

**Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»**



Кафедра геології та розвідки родовищ корисних копалин

М.В. Рuzіна, І.В. Жильцова, Н.В. Білан, О.А. Терешкова

**ТЕХНОЛОГІЧНА МІНЕРАГРАФІЯ.
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

для магістрів спеціальності 103 «Науки про Землю»

**Дніпро
2021**

Рекомендовано до видання навчально-методичним відділом (протокол № 4 від 06.04.2021) за поданням науково-методичної комісії зі спеціальності 103 Науки про Землю (протокол № 4 від 09.03.2021).

Рузіна М.В.

Технологічна мінераграфія. Методичні рекомендації до лабораторних робіт для магістрів спеціальності 103 Науки про Землю [Електронний ресурс] / М.В. Рузіна, І.В. Жильцова, Н.В. Білан, О.А. Терешкова. – Д.: НТУ «ДП», 2021. – 45 с. Режим доступу: <http://nmu.org.ua> (дата звернення: 08.04.2021).

Автори:

М.В. Рузіна (розділи 1-5)

І.В. Жильцова (розділ 1)

Н.В. Білан (розділ 3)

О.А. Терешкова (розділ 4)

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 «Технологічна мінераграфія».

Наведено теоретичні відомості щодо визначення фізичних властивостей рудоутворюючих мінералів різних промислових типів руд і продуктивних мінеральних парагенезисів, обґрунтування технологічних типів руд, виявлення сприятливих та несприятливих для процесу збагачення структур та типів зрощень мінералів. Методичні рекомендації розкривають методи реконструкції процесів перетворення мінеральної сировини та оцінку їх впливу на процес збагачення руд. Крім того, розглянуті методи прогнозування проблем процесу збагачення руд для оптимізації технологічного процесу їх переробки. 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

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Методичні рекомендації з підготовки та виконання лабораторної роботи №1 «Діагностика мінеральних компонентів руд заліза при збагаченні».....	6
2. Методичні рекомендації з підготовки та виконання лабораторної роботи №2 «Діагностика мінеральних компонентів залізо-титанових окисних руд при збагаченні».....	16
3. Методичні рекомендації з підготовки та виконання лабораторної роботи №3 «Текстурно-структурний аналіз руд золота, заліза та хрому при збагаченні».....	21
4. Методичні рекомендації з підготовки та виконання лабораторної роботи №4 «Визначення мінерального складу хромвміщуючих вогнетривів (хромшпінелідних, периклаз-хромітових) та сировини для їх виготовлення».....	31
5. Методичні рекомендації з підготовки та виконання лабораторної роботи №5 «Вивчення мінерального складу сировини продуктів металургійного виробництва».....	36
Висновки.....	41
Рекомендовані джерела інформації.....	42
Додаток 1 Загальні вимоги до оформлення звіту з лабораторної роботи.....	43
Додаток 2 Титульний аркуш (приклад оформлення).....	44

ВСТУП

Дисципліна «Технологічна мінераграфія» вивчається магістрами спеціальності 103 «Науки про Землю», об'єднує навички ряду дисциплін, пов'язаних з процесом досліджень речовинного складу рудних корисних копалин.

Об'єкт досліджень – речовинний склад та текстурно-структурні особливості руд різних промислових типів та продуктів їх збагачення на різних стадіях технологічного процесу.

Мета досліджень – отримання магістрами навичок технологічної оцінки якості промислових типів руд та обґрунтування оптимальних схем збагачення мінеральної сировини.

Для досягнення поставленої мети в лабораторії рудної мікроскопії Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» (НТУ «ДП») проводиться вивчення колекцій промислових типів руд, продуктів різних стадій збагачення корисних копалин та продуктів техногенного синтезу.

Основні завдання досліджень:

- визначення фізичних властивостей рудоутворюючих мінералів різних промислових типів руд;
- обґрунтування технологічних типів руд;
- визначення продуктивних мінеральних парагенезисів;
- виявлення сприятливих та несприятливих для процесу збагачення структур та типів зрощень мінералів;
- оволодіння методами реконструкції процесів перетворення мінеральної сировини та оцінка їх впливу на процес збагачення руд;
- оволодіння методами прогнозування проблем процесу збагачення руд для оптимізації технологічного процесу їх переробки.

За допомогою методу технологічної мінераграфії може бути встановлений мінералогічний склад руди, визначені текстурно-структурні особливості та розроблені рекомендації з технологічної оцінки рудних корисних копалин.

Технологічна мінераграфія являє собою розділ рудної мікроскопії, що вивчає властивості руд стосовно до процесу їхнього збагачення. Дослідження мінералів у відбитому світлі як і раніше залишаються найбільш часто застосовуваним і легко доступним методом вивчення руд.

Крім низької собівартості, мінераграфія володіє рядом особливостей, що визначають її актуальність. При вирішенні більшості завдань, пов'язаних з вивченням речовинного складу руд, мінераграфія застосовується як метод, що передує іншим, більш високотехнологічним дослідженням.

Технологічна мінераграфія має винятково важливе значення при вивченні перспектив збагачуваності руд і вибору схем їхньої технологічної переробки. При розробці оптимальної схеми збагачення корисної копалини необхідно знати якісний і кількісний мінералогічний склад, форму, розміри мінеральних зерен і характер їхніх зрощень як у вихідних рудах і концентратах, так і у проміжних продуктах збагачення. Ці дані дозволяють визначити оптимальну крупність дроблення, і в цілому дозволяють контролювати хід процесу збагачення корисної копалини.

Для вирішення завдань дисципліни процес засвоєння дисципліни передбачає вивчення мінералогії, петрології, кристалографії, геохімії, фізичної хімії, фізики та геології корисних копалин.

У цих методичних рекомендаціях представлений цикл лабораторних робіт, в яких розглядаються основні методи, що застосовуються для вивчення речовинного складу руд, продуктів їх збагачення та переробки 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 руд різних промислових типів комплексом методів для вирішення проблем, пов'язаних з процесом збагачення руд.

Зміст лабораторних робіт повністю відповідає спеціальним компетентностям освітньо-професійної програми магістрів, розробленої в НТУ «Дніпровська політехніка»:

- володіння сучасними методами досліджень, які використовуються у виробничих та науково-дослідницьких організаціях під час вивчення Землі, її геосфер та їхніх компонентів;

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

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

**Методичні рекомендації з підготовки та виконання
лабораторної роботи №1 «Діагностика мінеральних
компонентів руд заліза при збагаченні»**

Об'єкт досліджень: технологічна оцінка якості залізних руд.

Предмет досліджень: мінеральний, хімічний склад, фізичні властивості рудоутворюючих компонентів, текстурно-структурні особливості, продуктивні мінеральні парагенезиси.

Мета та задачі:

Метою лабораторної роботи є закріплення теоретичних знань, які були викладені в курсі «Технологічна мінераграфія » при вивченні тем «Промислові типи руд та продуктивні мінеральні парагенезиси», «Визначення технологічних властивостей рудних мінералів в процесі збагачення руд», «Особливості діагностики головних типів руд для технологічної оцінки»

До завдань досліджень входить вивчення теоретичного матеріалу, визначення за оптичними діагностичними властивостями мінералів руд заліза з обґрунтуванням можливих проблем їх збагачення та підтвердженням результатів досліджень.

Для виконання лабораторної роботи студенти отримують шліфи, аншліфи з конкретного родовища залізу, результати хімічного аналізу руди та визначають мінеральний склад, текстурно-структурні особливості руди, використовуючи відомі їм методи досліджень.

Підсумком виконаної роботи є повна характеристика рудоутворюючих мінералів, результати парагенетичного та текстурно-структурного аналізу руди, обґрунтування факторів, які впливають на процес збагачення залізних руд.

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

Результати навчання:

В результаті виконання лабораторної роботи магістранти повинні вміти визначати речовинний склад залізних руд, продуктивні мінеральні парагенезиси, вміти визначати сприятливі та несприятливі для процесу збагачення текстурно-структурні особливості, знати характерні проблеми процесу збагачення мінеральної сировини даного типу та надавати рекомендації для оптимізації технологічних схем її переробки.

Теоретичні положення та методичні рекомендації щодо процесу досліджень технологічної мінераграфії залізних руд:

Для виконання роботи магістри отримують аншліфи, шліфи, аншліф-брикети, які виготовлені з різних типів залізних руд та залістих кварцитів Криворізького залізорудного басейну.

Багаті залізні руди Криворізького басейну характеризуються наступними головними різновидами [1]:

1. Мартитові та гематит-мартитові.
2. Мартит-гематит-дисперсногематит-гідрогетитові.
3. Гематит-дисперсногематит-гідрогетитові.
4. Магнетитові та магнетит-залізнослюдкові.

Мінеральний склад руд першого типу характеризується наявністю мартиту, реліктового гематиту, в незначній кількості – реліктового магнетиту, дисперсного гематиту, карбонатів, хлориту, серициту, піриту, глинистих мінералів, кварцу, апатиту.

Для руд другого типу крім головних рудоутворювальних мінералів характерними є серицит, кварц, глинисті мінерали, алуніт, сфен.

В рудах третього типу крім головних рудоутворювальних мінералів присутні, хлорит, карбонати, каолінит та інші глинисті мінерали.

В рудах четвертого типу крім магнетиту та залізної слюдки присутні амфіболи (куммінгтоніт, грюнерит, рибекіт), егірин, біотит, альбіт, кварц, карбонати, хлорит, пірит, піротин, халькопірит. Вміст заліза в багатих рудах Криворізького басейну – 54-64%, шкідливих домішок у вигляді S 0,03-0,15%, та P – 0,04-0,26%.

