліджень:*** оцінка якості промислового дистен-силіманітового концентрату

***Предмет досліджень:*** мінеральний, хімічний склад, фізичні властивості шліхоутворюючих компонентів дистен-силіманітового концентрату



## ***Мета і задачі***

Метою лабораторної роботи є закріплення теоретичних знань, які були викладені в курсі «Спеціальні методи досліджень корисних копалин» при вивченні теми «Методи підготовки мінералів для мінералогічних досліджень» (розділ «Мінералогічний аналіз шліхів і промислових концентратів») і отримання практичних навичок визначення мінералів в дистен-силіманітовому промисловому концентраті.

**До завдань досліджень** входить вивчення теоретичного матеріалу; визначення за оптичними діагностичними властивостями мінералів рутилового концентрату з визначенням можливих проблем збагачення і підтвердження результатів досліджень.

Для виконання лабораторної роботи студенти отримують пробу **дистен-силіманітового концентрату** з розсипного родовища, визначають мінералогічний склад, використовуючи відомі їм методи досліджень та будують діаграми процентного співвідношення мінералів в концентраті.

Підсумком виконаної роботи є повна характеристика шліхоутворюючих складових із зазначенням хімічного та мінералогічного складу.

***Лабораторне обладнання:*** мікроскопи бінокулярні

### ***Результати навчання:***

В результаті виконання лабораторної роботи магістри повинні вміти визначати речовинний склад промислового дистен-силіманітового концентрату, вміти визначати проблеми процесу збагачення мінеральної сировини та надавати рекомендації для оптимізації технологічних схем переробки.

### ***Методичні рекомендації до виконання роботи:***

Мінералогічні дослідження отриманих в результаті сепарації фракцій проводять для визначення їх складу і кількісної оцінки на корисні компоненти з застосуванням мікроскопічних методів досліджень. Діагностика мінералів шліху проводиться оптичним методом.

Апаратура для діагностики мінералів за зовнішніми ознаками - бінокулярні стереоскопічні мікроскопи марки МБС.

Використовуючи діагностичні ознаки мінералів промислового дистен-силіманітового концентрату (габітус кристалів, забарвлення, колір риси, блиск, твердість, спайність, характер зламу, прозорість), характеризуючи форму і розміри зерен, характер поверхні, ступінь окатаності, плівки вторинних утворень), визначають мінеральний склад дистен-силіманітового концентрату. При вивченні мінералів необхідно

робити фотографії відібраних монофракцій мінеральних агрегатів і окремих мінералів (рис.4).

Вміст шліхоутворюючих мінералів в дистен-силіманітовому концентраті є невитриманим, коливається в колективному концентраті від 5 до 28%, в середньому дорівнює 11,6%. Характерним є кількісне переважання силіманіту, який представлений голчастими, шестоватими й плоскими подовженими кристалами, безбарвний, зі скляним блиском, крихкий, часто містить чорні точкові включення.

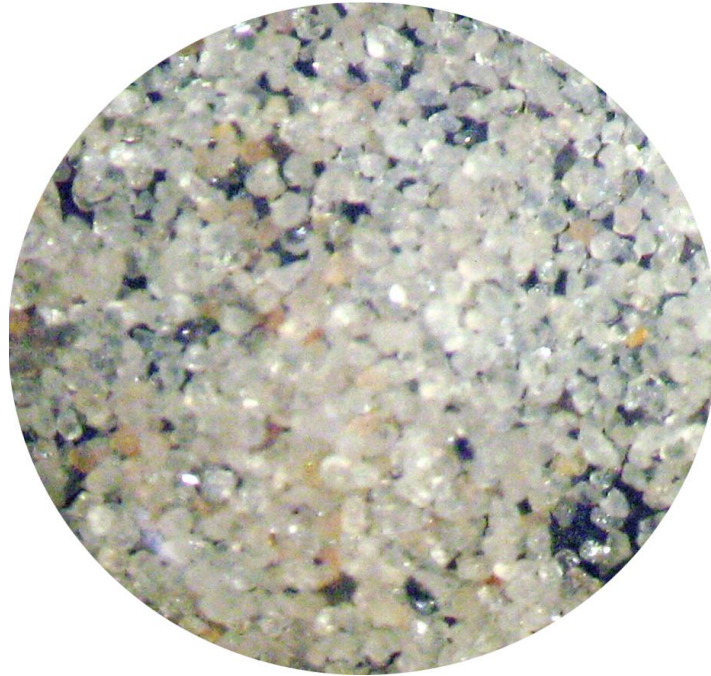


Рис. 4 - Загальний вигляд дистен-силіманітового концентрату під бінокулярном.

Дистен в концентраті зазвичай представлений неправильними таблитчастими зернами з характерним ступінчастим закінченням, безбарвний, іноді - блакитний, також з темними включеннями, іноді в такій кількості, що стає непрозорим. Дистен і силіманіт в вивчених пробах в уламкових зернах практично неможливо розрізнити.

Характерною відмінністю дистена від силіманіту в вивчених мінералогічних пробах слід вважати наявність ступінчастої окремоті у зерен дистену і паралельної тонкої штрихування на гранях. Питома вага дистену 3,67. Колір білий, безбарвний і блакитний. Блиск скляний і перламутровий. У зв'язку з близькими діагностичними ознаками, однаковим хімічним складом і витяганням при збагаченні в загальний концентрат, визначення дистену і силіманіту під бінокулярної лупою (а потім в перерахунок вмістів в пісках) проводиться спільно.

### ***Питання для підготовки до захисту лабораторної роботи:***

1. Охарактеризуйте речовинний склад дистен-силіманітового концентрату.
2. Дайте визначення головних діагностичних ознак мінералів-компонентів дистен-силіманітового концентрату.
3. У чому полягає головна діагностична відмінність силіманіту від дистену в шліхових пробах?
4. У яких межах змінюється вміст дистену та силіманіту в колективному концентраті?
5. Які види сепарації застосовуються при отриманні дистен-силіманітового концентрату?

### ***Зміст і оформлення звіту***

Звіт з лабораторної роботи виконується на аркушах білого паперу формату А4 в друкованому вигляді (додаток 1). Обсяг тексту до 5 сторінок. Робота складається з наступних розділів:

1. Вступ.
2. Обґрунтування методів дослідження.
3. Визначення мінерального і хімічного складу промислового дистен-силіманітового концентрату.
4. Висновки.
5. Список використаної літератури.

У вступі необхідно вказати мету роботи, вихідний матеріал і основні завдання дослідження.

У другому розділі наводиться характеристика методів дослідження з обґрунтуванням доцільності їх застосування.

У третьому розділі наводяться результати визначення діагностичних властивостей мінералів рутилового концентрату. Дається повна характеристика форм мінеральних виділень, розмірів, будови зерен, опис оптичних характеристик, діаграми процентного співвідношення мінералів в концентраті.

У кінці наводяться висновки і список літератури, використаної в процесі виконання роботи.

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

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильна діагностика властивостей мінеральних компонентів та повна характеристика шліхоутворюючих складових із зазначенням хімічного складу. В процесі захисту роботи здобувач вищої освіти отримує 5 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей визначають кількість отриманих балів.

## **Лабораторна робота №4 «Вивчення мінерального складу цирконового концентрату»**

**Об`єкт досліджень:** оцінка якості промислового цирконового концентрату розсипного родовища

**Предмет досліджень:** мінеральний, хімічний склад, фізичні властивості шліхоутворюючих компонентів цирконового концентрату

### ***Мета і задачі***

Метою лабораторної роботи є закріплення теоретичних знань, які були викладені в курсі «Спеціальні методи досліджень корисних копалин» при вивченні теми «Мінералогічний аналіз шліхів і промислових концентратів» і отримання практичних навичок визначення мінералів в цирконовому промисловому концентраті (рис.5).

До завдань досліджень входить вивчення теоретичного матеріалу; визначення за оптичними діагностичними властивостями мінералів рутілового концентрату і підтвердження результатів досліджень.

Для виконання лабораторної роботи студенти отримують пробу цирконового концентрату з розсипного родовища, визначають склад шліха, використовуючи відомі їм методи досліджень та будують діаграми процентного співвідношення мінералів в концентраті.