Магнетит в рудах та залістих кварцитах присутній у вигляді декількох генерацій [1,2,3]:

1. Магнетит I – осадово-метаморфічний, зустрічається у вигляді ідіоморфних зерен і агрегатів розміром 0,03-0,1 мм, іноді більших ідіо- та ксенобластів.

2. Магнетит II – псевдоморфози магнетита по гематиту (мушкетовіт) – утворюється при лужному метасоматозі, має таблитчастий і пластинчатий вигляд (рис. 1.1).

3. Магнетит III – рекристалізаційний, у вигляді дрібно- та тонкозернистих, рідше округлої форми індивідів з переважанням крупності менше 0,03 мм, що утворились при рекристалізації магнетиту I.

4. Магнетит IV – тонко- і дрібнозернистий, пов'язаний з трансформаційними змінами силікатів в умовах лужного середовища.

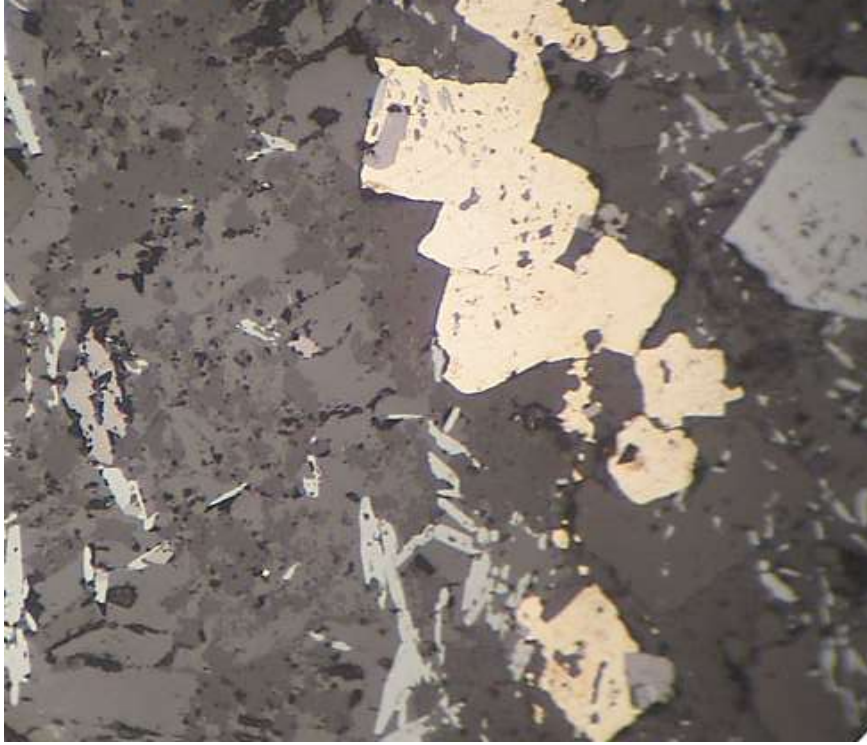


Рис. 1.1 – Магнетит II генерації (мушкетовіт) з метакристаллами піриту та тонколускуватим гематитом. Аншліф, зб. 90

Гематит в рудах також відрізняється морфологічними особливостями, розмірами індивідів і характером взаємовідносин з іншими рудоутворювальними мінералами.

За генетичними особливостями виділені наступні типи гематиту – первинний, псевдоморфний (мартит), цементаційний та метасоматичний (спекулярит), залізна слюдка.

Гематит характеризується пластинчастим виглядом кристалів. Пластинки ідіоморфні і мають виражене орієнтування з шаруватості. Морфологічні особливості різних генерацій гематиту наступні:

Гематит I – тонколускуватий (рис. 1.2), в основному поширений серед незмінених метасоматозом гематит-магнетитових і магнетитових кварцитів.

Гематит II – псевдоморфози по магнетиту (мартит, рис. 1.3) – пов'язаний з процесом лужного метасоматозу і розвинений головним чином в магнетит-гематитових кварцитах. У зоні окислення широко розвинений мартит гіпергенного походження.

Гематит III – цементаційний, у вигляді крупнолукуватих виділень, суцільних агрегатів, цементує магнетитові зерна і утворився в результаті лужного метасоматозу. Кількість цементаційного гематиту істотно зростає в магнетит-гематитових кварцитах, що призводить до збільшення кількості рудних багатих зростків, які складаються з гематиту і магнетиту, що підвищує якість концентрату.

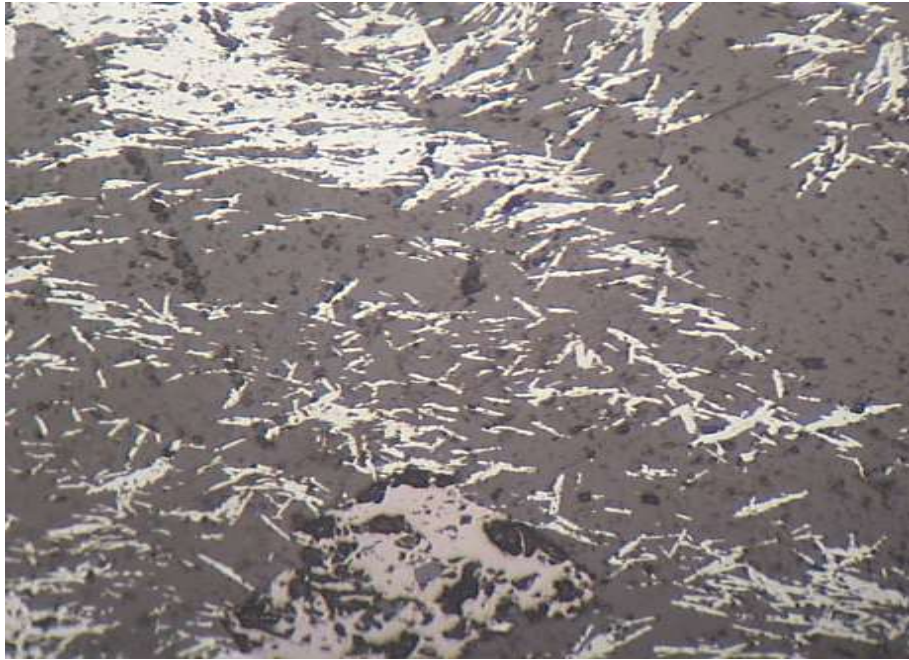


Рис. 1.2 – Тонколукуватий гематит I генерації з магнетитом в залізистому кварциті. Аншліф, зб.45

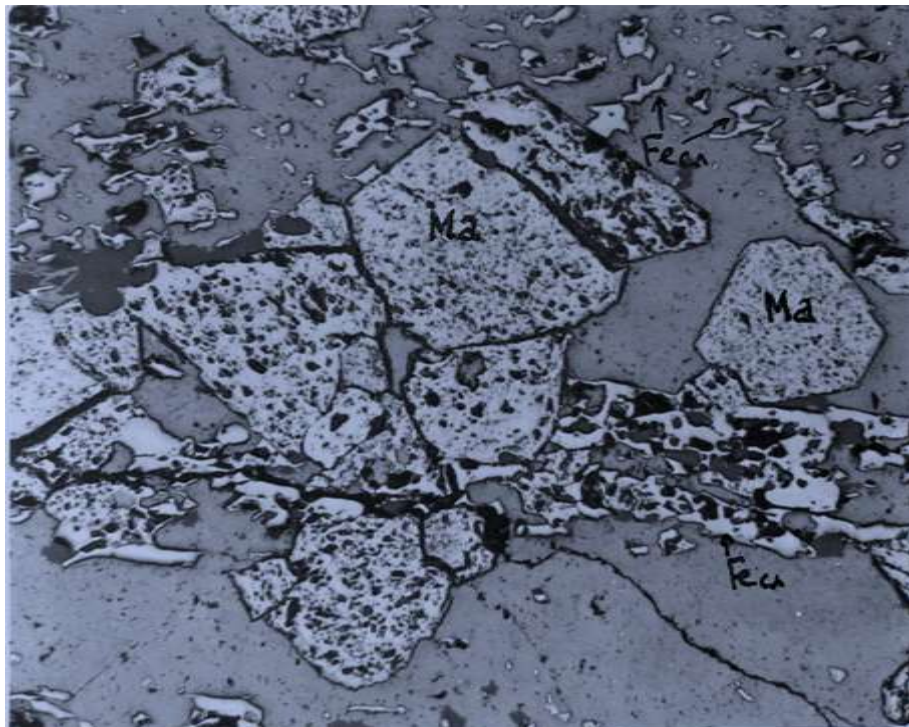


Рис. 1.3 – Розвиток цементаційного гетиту (сірий) у кварц-гетит-залізолюдково-мартитовій руді. Ma – мартит, Fe_{сл} – залізна слюдка, чорне – пори, ніколі II. Аншліф, зб. 70

Мартит в рудах утворює псевдоморфози заміщення по кристалах первинного магнетиту (рис. 1.3), успадковує його блокові, гіллясто-блокові, стрічкоподібні, іноді вкраплені агрегати в рудних прошарках. В залежності від інтенсивності заміщення магнетиту гіпергенним мартитом, процес мартитизації супроводжується появою та поступовим збільшенням кількості лускуватих кристалів залізної слюдки, які також псевдоморфно заміщують первинні октаедричні кристали магнетиту. В процесі мартитизації заміщення кристалів та агрегатів магнетиту відбувається в напрямку від периферії до центру. Агрегати мартиту характеризуються підвищеною пористістю та низькою механічною міцністю у зв'язку з виносом заліза.

Залізна слюдка зустрічається переважно в нерудних прошарках залізистих кварцитів та характеризується дрібними лускуватими включеннями в кварцових прошарках (рис. 1.2, 1.3). У складі мартит-залізнослюдкових і залізнослюдко-мартитових кварцитів таблитчасті, пластинчасті та лускуваті кристали залізної слюдки відзначаються не тільки в нерудних, але й у рудних прошарках. Вони характеризуються значно більшим розміром – від 0,02 до 1,0 мм.

Гетит є результатом гіпергенного заміщення всіх залізозмісних мінералів вихідних залізистих кварцитів. Він зустрічається у складі речовини заповнення тріщин, порожнин, прожилків, рідше розвивається внаслідок метасоматичного заміщення нерудних мінералів (силікатів, карбонатів, кварцу), іноді – як результат заміщення рудних мінералів (мартит, залізна слюдка, реліктовий магнетит). Гетит в рудах характеризується радіально-променистими, концентрично-зональними агрегатами голчастих кристалів та агрегатами прихованокристалічної структури.

Кварц – головний нерудний мінерал залізних руд та залізистих кварцитів, він є основним компонентом нерудних прошарків і в кількості до 30-40% присутній у рудних прошарках. Кварц представлений ксеноморфними індивідами розміром до 0,3 мм (рис. 1.4). У нерудних прошарках індивіди кварцу містять пойкилобласти залізної слюдки, рідше мартиту та дисперсного гематиту.

Однією з головних причин, що знижують вміст заліза в концентраті, є наявність в рудах та залізистих кварцитах складних структур зрощень магнетиту з рудними та нерудними мінералами за типом пойкилітових і мірмекітоподібних мікроструктур, перш за все з кварцом. Внаслідок варіативності змін природної гранулометрії індивідів і мінеральних агрегатів магнетиту і, як наслідок, утворення складних типів зрощень з нерудними мінералами ускладнюється і процес розкриття мінеральних зерен при подрібненні.

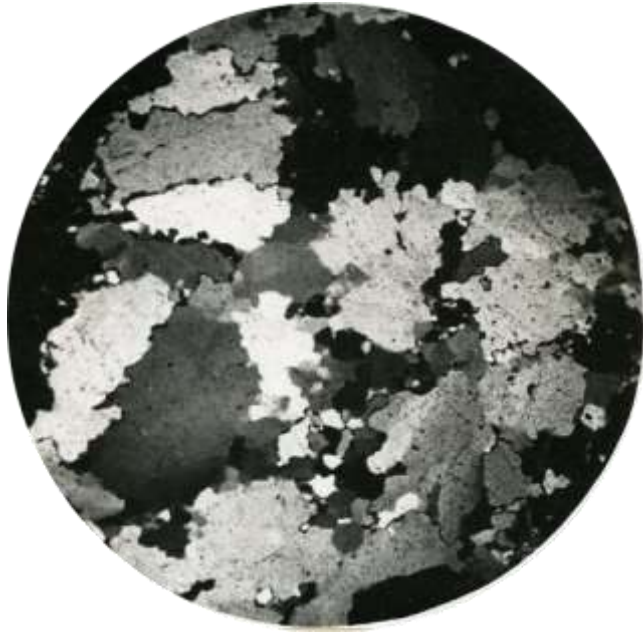


Рис. 1.4 – Жильний кварц. Гетерогранобластова зубчаста структура. Січна жилка кварцу в щільній кварц-мартитовій руді.
Зб. 30, ніколи +

Особливо непередбачуваними для процесу збагачення є пойкилітові зрощення (рис. 1.5). Наявність тонких і дрібних включень нерудних мінералів в рудних навіть при дуже тонкому подрібненні практично не дозволяє відокремити нерудні включення від рудних. Як наслідок, формується значна кількість зростків, що містять до 50% рудної речовини у вигляді пойкилітових зрощень з кварцом. В процесі тонкого подрібнення поділ таких зростків на рудні і нерудні компоненти є неможливим, оскільки вони визначають низьку контрастність магнітних властивостей.

Процес мартитизації також призводить до виникнення досить складних зрощень мартиту з магнетитом. В процесі мартитизації відбувається перш за все формування дрібних індивідів гематиту на гранях октаєдрів магнетиту, на ранніх стадіях – на ділянках дефектів кристалів, а згодом – із розростанням окремих індивідів в напрямку окремо з супутнім виносом залізу, що фіксується також за підвищеною пористістю мінеральних агрегатів і формуванням «шагреневої» поверхні гематитових зерен. Часто псевдоморфози мартиту містять релікти магнетиту і магеміту, іноді відзначається супутня лімонитизація. Значна частина пор зацементована мінеральними сумішами різного складу [2].

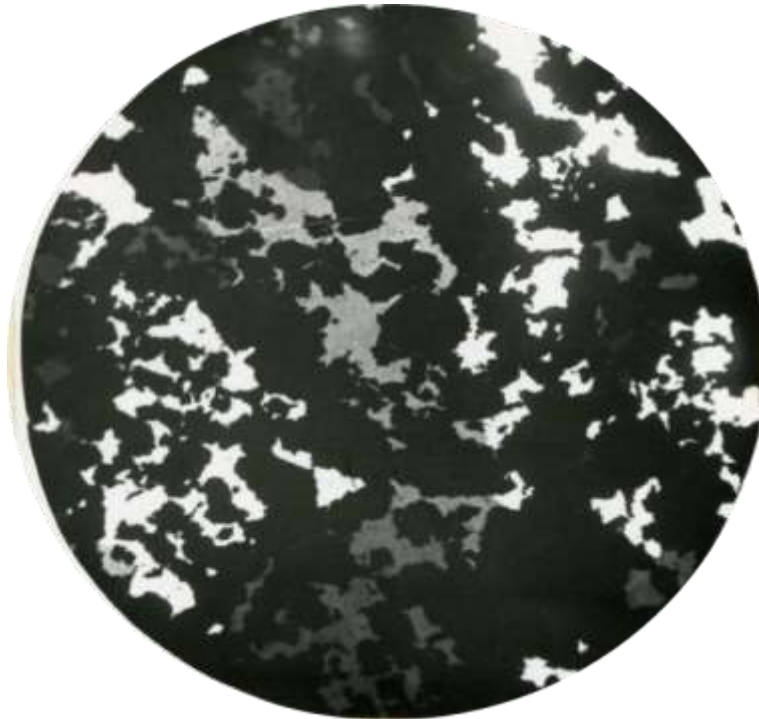


Рис. 1.5 – Пойкілітовий кварц. Структура цементу проростання в окварцьованій мартитовій руді. Шліф, зб. 90

Метасоматичні перетворення порід і руд також часто ускладнюють процес збагачення. Егіринізація є достатньо поширеним метасоматичним процесом і розвивається переважно по магнетит-кумінгтонітовим і магнетит-карбонатним породам, а також по магнетит-амфіболовим кварцитам. Егірин зустрічається у вигляді довгопризматичних кристалів і короткостовбчастих індивідів. У деяких випадках за егірином розвивається рибекіт.

У зонах егіринізації магнетит завжди менших розмірів і частіше утворює мірмекітоподібні зрощення з егірином; ступінь ідіоморфізму магнетиту менше, ніж в слабо змінених метасоматозом ділянках залізистих кварцитів.

З довгопризматичними зернами егірину зазвичай зустрічаються ксеноморфні дрібні індивіди й агрегати магнетиту. З менш розвиненими короткостовбчастими егіринами контактує крупнозернистий ідіоморфний магнетит, який утворює з ним в основному субідіоморфні зрощення.

У ділянках інтенсивної рибекітизації спостерігається поділ зерен магнетиту на окремі дрібні ксеноморфні індивіди. Зерна карбонату в зонах лужного метасоматозу заміщуються егірином (рис. 1.6).



Рис. 1.6 – Смугастий магнетитовий егіриніт зони лужного метасоматозу. Аншліф, зб. 90

Вихідні породи в процесі егіринізації формують лінзоподібні поклади, що досягають потужності в кілька метрів, а по простяганню і падінню простежуються на десятки метрів. Егіриніти представляють собою щільні, зазвичай грубосмугасті породи, в яких прошарки егірину чергуються з прошарками порід різної компетентності, збагаченими магнетитом, амфіболом і карбонатом; крім цих мінералів, присутні лужні амфіболи, смарагдово-зелена і червоно-бура магнезіально-залізна слюда, рідше – кварц, альбіт, пірит. У прошарках хлоритових сланців іноді утворюються істотно альбітові породи. У числі новостворених мінералів присутні спекулярит, мушкетовіт, метакристали піриту (рис. 1.7), родусіт і кросіт. Іноді відзначається секретійна форма виділення рибекіту в формі січних і згодних прожилків. Досить поширеним компонентом зон лужного метасоматозу слід вважати епігенетичні карбонати, які заміщують кварц, кумінгтоніт, егіриніт, рибекіт, спекулярит і утворюють парагенетичну асоціацію з метакристалами піриту і мушкетовіту.

Іноді відзначається секретійна форма виділення рибекіту в формі січних і згодних прожилків. Досить поширеним компонентом зон лужного метасоматозу слід вважати епігенетичні карбонати, які заміщують кварц, кумінгтоніт, егіриніт, рибекіт, спекулярит і утворюють парагенетичну асоціацію з метакристалами піриту і мушкетовіту.