Підсумком виконаної роботи є повна характеристика шліхоутворюючих складових із зазначенням хімічного складу.

***Лабораторне обладнання:*** мікроскопи бінокулярні

### ***Результати навчання:***

В результаті виконання лабораторної роботи магістри повинні вміти визначати речовинний склад промислового цирконового концентрату, вміти визначати проблеми процесу збагачення мінеральної сировини та надавати рекомендації для оптимізації технологічних схем переробки.

### ***Методичні рекомендації до виконання роботи:***

Мінералогічні дослідження отриманих в результаті сепарації фракцій проводять для визначення їх складу і кількісної оцінки на корисні компоненти з застосуванням мікроскопічних методів досліджень. Діагностика мінералів шліху проводиться оптичним методом.

Апаратура для діагностики мінералів за зовнішніми ознаками - бінокулярні стереоскопічні мікроскопи марки МБС.

Використовуючи діагностичні ознаки мінералів промислового цирконового концентрату (габітус кристалів, забарвлення, колір риски, блиск, твердість, спайність, характер зламу, прозорість), характеризуючи

форму і розміри зерен, характер поверхні, ступінь окатаності, плівки вторинних утворень), визначають мінеральний склад дистен-силіманітового концентрату. При вивченні мінералів необхідно робити фотографії відібраних монофракцій мінеральних агрегатів і окремих мінералів (рис.5).

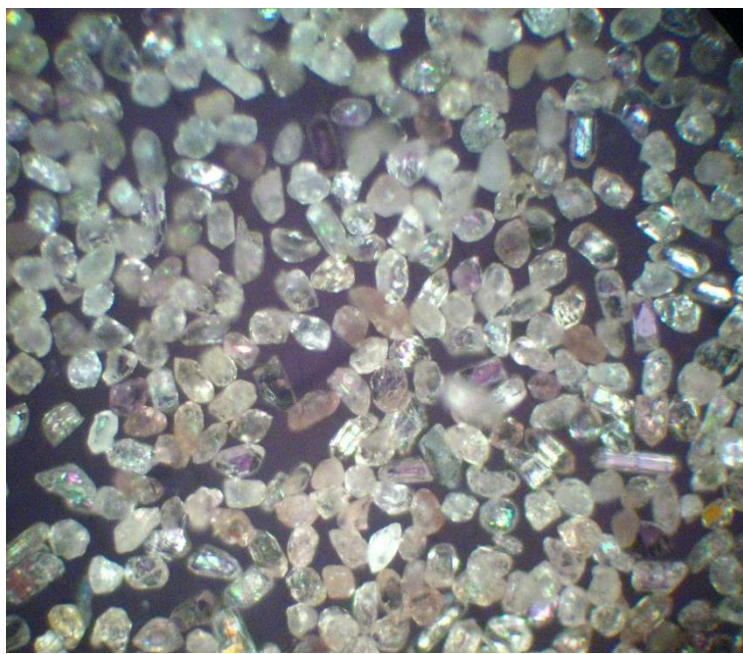


Рис.5 - Зерна циркону в промисловому концентраті.

#### Хімічний аналіз

Вміст, %	Стандартний	Марка «Т»	Стандартний
ZrO <sub>2</sub> +HfO <sub>2</sub> min	65	65	65 – 66
TiO <sub>2</sub> max	0,4	0,2	0,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> max	2	2	1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> max	0,1	0,1	0,09
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> max			0,12
SiO <sub>2</sub> max			32
Th+U max	320 ppm	320 ppm	320 ppm
Волога max	0,5	0,5	0,5

## Опис та фізичні властивості

Вид	Вільно поточний пісок рожево - кремового кольору
Форма зерен	Округло - витягнута, еліпсова
Колір зерен	Рожевий, пурпурний, червоно - бордовий
Температура плавлення	2200 ° С
Щільність	4650 – 4750 кг/м <sup>3</sup>
Насипна маса	2650 – 2740 кг/м <sup>3</sup>
Розмір часток	63 – 160 мкм
Пожежонебезпечність	не горючий
Розчинність в воді	не розчиняється
Кут природного відкосу	30 °
Твердість	7 - 8

Циркон -  $ZrSiO_4$ . Є досить частим акцесорним (другорядним за кількістю) мінералом в гранітах, сиєнітах, нефелінових сиєнітах та інш.

Звичайні форми: тетрагональні призми і тетрагональні діпіраміди. Двійники колінчаті, як у рутилу, але зустрічаються набагато рідше.

Колір - безбарвний, але іноді забарвлений в жовтий, оранжевий, червоний, рідше зелений колір. Малакон зазвичай має темнобуре забарвлення.

Блиск алмазний, іноді жирний. Твердість 7-8. Пит. вага 4,68-4,70. Для кристалів циркону вельми характерним є тетрагональний, короткостовпчастий, рідше дипірамідальний вигляд.

### *Питання для підготовки до захисту лабораторної роботи:*

1. Охарактеризуйте мінеральний склад цирконового концентрату.
2. Дайте визначення головних діагностичних ознак мінералів-компонентів цирконового концентрату.
3. Охарактеризуйте головні методи сепарації при підготовці проб для мінералогічних досліджень.
4. Як проводиться визначення питомої ваги розсипних мінералів?
5. Охарактеризуйте фізичні властивості компонентів цирконового концентрату.

### ***Звіт з лабораторної роботи***

Виконується на аркушах білого паперу формату А4 в друкованому вигляді (додаток 1). Обсяг тексту до 5 сторінок. Робота складається з наступних розділів:

1. Вступ.
2. Обґрунтування методів дослідження.
3. Визначення мінерального і хімічного складу промислового цирконового концентрату.
4. Висновки.
5. Список використаної літератури.

У вступі необхідно вказати мету роботи, вихідний матеріал і основні завдання дослідження.

У другому розділі наводиться характеристика методів дослідження з обґрунтуванням доцільності їх застосування.

У третьому розділі наводяться результати визначення діагностичних властивостей мінералів цирконового концентрату. Дається повна характеристика форм мінеральних виділень, розмірів, будови зерен, опис оптичних характеристик, діаграми процентного співвідношення мінералів в концентраті.

У кінці наводяться висновки і список літератури, використаної в процесі виконання роботи.

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

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильна діагностика властивостей мінеральних компонентів та повна характеристика шліхоутворюючих складових із зазначенням хімічного складу.

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

## **Лабораторна робота №5 Вивчення мінерального складу шліхів розсіпних родовищ**

**Об'єкт досліджень:** оцінка діагностичних властивостей мінералів розсіпів у шліхових пробах

**Предмет досліджень:** мінеральний, хімічний склад, фізичні властивості шліхоутворюючих компонентів

### ***Мета і задачі***

Метою лабораторної роботи є закріплення теоретичних знань, які були викладені в курсі «Спеціальні методи досліджень корисних копалин» при вивченні теми «Мінералогічний аналіз шліхів», і отримання практичних навичок визначення мінералів в шліхових пробах.

До завдань досліджень входить вивчення теоретичного матеріалу та проведення мінералогічних досліджень з використанням бінокулярного мікроскопу з визначенням оптичних характеристик мінералів розсіпів.

Для виконання лабораторної роботи студенти отримують шліх з конкретного об'єкта (розсіпне родовище) і визначають склад шліха, використовуючи відомі їм методи дослідження. Схема дослідження шліхів включає в себе два етапи:

I етап - Підготовка проб до мінералогічних досліджень (фракціонування шліхів).

II етап - Мінералогічне вивчення мінералів шліхів, промислових концентратів і продуктів збагачення.

***Лабораторне обладнання:*** мікроскопи бінокулярні

### ***Результати навчання:***

В результаті виконання лабораторної роботи магістри повинні вміти визначати діагностичні ознаки мінералів розсіпів та мінеральний склад шліхів розсіпних родовищ.

### ***Методичні рекомендації до виконання роботи:***

**Шліхами** називають концентрати пухких природних відкладень, отримані при відмиванні в воді і збагачені важкими мінералами.