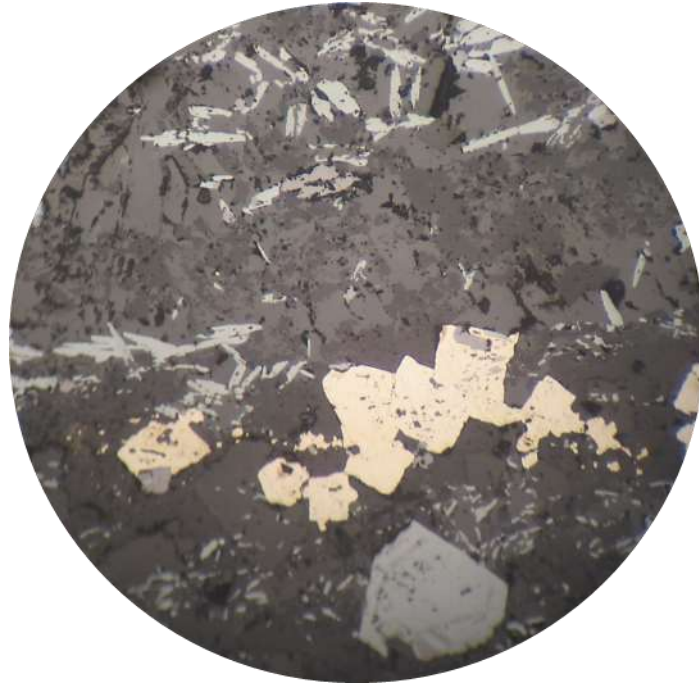


Рис. 1.7 – Метакристали піриту, мушкетовіт та спекулярит в залізістому кварциті. Аншліф, зб. 70

Гідрокси́ди залі́за представле́ні в основно́му гетито́м, гідро́гетито́м, лепідокрокіто́м і сумі́шами вищевказаних мінералі́в. При цьо́му добре сформова́ні кристали зустрі́чаються рідко, частіше формую́ться різні мінеральні агрегати: суцільні і петельчасті, радіально-променисті, натічні і охристі. Відзначається розвиток псевдоморфоз заміщення по магнетиту, силікатам, карбонатам і в міжзерновому просторі кварцових і рудних мінеральних зерен за типом сидеронітової і інтерстиціальної мікроструктур.

При заміщенні силікатів формуються глинисто-гідроокисні плівки різного складу (іноді з дисперсним гематитом), які також ускладнюють процес збагачення руд заліза.

Питання для підготовки до захисту лабораторної роботи:

1. Охарактеризуйте головні різновиди багатих залізних руд Криворізького басейну.
2. Охарактеризуйте генерації магнетиту в залізних рудах.
3. Охарактеризуйте різновиди гематиту, які є характерними для промислових типів руд заліза.
4. Які особливості мінерального складу руд заліза негативно впливають на процес їх збагачення?

5. Охарактеризуйте вплив мартитизації на процес збагачення руд заліза.
6. Охарактеризуйте вплив пойкилітових структур на процес збагачення руд заліза.

Зміст і оформлення звіту

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

1. Вступ.
2. Обґрунтування методів досліджень.
3. Визначення мінерального складу, текстурно-структурних особливостей та обґрунтування проблем процесу збагачення залізних руд.
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, типів зрощень, розмірів, будови мінеральних зерен, опис оптичних характеристик, вторинних перетворень вихідних руд.

Надається обґрунтування можливих проблем процесу збагачення руд та рекомендації щодо їх вирішення.

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 рудоутворюючих мінералів, визначення продуктивних мінеральних парагенезисів, корисних мінералів та мінералів-носіїв шкідливих домішок.

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

**Методичні рекомендації з підготовки та виконання
лабораторної роботи №2
«Діагностика мінеральних компонентів
залізо-титанових окисних руд при збагаченні»**

Об'єкт досліджень: технологічна оцінка якості залізо-титанових окисних руд.

Предмет досліджень: мінеральний, хімічний склад, фізичні властивості рудоутворювальних компонентів, текстурно-структурні особливості, продуктивні мінеральні парагенезиси.

Мета та задачі:

Метою лабораторної роботи є закріплення теоретичних знань, які були викладені в курсі «Технологічна мінераграфія» при вивченні тем «Промислові типи руд та продуктивні мінеральні парагенезиси», «Визначення технологічних властивостей рудних мінералів в процесі збагачення руд», «Особливості діагностики головних типів руд для технологічної оцінки».

До завдань досліджень входить вивчення теоретичного матеріалу, визначення за оптичними діагностичними властивостями мінералів залізо-титанових руд з обґрунтуванням можливих проблем збагачення та підтвердженням результатів досліджень.

Для виконання лабораторної роботи студенти отримують шліфи, аншліфи з конкретного родовища, результати хімічного аналізу руди та визначають мінеральний склад, текстурно-структурні особливості руди, використовуючи відомі їм методи досліджень.

Підсумком виконаної роботи є повна характеристика рудоутворювальних мінералів, результати парагенетичного та текстурно-структурного аналізу руди, обґрунтування факторів, які впливають на процес збагачення залізо-титанових окисних руд.

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

Результати навчання:

В результаті виконання лабораторної роботи магістранти повинні вміти визначати речовинний склад залізо-титанових руд, продуктивні мінеральні парагенезиси, вміти визначати сприятливі та несприятливі для процесу збагачення текстурно-структурні особливості, знати характерні проблеми процесу збагачення мінеральної сировини даного типу та надавати рекомендації для оптимізації технологічних схем її переробки.

Теоретичні положення та методичні рекомендації щодо процесу досліджень технологічної мінераграфії залізо-титанових окисних руд:

Головні рудні мінерали залізо-титанових окисних руд представлені магнетитом, титаномагнетитом та ільменітом. Відзначається присутність гематиту і сульфідів. Головні нерудні мінерали – піроксен (ромбічний і моноклінний), олівін. Вторинні нерудні мінерали – серпентин, тальк, хлорит, актиноліт, рогова обманка, епідот, кальцит та ін. У процесі збагачення руд даного типу можливі ускладнення в процесі здрібнювання у зв'язку з тісною асоціацією мінералів [2,3].

Відособлені зерна ільменіту, що легко піддаються збагаченню (рис. 2.1а), у рудах даного типу зустрічаються в різко підлеглий кількості стосовно титаномагнетиту. Крім того, відособлений ільменіт у даних рудах і сам часто містить вrostки магнетиту (магнетитоільменіт), шпінелі та ульвошпінелі.

Характерна риса титаномагнетитових руд даного типу – більшість складових основних рудних мінералів формують так звані структури розпаду твердих розчинів, тобто пластинчасті та ґратчасті мікропроростання магнетиту (або гематиту) в ільменіті, які спостерігаються на мікроскопічному рівні при дослідженні у відбитому світлі.

Формування структур розпаду твердих розчинів відбувається в результаті зміни фізико-хімічних умов, що існували в момент формування руди. У нових умовах ранні складні мінеральні сполуки стають нестійкими та розпадаються на більш прості мінерали.

Таким чином, частина компонентів, що входять до складу первинних рудних мінералів у вигляді твердого розчину або ізоморфної домішки, при спаді температури відокремлюється у вигляді самостійних сполук.

У випадку присутності відособлених зерен ільменіту та магнетиту в грубозернистому мінеральному агрегаті (рис. 2.1а), дані мінерали можуть бути легко розділені магнітним способом після дроблення.

Однак відособлені зерна ільменіту та магнетиту в окисних титаномагнетитових рудах мають підлегле поширення й у складі переважає титаномагнетит, тобто тонкі взаємні проростання ільменіту та магнетиту.

У випадку структур тісного зрощення ільменіту з магнетитом (рис. 2.1б), здійснити чисто механічний поділ мінералів практично неможливо. Ці дані підтверджуються і результатами рентгено-структурного аналізу магнітної фракції досліджуваних руд, зокрема високим вмістом у складі магнітної фракції поряд з магнетитом і гематитом також ільменіту, що можливо тільки у випадку збережених зрощень вищевказаних мінералів після збагачення.