**Мінералогічні дослідження** отриманих в результаті сепарації фракцій проводять для визначення їх складу і кількісної оцінки на корисні компоненти з застосуванням оптичних методів досліджень за допомогою бінокулярів. Мікроскопічний спосіб є одним з поширених способів визначення якісного і кількісного мінералогічного складу шліхової проби.

Використовуючи діагностичні ознаки мінералів (габітус кристалів, забарвлення, колір риски, блиск, твердість, спайність, характер зламу,



прозорість), характеризуючи форму і розміри зерен, характер поверхні, ступінь окатаності, півки вторинних утворень), визначають мінеральний склад. При вивченні мінералів необхідно робити фотографії відібраних монофракцій мінеральних агрегатів і окремих мінералів (наприклад, - рис.6,7).



Рис.6 – Зерна пікроільменіту та хроміту.



Рис.7 – Мінерали-індикатори кімберліту.

**Риска мінералів** визначається за кольором тонкого порошку, одержуваного при роздавлюванні зерен на фарфоровому матеріалі або на простому предметному склі. Спостереження проводять під бінокулярним мікроскопом, причому одночасно встановлюють характер розподілу забарвлення в мінеральних зернах і ступінь їх прозорості.

**Твердість мінералів** в звичайних одиницях шкали Мооса або із застосуванням твердометрів може бути знайдена тільки для відносно великих зерен (більше 1 мм в діаметрі), які можна закріпити в спеціальний утримуючий пристрій або монтувати в цементуюче середовище (для випробувань в мікротвердометрі). В основному на практиці мінералогічних досліджень шліхів визначення твердості замінюють випробуванням зерен на міцність або опір розплющуванню.

Перегляду під бінокуляром піддаються всі фракції. Проба розсипається на склі розміром 9x12 або 6x9 см у вигляді конуса. Скло поміщається на столик бінокуляра. З метою найкращої видимості під скло підкладається аркуш білого паперу. У міру перегляду, з проби виділяється вузька смужка досліджуваного матеріалу, видима в поле зору бінокуляра. Зерна перебираються металеву, мідною, або корундовою голкою. Скло, під час перегляду, поступово пересувається до кінця виділеної смужки. Кількість таких смужок залежить від ваги середньої проби. Перегляд вважається закінченим тоді, коли вся проба буде таким чином досліджена. Всі мінерали, що не піддаються визначенню за кристаллографічними та фізичними властивостями, виносяться кінцем голки в сторону смужки вниз або вгору і потім переносяться на предметне скло для подальших досліджень. Витяг і перенесення відповідного мінерального зерна здійснюється за допомогою змоченою кінця пензлика, пінцета або голки.

За ступенем магнітності шліхостворюючі мінерали поділяються наступним чином:

а) мінерали сильної магнітності: магнетит, титаномagnetит, пиротин, поліксен;

б) мінерали середньої магнітності: амфіболи, везувіан, гранати, олівіни, пироксени, слюди, ставроліт, сфен, хлорити, епідот, шпінель, браннерит, вольфрамит, гелвін, ільменіт, каситерит, кнопит, колумбіт, ксенотим, монацит, ортит, перовскит, пірохлор, плеонаст, самарскит, сфалерит, танталіт, торіаніт, уранініт, фергюссоніт, хроміти. ешніт. Вторинні мінерали - гематит, лимоніт, пиролозит, псиломелан;

в) мінерали слабкої магнітності: амфіболи, андалузит, воластоніт, діаспор, кіаніт, кордиерит, корунд, олівіни (фаяліт), пироксени (діопсид), силіманіт, ставроліт, хіастоліт, хлорити (пеннін), епідот, аксиніт, анатаз, апатит, брукіт, рутил, сфен, циркон, шпінель, алмаз, вольфрамит (гюбнерит), золото, каситерит, ксенотим, монацит, ортит, платина, петцит, срібло, сперіліт, сульфіді (антимоніт, арсенопірит, вісмутін, галеніт,

кіновар, кобальтин, марказит, молибденит, пірит, сфалерит, халькозин, халькопірит), шееліт, електрум, барит, сидерит, сподумен, топаз, турмалін (ахроїт, дравіт, рубеліт), фенакит, флюорит, хризоберил. Вторинні мінерали - азурит, англезит, баделіт, ванадиніт, вульфеніт, лейкоксен, малахіт, ковеллін, скородит, смітсоніт, церрусіт.

г) немагнітні легкі мінерали: берил, графіт, кальцит, кварц, мусковіт, опал, польові шпати, халцедон, бурштин, яшма.

Перераховані мінерали можливо переглянути в еталонній колекції мінералів шліхів і в атласі мінералів розсипів. Підсумком виконаної роботи є повна характеристика шліхостворюючих мінералів з визначенням мінералогічного складу з використанням інших методів розглянутих в інших лабораторних роботах.

### ***Питання для підготовки до захисту лабораторної роботи:***

1. Дайте визначення терміну «шліх».
2. Охарактеризуйте головні діагностичні ознаки мінералів розсипів у шліхових пробах.
3. Яким чином визначається твердість мінералів в шліхових пробах?
4. Охарактеризуйте групи мінералів за ступенем магнітності.
5. Як проводиться підготовка проб для мінералогічних досліджень?

### ***Зміст і оформлення звіту***

Звіт лабораторної роботи виконується на аркушах білого паперу формату А4 в друкованому вигляді (додаток 1). Обсяг тексту 5-7 сторінок. Робота повинна мати такі розділи:

1. Титульний аркуш (додаток 2).
2. Мета роботи.
3. Загальна характеристика об'єкта досліджень.
4. Схема досліджень (підготовка проб до аналізу, мінералогічні дослідження).
4. Характеристика методів дослідження.
5. Опис досліджень (діагностичних властивостей мінералів, умов розповсюдження, характерних мінеральних парагенезисів).
6. Аналіз отриманої інформації.
8. Список використаної літератури

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

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильна діагностика властивостей мінеральних компонентів шліха та повна характеристика шліхоутворюючих складових.

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

### **Лабораторна робота №6**

#### **Визначення мінерального складу вогнетривів (хромшпінелідних, форстеритових, періклаз-хромітових)**

**Об`єкт досліджень:** оцінка діагностичних властивостей мінеральних компонентів вогнетривів та сировини для їх виготовлення

**Предмет досліджень:** мінеральний, хімічний склад, технологічні властивості компонентів вогнетривів

#### ***Мета та задачі***

Метою запропонованої лабораторної роботи є закріплення теоретичних знань, отриманих в курсі «Спеціальні методи досліджень» при вивченні теми «Методи досліджень речовинного складу технічного каменю і синтетичних неорганічних сполук».

Головні завдання досліджень полягають у засвоєнні методики мікроскопічних досліджень препаратів технічного каміння, вивченні головних діагностичних властивостей мінералів технічного каміння та прогнозуванні проблем технологічного процесу переробки сировини для виготовлення продуктів техногенного синтезу.

**Лабораторне обладнання:** рудні поляризаційні мікроскопи ПОЛАМ Р-312, АЛЬТАМИ ПОЛАР Р-312, Рудний мікроскоп МІН-8, цифрова камера для мікроскопу, ноутбук

#### ***Результати навчання:***

В результаті виконання лабораторної роботи магістри повинні вміти визначати речовинний склад продуктів техногенного синтезу, визначати та обґрунтовувати можливі проблеми процесу збагачення мінеральної сировини для виготовлення технічного каміння та надавати рекомендації для оптимізації технологічних схем переробки.

### ***Методичні рекомендації до виконання роботи:***

Технічний камінь (вогнетриви, сплави, та інш.) - це збірна назва мінеральної продукції, що отримують з природної мінеральної сировини промисловим способом і в великих обсягах [1]. Технічний камінь отримують з гірських порід і мінералів шляхом термічного та хімічного впливу. Найважливішими різновидами технічного каменю є синтезована рудна сировина (вогнетриви, залізорудні агломерати, окатиші, інші продукти кольорової металургії), різні будівельні матеріали, шлаки, кераміка, скло та ін.

Для виконання даної лабораторної роботи студенту надається шліф і аншліф, виготовлений з вогнетривких матеріалів різного складу (дінасовий, періклазовий, форстеритовий та ін.), в якому необхідно провести діагностику складових технічних мінералів по їх оптичним, фізичним і хімічним властивостям. Попередньо необхідно провести оцінку якості вихідної сировини для виробництва вогнетривів різного складу і виконати дослідження шліфів та аншліфів порід, що використовувалися для виготовлення вогнетривких виробів (кварцити, глини, каоліни, магнезити, дуніти, перидотіти, серпентиніти і ін.)

В процесі петрографічних досліджень готових вогнетривких виробів, а також вихідної сировини необхідно відібрати середню пробу, яка характеризує їх якість. Вага проби може змінюватися від 50 до 200г і більше. Проби вихідної сировини необхідно відбирати в природному вигляді, а не після подрібнення.

При вивченні вогнетривів після служби слід враховувати характер зональності, виявленої у вигляді 2-3 і більше зон, що відрізняються за кольором, структурою, а отже і мінеральним складом. При дослідженні таких вогнетривів виконують опис їх зовнішнього вигляду із зазначенням потужності виділених зон і відзначають ділянки, з яких необхідно виготовити шліфи і аншліфи для вивчення під мікроскопом.

Під мікроскопом при середньому збільшенні спочатку визначають структуру, а потім за сукупністю оптичних характеристик встановлюють, скільки мінералів входить до складу досліджуваного зразка. Потім виконують детальний опис кожного мінералу. Мікроскопічні дослідження проводять в лабораторії кафедри геології та розвідки родовищ корисних копалин з використанням рудних поляризаційних мікроскопів ПОЛАР Р-312, АЛЬТАМИ ПОЛАР Р-312(рис.8, а,б). Непрозорі мінерали вивчають в аншліфах та аншліф-брикетах (рис.9).



а)



б)

Рис.8 - Загальний вигляд мікроскопів ПОЛАМ Р-312, АЛЬТАМИ  
ПОЛАР Р-312

а)



б)

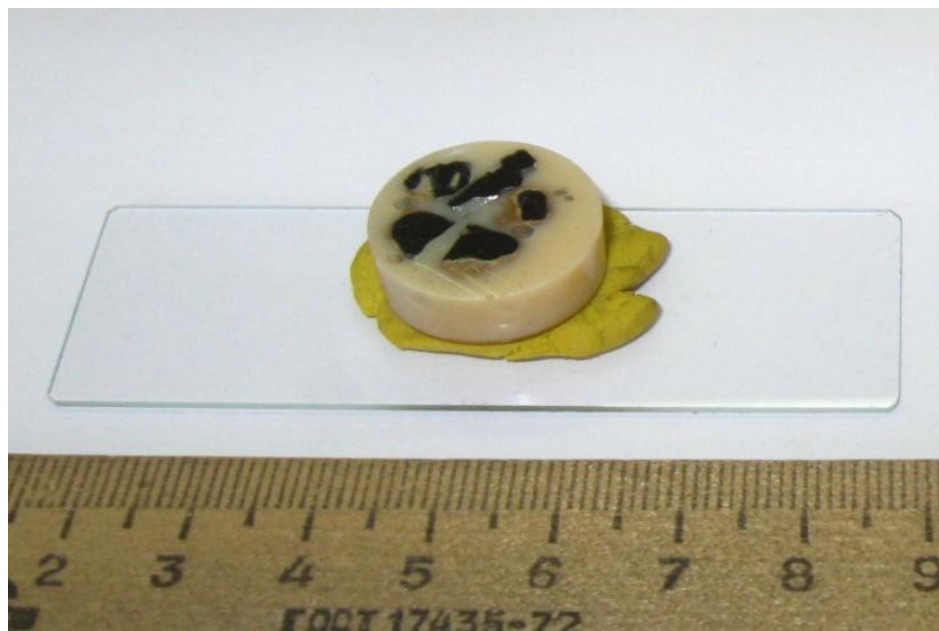


Рис.9 – Аншліф (а) та аншліф-брикет (б) технічного каменю.

## *Схема дослідження аниліфа технічного каменю.*

**1 етап. Визначення діагностичних властивостей непрозорих техногенних мінералів.** Визначення діагностичних властивостей непрозорих мінералів виробляється оптичним способом у відбитому плоско поляризованому світлі на рудних мікроскопах типу ПОЛАМ Р-312 та АЛЬТАМИ ПОЛАР Р-312.

Для кожного мінералу, що входить до складу вогнетриву необхідно визначити оптичні і власне фізичні властивості. Оптичні властивості включають відбивну здатність, колір, двовідбиття, анізотропію, внутрішні рефлекси. Вивчати оптичні властивості рудних мінералів слід в тій послідовності, в якій вони вказані: в першу чергу, властивості, які спостерігаються в паралельних ніколях, потім - в схрещених ніколях.

*Відбивна здатність (R)* - це міра «яскравості» рудних мінералів. У числовому значенні вона є відношенням інтенсивності відбитого мінералом світла до інтенсивності падаючого світла, що виражається у відсотках. Відбивна здатність мінералу змінюється в залежності від його орієнтування, довжини хвилі світла, що відбивається, і кута падіння світла.

Величина відбивної здатності, тобто показник відбиття, визначається за формулою:

$$R = (I_r/I_0) \cdot 100 \%,$$

де  $I_r$  - інтенсивність світла, відбитого мінералом;  $I_0$  - інтенсивність світла, що падає на мінерал.

Для ізотропних і анізотропних прозорих мінералів величина R може бути порахована за формулою Френеля:

$$R = \frac{(n - n_u)^2}{(n + n_u)^2} \quad \text{или} \quad R = \frac{(n - 1)^2}{(n + 1)^2}.$$

де  $n$  - показник заломлення мінералу;  $n_u$  - показник заломлення середовища (в повітрі  $n_u = 1$ , в кедровому маслі  $n_u = 1,516$ ).

Для ізотропних абсорбуючих мінералів застосовується формула Бера:

$$R = \frac{(n - n_u)^2 + k_2}{(n + n_u)^2 + k_2},$$

де  $k$  - показник поглинання мінералу (коефіцієнт абсорбції). Таким чином, показник відбиття R залежить від показників заломлення мінералу та середовища (повітря або імерсійного масла) між мінералом і



фронтальною лінзою об'єктива, а також від показника поглинання мінералу.

*Колір рудних мінералів у відбитому світлі* - дисперсія відбивної здатності рудних мінералів, тобто зміна величини коефіцієнта відбиття  $R$  в залежності від зміни довжини світлової хвилі.

Колір мінералів оцінюється по зоровому сприйняттю при співставленні з еталонами кольорів природних мінералів: зі сфалеритом (сірий), з галенітом (білий), з тенантітом (світло-сірий з блакитним відтінком), з халькопіритом (латунно-жовтий), з піротином (рожево-жовтий), нікеліном (ніжно-рожевий), з ковеліном (волошково-синій).

*Двовідбиття ( $\Delta R$ )* - це зміна інтенсивності відбивної здатності рудних мінералів при повороті столика мікроскопа. Кубічні мінерали при будь-якому орієнтуванні зерен не змінюють свого відбитку та кольору при обертанні столика мікроскопа. Багато рудних мінералів виявляють не тільки зміну інтенсивності відбиття, але і кольору при повороті столика мікроскопа; подібне явище називають плеохроїзмом відбиття.

*Анізотропія.* Рудні (непрозорі) мінерали, по відношенню до поляризованого відбитого світла, підрозділяються на ізотропні та анізотропні. До групи ізотропних мінералів входять мінерали кубічної сингонії і аморфні; до анізотропних - інших сингоній. Анізотропію спостерігають в схрещених ніколях.

Ізотропний мінерал при схрещених ніколях залишається темним і не просвітлюється при повороті столика на  $360^\circ$ . Анізотропні мінерали при схрещених ніколях змінюють колір або яскравість при обертанні столика мікроскопа. Спостерігається чотириразове згасання анізотропного кристалу через кожні  $90^\circ$  при обертанні столика мікроскопа. Для одних мінералів характерно пряме згасання, а для інших - косе. Деякі мінерали супроводжуються кольоровим ефектом анізотропії.