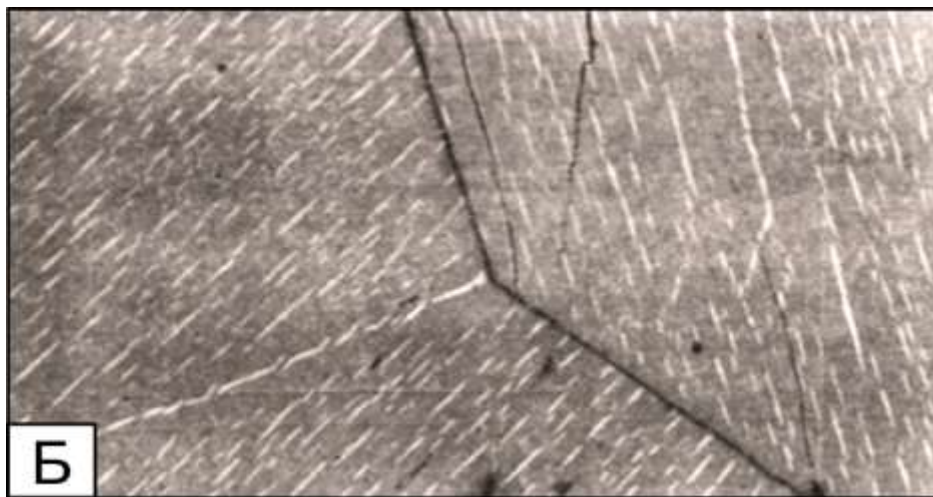
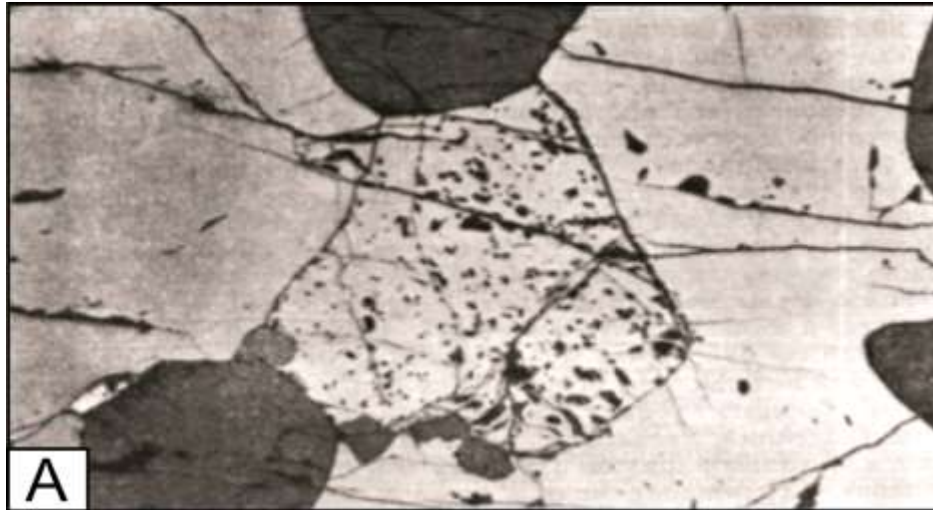


Рис. 2.1 – Варіанти структур зрощення ільменіту з магнетитом у титаномагнетитових рудах [2]:

А – відособлені зерна рудоутворюючих мінералів (легко збагачувані, з вільним ільменітом і магнетитом – менш розповсюджені в титаномагнетитових рудах);

Б – тісні зрощення ільменіту та магнетиту (важко збагачувані, якщо титаномагнетит переважає) – найпоширеніші в титаномагнетитових рудах, локалізованих в ультрабазитових масивах.

До числа ускладнюючих властивостей руд даного типу відносяться також структури тісних зрощень магнетиту із силікатами та заміщення первинних мінералів вторинними (серпентинізація та уралітизація), що призводить до утворення графічних структур зрощення магнетиту з

нерудними мінералами, практично не підлягаючими поділу відповідно до класифікації структур руд у зв'язку зі збагаченням.

Згідно з даними Б.І. Пирогова [2], із серпентинізованих руд подібного типу навіть при дуже тонкому здрібнюванні (до 0,044 мм) не одержують кондиційні концентрати. Ізоморфні домішки та тонкі вростки продуктів розпаду твердих розчинів, потрапляючи в залізорудний концентрат, з однієї сторони знижують вміст у ньому заліза, а з іншої збільшують вміст TiO_2 , MgO та ін.

Таким чином, зниження вмісту заліза в концентратах окисних титано-магнетитових руд обумовлено наступними ускладнюючими властивостями руди:

1) присутністю титаномагнетиту в якості головного рудоутворюючого мінералу, що складається з тонких взаємних зрощень ільменіту та магнетиту за типом структур розпаду твердих розчинів, практично не підлягаючих механічному поділу. Ізоморфні домішки та тонкі вростки продуктів розпаду твердих розчинів, потрапляючи в залізорудний концентрат, з однієї сторони знижують вміст у ньому заліза, а з іншого боку, збільшують вміст TiO_2 та інших домішок;

2) наявністю графічних та емульсійних структур зрощення рудних мінералів з нерудними, у результаті чого в складі рудного концентрату зберігаються зростки рудних мінералів з нерудними, що також знижує вміст заліза та підвищує вміст інших домішок (MgO , SiO_2 та ін.) в рудах.

Питання для підготовки до захисту лабораторної роботи:

1. Охарактеризуйте головні типи текстур та структур, які є сприятливими та несприятливими для процесу збагачення залізо-титанових окисних руд.
2. Охарактеризуйте мінеральний склад залізо-титанових окисних руд .
3. Які особливості мінерального складу залізо-титанових руд обумовлюють зниження вмісту заліза в концентратах?
4. Охарактеризуйте вплив серпентинізації та уралітизації на процес збагачення залізо-титанових руд.
5. Охарактеризуйте вплив структур розпаду твердих розчинів на процес збагачення залізо-титанових окисних руд.

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 складу, текстурно-структурних особливостей та обґрунтування проблем процесу збагачення залізо-титанових окисних руд.
 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 та текстурно-структурних особливостей руд. Дається повна характеристика форм мінеральних виділень, типів зрощень, розмірів, будови мінеральних зерен, опис оптичних характеристик, вторинних перетворень вихідних руд та результатів текстурно-структурного аналізу.

Надається обґрунтування можливих проблем процесу збагачення руд та рекомендації щодо їх вирішення.

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 рудоутворюючих мінералів, визначення продуктивних мінеральних парагенезисів, корисних мінералів та мінералів-носіїв шкідливих домішок, обґрунтування впливу текстурно-структурних особливостей руд на процес їх збагачення.

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

**Методичні рекомендації з підготовки та виконання
лабораторної роботи №3
«Текстурно-структурний аналіз руд золота, заліза та хрому
при збагаченні»**

Об'єкт досліджень: вплив текстурно-структурних особливостей руд золота, заліза та хрому на процес збагачення.

Предмет досліджень: мінеральний, хімічний склад, фізичні властивості рудоутворювальних компонентів, жильних мінералів, які вміщують зруденіння, текстурно-структурні особливості, продуктивні мінеральні парагенезиси, проблеми процесу збагачення.

Мета та задачі:

Метою лабораторної роботи є закріплення теоретичних знань, які були викладені в курсі «Технологічна мінераграфія» при вивченні тем «Визначення технологічних властивостей рудних мінералів в процесі збагачення руд», «Особливості діагностики головних типів руд для технологічної оцінки»

До завдань досліджень входить вивчення теоретичного матеріалу, визначення за оптичними діагностичними властивостями мінералів руд золота, заліза та хрому з обґрунтуванням можливих проблем збагачення та підтвердженням результатів досліджень.

Для виконання лабораторної роботи студенти отримують аншлифи руд золота, заліза та хрому, результати хімічного аналізу руд та визначають мінеральний склад, текстурно-структурні особливості руди, використовуючи відомі їм методи досліджень.

Підсумком виконаної роботи є повна характеристика рудоутворюючих мінералів, результати парагенетичного та текстурно-структурного аналізу руд, обґрунтування факторів, які впливають на процес збагачення руд золота, заліза та хрому.

Лабораторне обладнання: мікроскопи рудні поляризаційні ПОЛАМ Р-312, АЛЬТАМІ ПОЛАР Р-312

Результати навчання:

В результаті виконання лабораторної роботи магістри повинні вміти визначати речовинний склад руд золота, хрому, залізу та порід, які вміщують зруденіння, вміти визначати проблеми процесу збагачення мінеральної сировини за результатами визначення продуктивних мінеральних парагенезисів, типів зрощень рудних та жильних мінералів,

текстурно-структурного аналізу руд та надавати рекомендації для оптимізації технологічних схем переробки.

Теоретичні положення та методичні рекомендації щодо процесу досліджень:

Текстури та структури руд при якісній технологічній оцінці підрозділяються на **сприятливі** та **несприятливі** для збагачення.

Сприятливі для збагачення структури та текстури – це форми зрощень мінералів, які обумовлюють максимальний витяг корисного компонента при збагаченні.

Несприятливі для збагачення структури та текстури руд – це форми зрощень мінералів, при яких неминучі значні втрати кошовних компонентів або неможливе їхнє відділення від непромислових мінералів.

Руди, у яких переважають однорідні текстури, не вимагають попереднього збагачення за умови відсутності мінералів-носіїв шкідливих домішок.

Руди з неоднорідними текстурами (плямистою, вкрапленою, нодулярною), подовженими (смугастою, прожилковою), катакластичними збагачуються в основному легко.

Руди, у яких промислові мінеральні агрегати є цементуючими, збагачуються із втратами корисних компонентів.

Брекчієподібні та кокардові текстурні зрощення мінеральних агрегатів несприятливі для збагачення.

Мінеральні агрегати руд по співвідношенню крупності зерен підрозділяються на рівномірнoзернисті та нерівномірнoзернисті.

Рівномірнoзернисті агрегати мінералів є сприятливими для збагачення, а нерівномірнoзернисті агрегати ускладнюють процес збагачення.

В залежності від розмірів зерен всі руди та складові їхні мінеральні агрегати ділять на 5 груп:

- грубoзернисті з величиною зерен у діаметрі більше 2 мм;
- середньoзернисті – від 2 до 0,2 мм;
- дрібнозернисті – від 0,2 до 0,02 мм;
- тонкозернисті – від 0,02 до 0,002 мм;
- субмікроскопічні та колоїдно-дисперсні з величиною часток менше 0,002 мм.

У процесі флотації полімінеральних руд, у яких спостерігаються метаколоїдні мікротекстури витяг промислових мінералів у концентрат відбувається із більшими втратами, а іноді поділ мінералів неможливий. У таких агрегатах відзначаються надзвичайно тонкі зрощення рудоутворюючих мінералів (величина прихованокристалічних і колоїдно-

дисперсних часток промислових мінералів в агрегатах становить тисячні та десяті частки міліметра).

Пухкі, порошокваті різновиди руд є несприятливими для збагачення.

До числа текстурно-структурних особливостей руд, що ускладнюють процес збагачення, відносяться корозійні текстури та структури, оскільки для таких зрощень найбільш характерні бухтоподібні контакти зерен, зазубрені границі, графічні форми зрощень, прожилкові виділення мінералів.

Найбільш несприятливими для процесів збагачення є руди зі структурами розпаду твердих розчинів, пойкилітовими та пойкилобластичними структурами.

Ефективність процесу збагачення залежить від особливостей мінеральних зерен. Зерна, що мають чисту поверхню в процесі флотації не викличуть ускладнень. При цьому зерна мінералів, поверхня яких покрита сторонньою речовиною, можуть викликати істотні ускладнення. Покриття (плівки) на поверхні зерен заважають витягу, тому частина мінералів може піти у хвости.

Плівки на поверхні мінеральних зерен характерні для родовищ окислених руд. Плівки окислів щільно обволікають зерна та перешкоджають контакту флотуючих речовин із зернами промислово цінних мінералів. Часте окислювання руд відбувається на місці їхнього зберігання. Наприклад, галеніт по периферії та по тріщинах спайності перетворюється в англезит або церусит. Халькопірит і багато мінералів, що вміщують мідь, покриваються плівками куприту або малахіту, що перешкоджають витягу міді флотуючими реагентами, які вводять, розраховуючи на неокислені мінерали.

У деяких рудах тонкі оболонки гідроокислів та окислів заліза, що покривають золото, перешкоджають ціанізації. Як правило, оболонки на поверхні мінеральних зерен, обумовлені глибинними процесами, однак іноді вони можуть виникати в процесі збагачення в результаті окислювання деяких мінералів заліза при здрібнюванні. Подібні перетворення характерні для піротину та марказиту.

Значні труднощі викликає процес технологічної переробки руд із зон вторинного сульфідного збагачення. У поліметалевих рудах зерна галеніту можуть бути оточені облямівками ковеліну, що утрудняє витяг галеніту та повний поділ міді та свинцю.

Ступінь окислювання може по-різному впливати на властивості мінералів. Ступінь окислювання ільменіту в родовищах прибережно-морських розсипів знижує його магнітну сприйнятливість. Окислювання магнетиту, який вміщує титан, знижує його магнітну сприйнятливість і створює проблеми поділу магнетиту та ільменіту.

Структурний і мінералогічний аналізи необхідно проводити як контроль на різних стадіях процесу збагачення. Особливо ефективно їхнє

застосування на початкових стадіях здрібнювання. У процесі збагачення мінералогічний склад руд у процесі обробки змінюється, тому структурний і мінералогічний аналіз вихідних руд і продуктів технологічної переробки дозволить скорегувати процес збагачення.

Промислові **родовища золота** зазвичай представлені невеликими кількостями розсіяного самородного металу або золото-срібних сплавів. Варіації мінерального складу руд, які містять самородне золото, можуть бачити представлені таким чином [3]:

- високий вміст кварцу і сульфідів, які не мають промислового значення;

- невисокий вміст кварцу при значній кількості сульфідів, які не мають промислового значення (пірит, піротин, арсенопірит);

- наявність сульфідів цінних кольорових металів (мідь, свинець, цинк), а також сульфідів сурми і миш'яку та інші варіанти.

Незважаючи на те, що найбільші частки золота можуть бути відокремлені від маси жильних мінералів, значна частина виділяється з руд шляхом розчинення в ціаністому розчині (ціанізація) та амальгамі ртуті (амальгамація). Для поділу за питомою вагою частки золота необхідно звільнити від жильних мінералів; для ціанізації та амальгамації золото має бути розкрито, щоб забезпечити вплив ціаністому розчину або ртуті. Іноді в рудах золото розподіляється уздовж кордонів зерен і тріщин (рис. 3.1). Така руда може піддаватися ціануванню після (або під час) дроблення завдяки тенденції розколюватися уздовж тріщин або меж зерен.

У деяких рудах золото міститься у вигляді включень в певному мінералі (пірит, арсенопірит, рис. 3.2). У таких випадках даний мінерал можна концентрувати шляхом флотації і тільки його піддати тонкому подрібненню або випалу для вивільнення золота.

У тому випадку, коли для вилучення золота необхідно застосовувати ціанізацію, особливо важливим є проведення мікроскопічних досліджень для виявлення шкідливих домішок.

Процес розчинення залежить від відповідної подачі кисню; піротин, марказит і деякі пірити споживають кисень, затримуючи процес.

Антимоніт, сульфід міді, деякі пірити і арсенопірит можуть розчинятися в ціаністому розчині, що призводить до надмірної витрати ціаніду, а іноді і до повторного осадження золота.

Таким чином, концентрація шкідливих мінералів може мати значний вплив на ефективність процесу ціанізації, у зв'язку з чим може виникнути необхідність їх видалення за допомогою флотації перед ціанізацією.

Деякі мінерали також несприятливо можуть впливати на процес амальгамації (енаргіт, реальгар, антимоніт, тетраедрит, піротин, арсенопірит і пірит реагують з амальгамою).

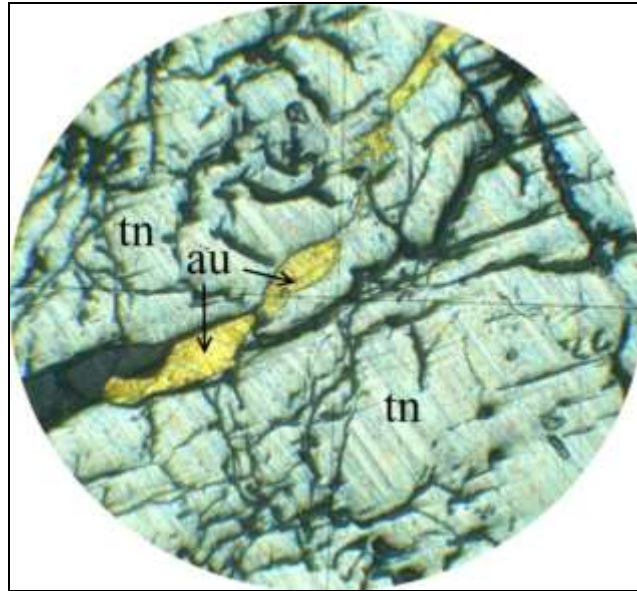


Рис. 3.1 – Розвиток золота по тріщині в руді.

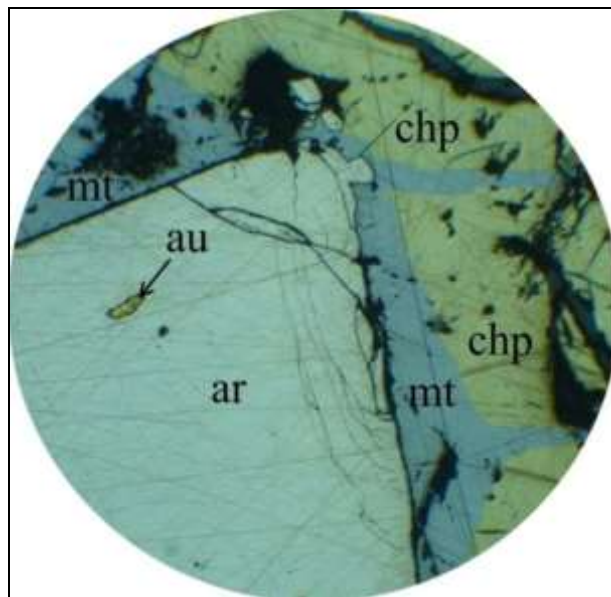


Рис. 3.2 – Включення золота (au) в арсенопіриті (ar) з облямівкою магнетиту (mt) та халькопіриту (chp)

Проблеми переробки руд золота також можуть бути обумовлені наявністю плівок на поверхні частинок золота (наприклад, оксидів заліза). Наявність плівок може призводити до втрат золота під час поділу мінералів, особливо коли використовується магнітний процес для видалення окисних забруднень, з якими золото також може бути видалено.

Наявність окисних плівок також може перешкоджати розчиненню золота, якщо не видалити їх в процесі подрібнення.

Деякі плівки на поверхні частинок золота, які перешкоджають розчиненню, також можуть утворюватися в процесі переробки руд.

При збагаченні руд золота важливим аспектом є також вивчення хвостів збагачення для з'ясування причин зниження ефективності процесу збагачення руд.

У процесі збагачення **руд заліза** однією з головних причин, що ускладнюють підвищення вмісту заліза в концентраті, є формування в рудах (і в залізистих кварцитах) складних структур зрощення магнетиту з нерудними мінералами за типом пойкилітових і мірмекітоподібних мікроструктур, в основному з кварцом [2,3]. Внаслідок варіативності змін природної гранулометрії індивідів і мінеральних агрегатів магнетиту і, як наслідок, утворення складних типів зрощень з нерудними мінералами ускладнюється і процес розкриття мінеральних зерен при подрібненні.

Особливо непередбачуваними для процесу збагачення є пойкилітові зрощення. Наявність тонких і дрібних включень нерудних мінералів в рудних навіть при дуже тонкому подрібненні (до 95% класу 0,074 або 0,05) практично не дозволяє відокремити нерудні включення від рудних [2,3]. Як наслідок, формується значна кількість зростків, що містять до 50% рудної речовини у вигляді пойкилітових зрощень з кварцом. В процесі тонкого подрібнення поділ таких зростків на рудні і нерудні компоненти неможливий, оскільки вони обумовлюють низьку контрастність магнітних властивостей.