*Внутрішні рефлекси.* Внутрішні рефлекси - це явище просвічування прозорих, напівпрозорих і слабо прозорих мінералів при вивченні об'єктів в схрещених ніколях або при косому освітленні. Даний ефект обумовлений проникненням світла на деяку глибину в кристал і відбиттям його від внутрішніх частин мінералу. Прояв внутрішніх рефлексів найбільш чітко спостерігається на ділянках з тріщинами спайності, мікровключеннями в мінеральних зернах. Іноді внутрішні рефлекси виявляються на межі між зернами.

Мінерали з високим показником відбиття ( $R > 40\%$ ) не мають внутрішніх рефлексів, мінерали з помірним показником відбиття ( $R = 20-40\%$ ) часто проявляють внутрішні рефлекси, мінерали з низьким показником відбиття ( $R < 20\%$ ) практично завжди володіють сильними внутрішніми рефлексами.

Прозорі об'єкти слід вивчати в прохідному світлі, тоді як багато мінералів проміжної категорії просвітлення краще вивчати у відбитому

світлі. Такі мінерали можуть бути досить прозорими для того, щоб забезпечити проникнення світла нижче поверхні мінералу і подальше відображення його від тріщин і дефектів всередині кристалу. В результаті спостерігається розсіяне (дифузне) освітлення, що йде зсередини кристала або поодинокі пофарбовані світлові відблиски та плями, що є різними формами прояву внутрішніх рефлексів.

Іноді дослідники-початківці зауважують, що багато зерен мінералу, який повинен проявляти внутрішні рефлекси, їх не виявляють. У зв'язку з цим при вивченні внутрішніх рефлексів не можна обмежуватися одним зерном досліджуваного мінералу. При вивченні внутрішніх рефлексів слід дотримуватися таких необхідних умов:

- в першу чергу слід забезпечити сильне освітлення (відрегулювати положення лампочки освітлювача, витягти синій фільтр, максимально відкрити апертурну діафрагму).

- спостереження слід проводити в повітрі, використовуючи об'єктиви різного збільшення, вибір яких залежить тільки від величини досліджуваних зерен.

- при вивченні внутрішніх рефлексів дрібних зерен прикривають діафрагму поля зору.

- повне схрещування ніколей не обов'язкове, допускається відхилення поляризатора на  $\pm 20^\circ$  від  $90^\circ$  в залежності від найбільш виразного прояву внутрішніх рефлексів. Після закінчення роботи початкове положення схрещених ніколей слід відновити.

При первинному спостереженні внутрішніх рефлексів в аншліфах зазвичай використовують спосіб косоного освітлення зовнішнім джерелом світла. Для цього слід використовувати об'єктив зі збільшенням  $6\times$  і аншліф з будь-яким прозорим або напівпрозорим, але обов'язково інтенсивно забарвленим на просвіт, мінералом - малахітом, азуритом, аурипігментом і ін. Патрон з лампочкою витягується з системи мікроскопа і, висвітлюючи аншліф збоку і зверху, знаходять звичний (для малахіту - зелений, для азуриту - синій, для кіноварю - червоний, для аурипігменту - жовтий і ін.) колір мінералу під мікроскопом, який відповідає кольору його внутрішніх рефлексів (рис.10,11).

При спостереженні внутрішніх рефлексів слід порівняти колір і відтінок мінералу без аналізатора з кольором його внутрішніх рефлексів і врахувати, що ці кольори доповнюють один одного в області спектра: червона на просвіт кіновар має блакитний відтінок у відбитому світлі, синій лазурит виглядає рожевим і ін.

*Твердість.* Студентам пропонується якісним методом визначити твердість мінералів будь-яким з доступних способів: за характером відполірованої поверхні, за характером світлової смуги, за рельєфом шляхом косоного освітлення, за абразивними штрихами, за допомогою

набору голок (сталеві голки, твердість якої 5, за допомогою мідної голки, твердість якої 3, корундової голки – твердість 9).

При виготовленні полірованого шліфа мінерали мають різний опір стиранню. В результаті цього при шліфуванні та поліруванні тверді мінерали сточуються повільніше і рельєфно височіють над оточуючими більш м'якими мінералами. При цьому твердий мінерал має позитивний рельєф, а м'який - негативний.

Відносну твердість по рельєфу визначають, застосовуючи правило світлової смужки, яку видно навіть в добре полірованих шліфах. Для цього встановлюють в поле зору мікроскопа лінії зрощення мінералу, що випробовується, та мінералу з відомою твердістю, частково прикривають апертурну діафрагму і повільно піднімають тубус мікроскопа. При підйомі тубуса мікроскопа світлова смужка буде переміщатися в бік мінералу з більш низькою твердістю, при опусканні - в сторону твердого мінералу. Світлову смужку зазвичай спостерігають з об'єктивами середніх збільшень.

Метод визначення мікротвердості по світловій смужці використовують зазвичай при порівнянні рельєфу мінералів близької твердості, а також при визначенні твердості мінералів, що представляють дрібні включення в іншому мінералі з невідомою мікротвердістю.

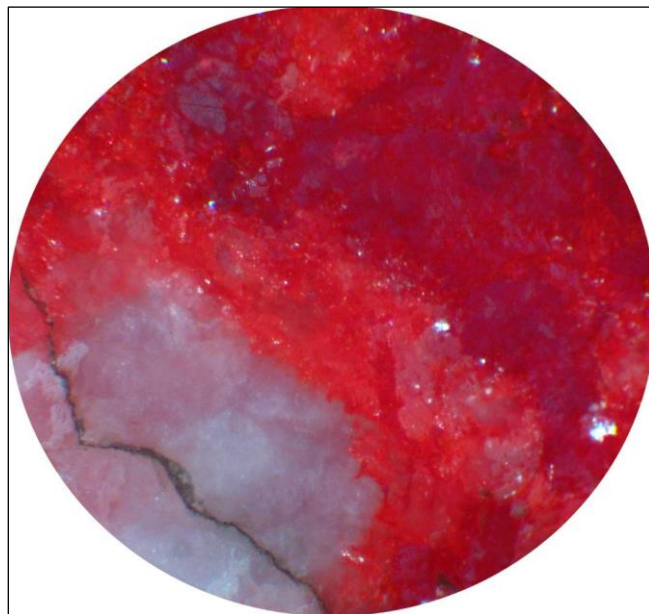


Рис.10 – рубіново-червоний колір внутрішніх рефлексів кіновари Нік+, зб.105

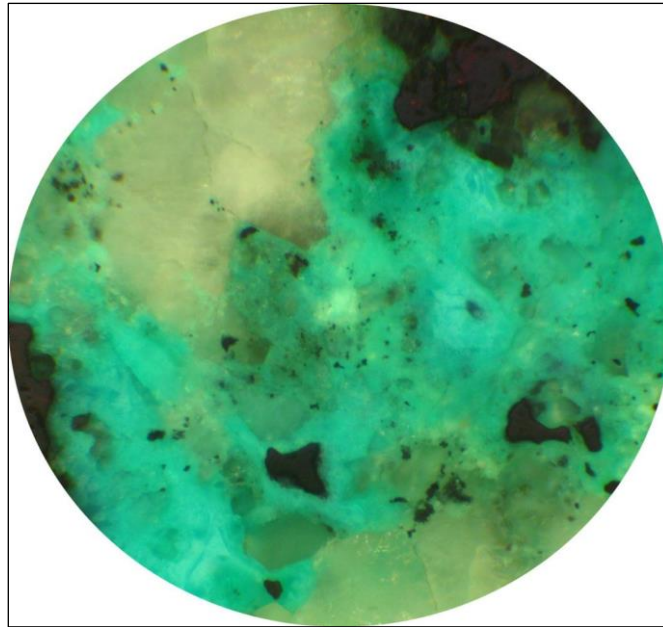


Рис.11 –смарагдово-зелений колір внутрішніх рефлексів малахіту  
Нік+,зб.105

*Магнітність.* Методи визначення магнітності мінералів: за допомогою магнітної стрілки, намагніченої сталеві голки, магнітом, методом магнітної порошкографії.