Гематит в залізних рудах також відрізняється морфологічними особливостями, розмірами індивідів і характером взаємовідносин з іншими рудоутворюючими мінералами (рис. 3.3).

Процес мартитизації призводить до виникнення досить складних зрощень мартита з магнетитом. Процес мартитизації характеризується перш за все формуванням дрібних індивідів гематиту на гранях октаєдрів магнетиту, на ранніх стадіях – на ділянках дефектів кристалів, а, згодом – із розростанням окремих індивідів в напрямку окремоті з супутнім виносом заліза, що фіксується також за наявністю підвищеної пористості мінеральних агрегатів і формуванням «шагреневої» поверхні гематитових зерен, яка добре помітна у відбитому світлі (рис. 3.3). Часто псевдоморфози мартита містять релікти магнетиту і магеміту, іноді відзначається супутня лімонітизація.

При цьому, чим грубіше рельєф, тим більш неправильна форма зерен фіксується у мартита. Часто значна частина пір зацементована мінеральними сумішами різного складу.

Гідроксиди заліза представлені в рудах в основному гетитом, гідрогетитом, лепідокрокітом і сумішами вищевказаних мінералів. При цьому добре сформовані кристали зустрічаються рідко, частіше формуються різні мінеральні агрегати: петельчасті, радіально-променисті, натічні і охристі (рис. 3.4, 3.5).

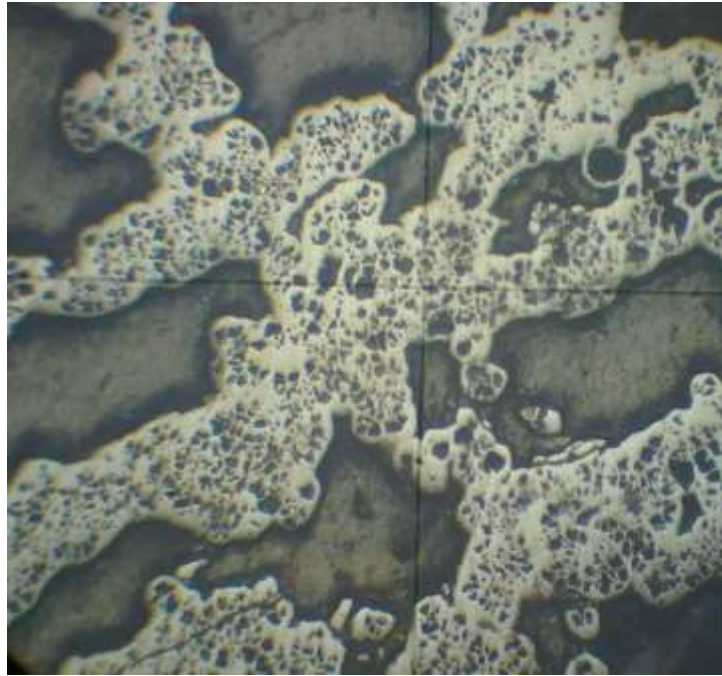


Рис. 3.3 – Розвиток мартиту в залізній руді (зрощення з кварцом).
Аншлиф, нік II, зб. 90



Рис. 3.4 – Чарункова мікротекстура гетит-гідрогетитових агрегатів в руді. Аншлиф, зб.90.

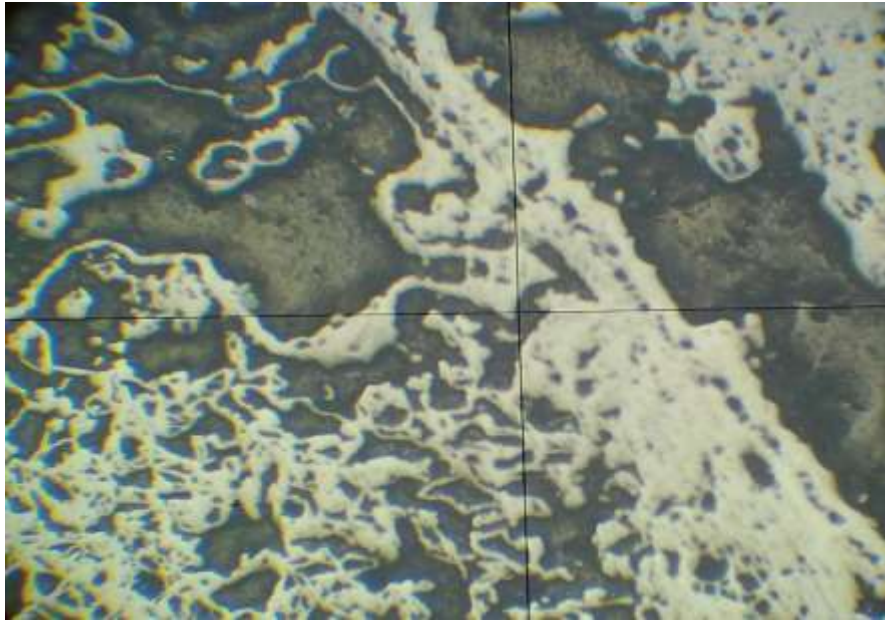


Рис. 3.5 – Петельчасто-прожилкова мікротекстура агрегатів гетита в руді. Аншліф, зб.100

Відзначається розвиток псевдоморфоз заміщення по магнетиту, силікатам, карбонатам і в міжзерновому просторі кварцових і рудних мінеральних зерен за типом сидеронітової та інтерстиціальної мікроструктур.

З кварцом та іншими нерудними мінералами гідроксиди заліза часто формують петельчасті, прожилкові, коломорфні структури з формуванням складних мінеральних зрощень (рис. 3.5).

Основні різновиди гетитових мінеральних утворень наступні:

- суцільні агрегатні виділення;
- сферолітові та радіально-променисті утворення;
- натічні утворення з концентрично-зональною будовою.

Проблеми збагачення лімонітизованих різновидів залежать, перш за все, від морфологічних особливостей мінеральних утворень. За результатами попередніх технологічних досліджень [2] встановлено, що променисті мінеральні агрегати гетиту, які характеризуються більш низькими значеннями питомої магнітної сприйнятливості в порівнянні з ізометричними, витягуються гірше. Часто гідроксиди заліза утворюють тонкодисперсні мінеральні агрегати, що містять домішки різних мінералів, нерідко глиністих, які в значній мірі ускладнюють процес збагачення.

У **хромітових рудах** основним мінералом, що має промислове значення є хроміт FeCr_2O_4 , часто присутній в силікатній породоутворюючій масі у вигляді мономінеральних ідіоморфних та гіпідіоморфних зерен, які в процесі дроблення можуть бути легко відділені від силікатної маси (рис. 3.6). При цьому недостатній вміст мінералу в

концентраті може бути обумовлений тісним зрощенням хроміта з нерудними мінералами або варіаціями в його складі [3]. Структури тісних зрощень виникають внаслідок дроблення зерен хроміту з подальшим заміщенням його серпентином по тріщинах.

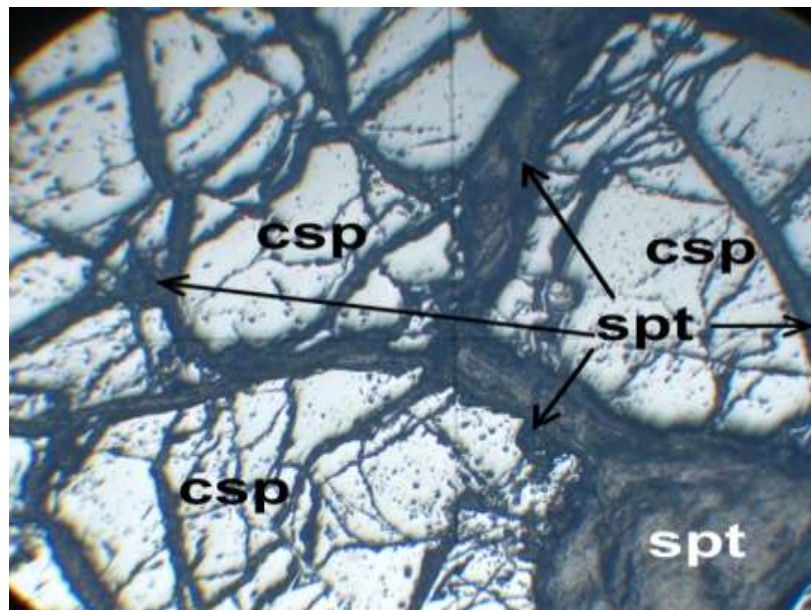


Рис. 3.6 – Заміщення хроміта (csp) по тріщинах серпентином (spt) в хромітовій руді. Аншліф, нік II, зб. 90

Зміни в складі хроміту виникають при заміщенні Cr^{3+} на Fe^{3+} і Al^{3+} в хроміті, склад якого може змінюватися навіть в межах одного зерна, що призводить до нерівномірного, зонального розподілу вмісту хрому (рис. 3.7).