В аншлифах магнітність мінералів визначається за допомогою магнітної стрілки та намагніченої сталеві голки. Цей метод є легкодоступним при значному вмісті в аншлифах магнітних мінералів. Якщо рудні мінерали з магнітними властивостями містяться в незначній кількості, то магнітність мінералів визначається за допомогою магнітності їх порошоків. Визначення магнітності проводять при малих і середніх збільшеннях. Для отримання порошоків рудних мінералів поліровані поверхні мінеральних агрегатів дряпають сталевими та алмазними голками (в залежності від твердості досліджуваних мінералів). Якщо порошок має магнітні властивості, то його частинки будуть прилипати до вістря намагніченої голки. Іноді розмір зерен магнітних мінералів не дозволяє застосувати вищевказані методи і для визначення магнітності використовують метод магнітної порошкографії.

Суть методу полягає в наступному. Для вивчення проявів магнітності готують концентрований мильний розчин. У розчин додають дрібноперетертий магнітний порошок. Концентрація мильної речовини в розчині порошкової суспензії підбирається дослідним шляхом. Якщо концентрація недостатня, то в'язкість розчину не забезпечує утримання часток порошку в підвішеному стані, внаслідок чого при осадженні порошок швидко випадає з суспензії і покриття не відповідає дійсному розподілу магнітних властивостей в досліджуваних мінеральних зернах.

При високій концентрації підвищується в'язкість розчину і збільшується час осадження магнітного порошку, внаслідок чого картина покриття поверхні теж не буде достовірною.

Найбільш прийнятною вважається така концентрація мила в розчині порошкової суспензії, що забезпечує покриття порошком на еталонному зерні магнетиту протягом 30-50 секунд.

Після закінчення часу осадження порошку столик мікроскопа нахилиють і залишки мильної суспензії змивають спиртом. При цьому до повного висихання аншліфа столик мікроскопа залишають в похилому положенні, для забезпечення повного видалення суспензії. В результаті на поверхні залишається тонкий шар порошку, що має під мікроскопом червонувато-бурий відтінок. Даний шар порошку створює характерний малюнок розподілу магнітності досліджуваних мінеральних зерен.

При дослідженні магнітності в аншліфах слід спостерігати інтенсивність покриття порошком зерен мінералів. Сильно магнітні мінерали - магнетит, магеміт покриваються суцільною плівкою, на поверхні слабкомагнітних мінералів осідають лише поодинокі зерна порошку, поверхні немагнітних мінералів залишаються чистими.

*Діагностичне травлення* (розчинення) мінералів полягає в дослідженні впливу хімічних реактивів певної концентрації на поліровану поверхню мінералу протягом 1 хвилини.

У процесі полірування аншліфа формується тонка аморфна плівка з мінералів, що складають шліф. Цим матеріалом заповнюються мікротріщини в мінеральних зернах. При впливі хімічного реактиву спочатку відбувається розчинення аморфної плівки з проявом структури мінеральних агрегатів, в подальшому під впливом розчинника відзначається різна ступінь роз'їдання поверхні мінералу зі знищенням раніше виявленої структури, після розчинення можуть утворюватися осади різного кольору.

Основними реактивами, що застосовуються при мінераграфічних дослідженнях є:  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{KCN}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{FeCl}_3$ , царська горілка (1 частина концентрованої  $\text{HNO}_3$  і 3 частини  $\text{HCl}$ ). Найбільш успішні результати отримують при дії концентрованих кислот  $\text{HNO}_3$  і  $\text{HCl}$  і 20% розчинів  $\text{KCl}$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{KOH}$ .

При роботі з реактивами слід дотримуватися таких правил безпеки:

- при травленні аншліфа користуватися хімічними реактивами слід тільки в спеціально відведених місцях (за малим лабораторним столом, в витяжній шафі);
- не витягувати флакони з реактивами з кювети (щоб уникнути перекидання);
- використовувати мінімально необхідний обсяг реактиву;
- структурне травлення виконувати тільки в витяжній шафі.

При виконанні діагностичного травлення можна спостерігати такі явища: закипання краплі, фарбування поверхні мінералу, потемніння поверхні - корозія, поява іризуючої плівки, прояв структури зерна, поява кільця навколо краплі, випадання осаду.

Крапля реактиву наноситься на мінерал за допомогою паперової стрілки, яка використовується тільки один раз. Крапля не повинна поширитися за межі досліджуваного зерна. Спочатку спостерігають, чи відбувається процес закипання на поверхні мінералу. Потім, підсвічуючи краплю збоку (як при спостереженні внутрішніх рефлексів), визначають чи відбувається зафарбовування краплі. Далі за допомогою фільтрувального паперу краплю реактиву видаляють і вивчають поверхню мінералу. При виконанні діагностичного травлення слід дотримуватися наступних рекомендацій:

- поверхню полірування перед травленням слід ретельно очистити;
- крапля реактиву не повинна виходити за межі досліджуваного зерна. Якщо крапля покриває 2 різних мінерали, то може виникнути електролітична пара, яка змінить характер впливу реактиву;
- вплив реактиву слід вивчати по черзі на декількох зернах, оскільки різні перетини можуть реагувати на реактив по різному;
- спостерігаючи за процесом закипання не слід плутати його з виділенням бульбашок повітря з мікротріщинок - закипання проходить по всій поверхні краплі реактиву.

При слабкому впливі реактиву (при розчиненні аморфної плівки) виявляються деякі структурні особливості - тріщинки спайності, характер двійникування та інш. При цьому поверхня аншлафа стає матовою через часткове руйнування полірування при розчиненні, іноді спостерігається також поява іризуючої облямівки. В результаті сильного впливу реактиву розчиняється і сам мінерал: його поверхня стає шорсткою, забарвлення від сірого до чорного (внаслідок розсіювання падаючого світла). Іноді після впливу реактиву утворюються осади, що покривають поверхню мінералу. Під мікроскопом такі осади проявлені у вигляді іризуючих плівок - жовтих, червоних, зелених, коричневих, синіх і ін. Забарвлення змінюється в залежності від товщини плівки. Для деяких мінералів іризуюча плівка - гарна діагностична ознака.

Мікрохімічні реакції вважаються позитивними, якщо після зняття краплі і промивання водою на полірованій поверхні мінералу залишається певний слід (структура, шорсткуватість, іризуюча плівка), негативними - якщо після впливу реактиву ніяких слідів не залишається.

**Плівковий аналіз** є важливим мікрохімічним методом при діагностиці багатьох мінералів, особливо карбонатів. При виконанні

діагностичного травлення на полірованій поверхні рудних мінералів формуються специфічні ірізуючі плівки, які використовуються при діагностиці рудних мінералів. Кольорові плівки на поверхні рудних мінералів також можна отримати, якщо на протравлену поверхню нанести краплю реагенту, який утворює з певним хімічним елементом даного мінералу кольоровий осад. Формування кольорових плівок на поверхні мінералів відбувається внаслідок адсорбції на поверхні мінералу кольорових іонів з реактиву. Наприклад, кальцит при зануренні в молярний розчин азотнокислої міді адсорбує блакитну окис міді, арагоніт адсорбує сіль  $\text{Co}(\text{NO}_3)$  синьо-фіолетового кольору (С.А.Юшко, 1984).

Фарбування з метою діагностики карбонатів краще робити на пришліфованих поверхнях зразків або полірованих шліфів, що дозволяє встановити площовий розподіл і відносний вміст мінералів.

**Крапельний метод** дозволяє відкривати хімічний елемент в краплі випробуваного розчину по характерній кольоровій плямі на фільтрувальному папері при додаванні краплі проявника. Цей метод найбільш чутливий в мікрохімічному аналізі, що обумовлено абсорбуючими властивостями фільтрувального паперу. На фільтрувальному папері збільшується концентрація розчиненої речовини в певних ділянках крапельної плями - в центрі або на периферії.

Аналіз проводять наступним чином.

- випробуваний розчин отримують шляхом розчинення мінералу на полірованому шліфі або в крупинках на предметному склі в краплі розчинника (мінерал + розчинник). При цьому обов'язково дотримується рекомендована експозиція травлення мінералу розчинником.

- краплю досліджуваного розчину переносять на фільтрувальний папір (фільтрувальний папір + випробуваний розчин). З поверхні шліфа краплю випробуваного розчину знімають, промокаючи фільтрувальним папером. З предметного скла краплю переносять піпеткою. Величина плями повинна бути не більше 2-3 мм в діаметрі. Пляма має розташовуватися в центрі листочка паперу.

- для відкриття елемента у випробуваному розчині, в центр крапельної плями на фільтрувальному папері ставлять піпетку з проявником. Утворюється кольорова пляма в центрі або кільце на периферії крапельної плями, що вказує на присутність шуканого елемента.

**1 етап. Визначення розмірів і процентного вмісту мінералів у препараті.** За встановленими діагностичними властивостями визначається мінеральний склад аншліфа, що виданий студенту, за допомогою визначальних таблиць. Також проводиться діагностичне травлення і якісний мікрохімічний аналіз. У тих випадках, коли

мінеральні виділення викликають труднощі в діагностиці, необхідно використовувати інші методи дослідження.

Вимірювання мінеральних зерен під мікроскопом проводиться за допомогою об'єкт-мікрометра. Для цього необхідно визначити ціну поділки окуляр-мікрометра при різних об'єктивах. Ціна поділки визначається наступним чином: об'єкт-мікрометр встановлюється на столик мікроскопа, а потім мікрометрену лінійку окуляр-мікрометра суміщають з аналогічною шкалою об'єкт-мікрометра і підраховують, скільком контрольним позначкам об'єкт-мікрометра відповідає одна поділка мікрометреного окуляра.

Приклад: 20 поділкам мікрометреного окуляра відповідає 26 поділок об'єкт-мікрометра, так як кожна поділка об'єкт-мікрометра дорівнює 0,01, то одна поділка мікрометреного окуляра дорівнюватиме  $0,26 : 20 = 0,013$  мм. На рис.12 наведено варіанти визначення ціни поділки окуляр-мікрометра при сильному та слабкому збільшеннях об'єктива.

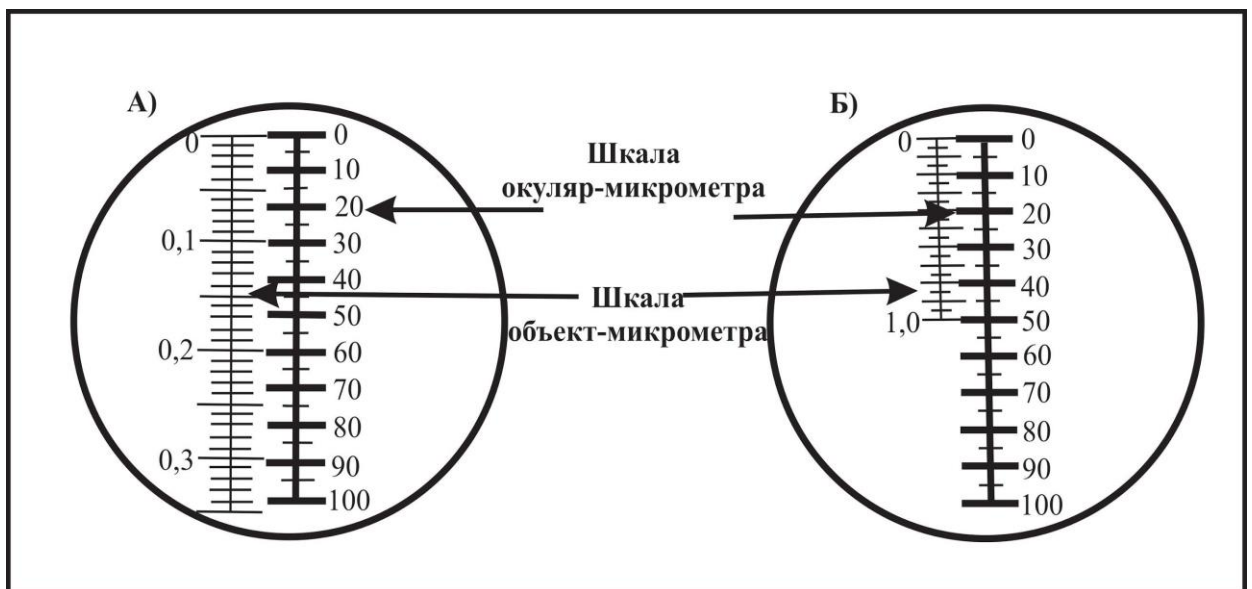


Рис. 12 - Визначення ціни поділки окуляр-мікрометра при сильному (А) і слабкому (Б) збільшеннях.



Отримані дані рекомендується записати в таблиці, складену за такою формою:

Таблиця 1

Збільшення об'єктива	Ціна поділки, мм	
	шкали	сітки
20	0,0084мм	-

З даних таблиці буде видно, якій справжній лінійній величині у площині об'єкта відповідає одна поділка шкали або сторона квадрата сітки вимірювального окуляра при використанні різних об'єтивів. Користуючись цими даними при визначенні істинної лінійної величини об'єкта, слід підрахувати число поділок шкали (або сітки) окуляра, що накладаються на вимірювану ділянку об'єкта і помножити це число на величину, зазначену в таблиці, відповідно до збільшення застосовуваного об'єктива. Існують різні еталони для визначення процентного вмісту мінералів в шліфах і аншліфах (рис. 13).

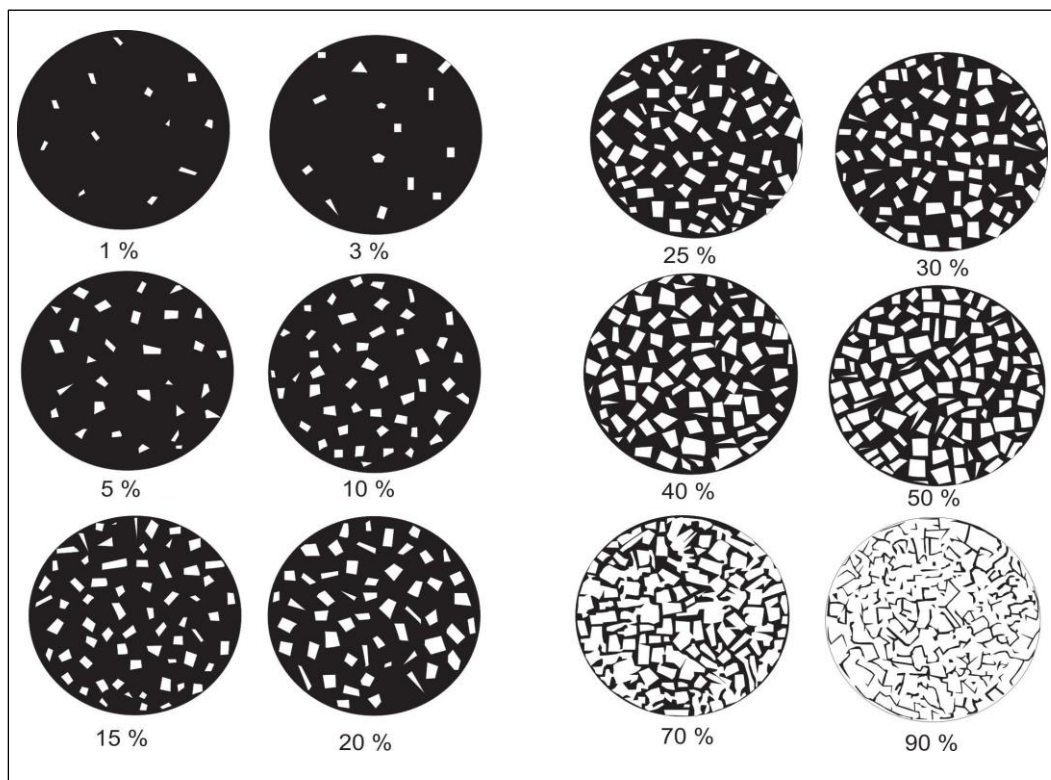


Рис. 13 - Ілюстрація до порівняльного методу визначення кількості мінералів в полірованих шліфах за С.А. Вахромеєвим.

**3 етап. Вивчення текстурно-структурних особливостей технічного каменю, аналіз взаємовідносин виявлених мінералів.** На третьому етапі проводиться вивчення текстурно-структурних особливостей технічного каменю з аналізом взаємовідносин виявлених мінералів і їх генерацій. Текстури характеризуються мінеральними агрегатами, а це сприяє виділенню стадій мінералотворення. Для структур характерні мінеральні індивіди, які і визначають послідовність у виділенні мінералів в кожній стадії. При вивченні текстурно-структурних особливостей необхідно робити замальовки або фотографії встановлених взаємовідносин мінеральних агрегатів і окремих мінералів.

### *Схема дослідження шліфа технічного каменю*

**1 етап. Визначення діагностичних властивостей прозорих мінералів у технічному камені.** Визначення діагностичних властивостей прозорих мінералів відбувається оптичним способом на мікроскопах типу МИН-8, ПОЛАМ Р-312 и АЛЬТАМИ ПОЛАР Р-312.

Для кожного мінералу, що входить до складу вогнетрива необхідно визначити оптичні і власне фізичні властивості. Оптичні властивості включають колір, плеохроїзм, показник заломлення мінералів, двозаломлення, характер згасання, знак подовження кристала, зональність, двійникування, а також коноскопичні дослідження. Вивчати оптичні властивості рудних мінералів слід в тій послідовності, в якій вони вказані: в першу чергу, властивості, які спостерігаються в паралельних ніколях, потім - в схрещених ніколях.

**2 етап. Визначення розмірів зерен і кількості мінералів у препараті** проводиться за аналогією зі схемою вивчення кількісних співвідношень мінералів в аншліфах.

**3 етап. Визначення морфології, генезису індивідів і агрегатів і текстурно-структурних особливостей.** Після визначення перерахованих вище оптичних констант прозорих мінералів у шліфі вогнетрива необхідно описати форму мінеральних індивідів і агрегатів, характер тріщинуватості, пористості, текстурно-структурні особливості досліджуваного матеріалу (механогенні, пірогенні структури, структури кристалізації з розплаву і розчину і ін.).

**4. Визначення розмірів і процентного вмісту мінералів у препараті.**

### ***Питання для підготовки до захисту лабораторної роботи:***

1. Охарактеризуйте головні різновиди технічного каміння та препаратів для їх мікроскопічних досліджень.
2. Визначення яких діагностичних властивостей проводиться у відбитому світлі при мікроскопічних дослідженнях?
3. Як проводиться визначення відбівної здібності непрозорих об'єктів?
4. Охарактеризуйте методи визначення магнітності мінералів в аншлифах.
5. Як проводиться визначення ціни поділки окуляр-мікрометра при мікроскопічних дослідженнях?
6. Охарактеризуйте порівняльний метод визначення кількості мінералів в препараті.
7. Охарактеризуйте методи визначення розмірів зерен в препаратах для мікроскопічних досліджень.
8. Охарактеризуйте методи мікрохімічних досліджень мінеральних компонентів.
9. Як проводиться вивчення текстурно-структурних особливостей технічного каменю та аналіз послідовності мінералоутворення.
10. Охарактеризуйте методику визначення внутрішніх рефлексів непрозорих мінералів.

### ***Зміст і оформлення звіту***

Звіт лабораторної роботи виконується на аркушах білого паперу формату А4 в друкованому вигляді (додаток 1). Обсяг тексту 5-10 сторінок. Робота повинна мати такі розділи:

1. Титульний аркуш (додаток 2).
2. Мета та завдання роботи.
3. Загальна характеристика об'єкта досліджень та препаратів досліджень.
4. Схема досліджень (підготовка проб до аналізу, мінералогічні дослідження з визначенням характерних ознак).
4. Характеристика методів дослідження.
5. Опис досліджень (діагностичних властивостей мінералів, умов розповсюдження, структурних особливостей, характерних мінеральних парагенезисів, вторинних перетворень, вмісту мінералів в препараті).
6. Аналіз отриманої інформації.
8. Список використаної літератури

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

Головним критерієм оцінювання лабораторної роботи є правильне визначення діагностичних властивостей мінеральних компонентів шліфів, аншліфів, аншліф-брикетів технічного каміння та повна характеристика текстурно-структурних особливостей з прогнозуванням імовірних проблем технологічного процесу виготовлення продуктів техногенного синтезу.

В процесі захисту роботи здобувач вищої освіти отримує 10 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей визначає кількість отриманих балів.

### ***Рекомендована література:***

1. Лазарева І.І./Прикладна мінералогія. Частина І. Засоби вирішення технологічних задач прикладної мінералогії. - Навчальний посібник. – Київ: КНУ. - електронний ресурс ННІ «Інститут геології. [http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/applied\\_mineralogy.pdf](http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/applied_mineralogy.pdf)».- 121с. - 2015р.
2. Рудна мікроскопія з основами технологічної мінераграфії / Навчальний посібник. – М.В Рузіна., Д.В. Яцина, І.В. Жильцова – 229с. – 2012р.

*Додаток 1*

### **Загальні вимоги до оформлення звіту з лабораторної роботи**

Звіт з лабораторної роботи виконується на аркушах білого паперу формату А4 (210x297 мм) в друкованому та електронному вигляді. При оформленні звіту використовується наскрізна нумерація сторінок, вважаючи титульний лист першою сторінкою.

Необхідно при оформленні звіту дотримуватися таких вимог. Для заголовків: напівжирний шрифт, 14 пт, центрований. Для основного тексту: нежирний шрифт, 14 пт, вирівнювання по ширині. У всіх випадках тип шрифту - Times New Roman, абзацний відступ 1 см, одинарний міжрядковий інтервал. Поля: ліве - 3 см, решта - 2 см .

Звіт здається на паперовому носії та в електронному вигляді. Малюнки зі звіту також зберігаються окремими файлами і здаються в електронному вигляді. Всі файли зберігаються в папку, вказану викладачем. Титульний лист оформлюється наступним чином (додаток 2). Вгорі: назва міністерства, на наступному рядку - назва університету, далі назва факультету і назва кафедри, на якій виконано роботу. У центрі сторінки: слова «Лабораторна робота по курсу (назва курсу)»; через порожній рядок - назва лабораторної роботи, номер варіанта; через порожній рядок - «Виконав (ла) студент (ка) групи (номер групи): (перелік прізвищ та ініціалів)», через порожній рядок - «Перевірив: (наук. ступінь, наук. звання (посада), прізвище та ініціали) ». Внизу сторінки підпис «Дніпро (рік виконання роботи)».

Мета роботи показує, для чого виконується робота, наприклад, для отримання або закріплення певних навичок, вивчення методики виконання певних видів аналітичних досліджень, ознайомлення з пристроєм і принципом дії лабораторного обладнання і т.п.

Теоретична частина містить опис об'єкта досліджень, а також докладний опис методів досліджень і алгоритмів вирішення поставлених завдань, опис інструментальних засобів, що використовуються в роботі.

Практична частина включає хід виконання роботи, перелік результатів, коментарі та висновки, схеми, мікрофотографії, графіки, діаграми і т.п. На основі узагальнення результатів, отриманих в практичній частині, робляться висновки по роботі. У висновках також зазначаються всі недоробки, що мають місце, пропозиції та рекомендації щодо подальшого дослідження поставленої в роботі проблеми і т.п.

Бібліографічний список містить посилання на книги, періодичні видання, інтернет-сторінки, використані при виконанні роботи і оформленні звіту.

*Додаток 2*

Титульний аркуш (приклад оформлення)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний технічний університет  
“Дніпровська політехніка”

Факультет природничих наук та технологій

Кафедра геології та розвідки  
родовищ корисних копалин

**Лабораторна робота №**

по курсу **«Спеціальні методи досліджень корисних копалин»**

Виконав (ла): студент (ка) групи РР-07-1  
Узунова О.А.

Перевірила: к.геол.н., доцент Жильцова І.В.

Дніпро, 2020

«Спеціальні методи досліджень корисних копалин»  
для магістрів, які навчаються за спеціальністю 103 «Науки про  
Землю» напряму «Геологія»

Розробники: Рузіна Марина Вікторівна  
Жильцова Ірина Вікторівна  
Солдатенко Євгенія Валеріївна.