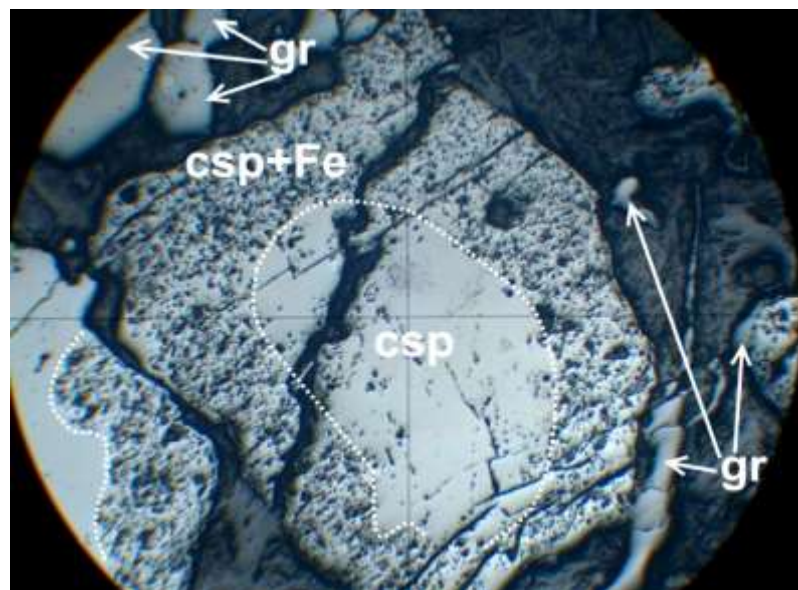


Рис. 3.7 – Зональний розподіл концентрацій хрому та заліза в хромітовій руді. Аншліф, нік II, зб. 90

Питання для підготовки до захисту лабораторної роботи:

1. Охарактеризуйте головні типи текстур та структур, несприятливих для процесу збагачення руд.
2. Охарактеризуйте мінеральний склад руд золота.
3. Які особливості мінерального складу руд заліза впливають на процес їх збагачення?
4. Охарактеризуйте вплив мартитизації на процес збагачення руд заліза.
5. Охарактеризуйте морфологічні особливості гематиту залізних руд.
6. Охарактеризуйте основні різновиди гетитових мінеральних утворень в рудах заліза.
7. Охарактеризуйте вплив пойкилітових структур на процес збагачення руд заліза.
8. Які особливості складу хроміту впливають на процес збагачення хромітових руд?

Зміст і оформлення звіту

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

1. Вступ.
2. Обґрунтування методів досліджень.
3. Визначення мінерального складу, текстурно-структурних особливостей та обґрунтування проблем процесу збагачення руд певних промислових типів.
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, типів зрощень, розмірів, будови мінеральних зерен рудних та жильних мінералів, опис оптичних характеристик, вторинних перетворень вихідних руд.

Надається обґрунтування можливих проблем процесу збагачення руд в залежності від речовинного складу та текстурно-структурних особливостей та рекомендації щодо їх вирішення.

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 рудоутворюючих та жильних мінералів, визначення продуктивних мінеральних парагенезисів, корисних мінералів та мінералів-носіїв шкідливих домішок, текстурно-структурних особливостей, які впливають на процес збагачення руд.

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

Методичні рекомендації з підготовки та виконання лабораторної роботи №4 «Визначення мінерального складу хромвміщуючих вогнетривів (хромшпінелідних, периклаз-хромітових) та сировини для їх виготовлення»

Об'єкт досліджень: оцінка діагностичних властивостей мінеральних компонентів хромвміщуючих вогнетривів та сировини для їх виготовлення

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

Мета та задачі

Метою запропонованої лабораторної роботи є закріплення теоретичних знань, отриманих в курсі «Технологічна мінераграфія» при вивченні теми «Парагенетичний та текстурно-структурний аналіз головних промислових типів руд та продуктів металургійного виробництва».

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

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

Результати навчання:

В результаті виконання лабораторної роботи магістри повинні вміти визначати речовинний склад хромвміщуючих вогнетривів, визначати та обґрунтовувати можливі проблеми технологічного процесу переробки мінеральної сировини для виготовлення вогнетривів та надавати рекомендації для оптимізації технологічних схем переробки.

Теоретичні положення та методичні рекомендації щодо виконання роботи:

Хромвміщуючі вогнетриви є різновидом технічного каміння (вогнетриви, сплави, та ін.), мінеральної продукції, що отримують з природної мінеральної сировини промисловим способом і в великих обсягах. Технічний камінь отримують з гірських порід і мінералів шляхом термічного та хімічного впливу.

Хромвміщуючими вогнетривами називаються вироби, виготовлені із суміші хроміту і магнезиту, взятих в рівних співвідношеннях.

Сировиною для виробництва вогнетривів даного складу є хромітові руди (рис. 4.1). Хроміт є твердим розчином різних шпінелідів. Залежно від вмісту різних окислів існують різновиди хроміту, що визначаються як хромшпінеліди. Всі вони кристалізуються в кубічній сингонії. Основні різновиди – магнопикотит, магнохроміт, магнохромпикотит, магноферіхроміт, магноферріхромпикотит, феропикотит, ферохроміт, хромпикотит, пікотит і ряд інших різновидів.

За фізичними властивостями хромшпінеліди відносяться до напівметалевих сполук. За зовнішнім виглядом – чорні, з металевим блиском мінерали, немагнітні. Магнітні властивості спостерігається у мінералів, багатих Fe_2O_3 . Забарвлення хромшпінелідів явно спостерігається в тонких шліфах. Зі зміною товщини шліфа воно різко змінюється. Зерна хромшпінелідів по периферії і тріщинах часто мають непрозорі облямівки.

Хромвміщуючі вогнетриви виготовляють з хромітової руди і спеченого магнезиту такого ж складу, як і для виробництва магнезитових вогнетривів. Кількість хромітової руди, що вводиться в шихту, змінюється від 30 (магнезітохромітові вогнетриви), (хроммагнезитові вогнетриви), до 90% і більше – хромітові вогнетриви [9].

Розмір зерен хроміту, що вводяться в шихту – 3-5 мм. При випалюванні спочатку з'являються найтонші голчасті зерна гематиту. При 1000° відзначається поява окису хрому. Якщо в шихті міститься не більше 30% хромшпінеліду, то він при високій температурі повністю поглинається периклазом. На швидкість реакції впливає розмір зерен хромшпінеліду.

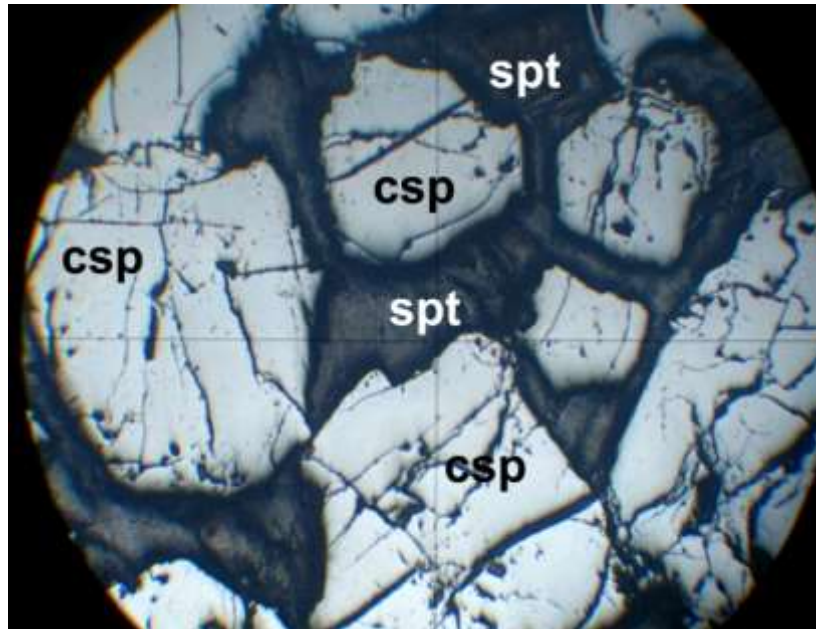


Рис. 4.1 – Хромітова руда (csp – хромшпінелід, spt - хроміт).
Аншлиф, зб. 90

Під мікроскопом видно, що вогнетрив складається з периклазу, хромшпінеліду і силікатів.

У зерен периклазу – неправильна та округла форма. Розмір варіює від 0,02 до 0,05 мм. Периклаз входить до складу сполучної маси, а також формує окремі ізометричні ділянки, розміром до 1 мм, що складаються з щільно прилеглих зерен по типу полігональної структури. Забарвлення периклазу змінюється в межах шліфа від коричневого до помаранчевого. Поблизу зерен шпінеліду периклаз темно-бурий, а в зоні контакту з хромшпінелідом практично непрозорий.

Зерна хромшпінеліду незграбної та неправильної форми, зазвичай розбиті мережею тріщин на окремі ділянки. Деякі зерна непрозорі, а деякі просвічують темно-червоним кольором. У периферійній частині і по тріщинах спостерігається чорна непрозора облямівка.

Для виконання даної лабораторної роботи магістрам надається шліф, аншлиф (або аншлиф-брикет), виготовлений з хромвміщуючих вогнетривів, в якому необхідно провести діагностику складових технічних мінералів за їх оптичними, фізичними і хімічними властивостями. Необхідно також провести оцінку якості вихідної сировини для виробництва вогнетривів і виконати дослідження шліфів та аншлифів порід, які використовувалися як сировина для виготовлення вогнетривких виробів.

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 200 г 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 та 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. Непрозорі мінерали вивчають в аншліфах та аншліф-брикетах (рис. 4.2).



Рис. 4.2 – Аншліф-брикет технічного каменю.

Схема дослідження шліфа вогнетрива

1 етап. Визначення діагностичних властивостей прозорих мінералів у технічному камені. Визначення діагностичних властивостей прозорих мінералів відбувається оптичним способом на мікроскопах типу МІН-8, ПОЛАМ Р-312 і 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 коноскопічні 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 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.).

Питання для підготовки до захисту лабораторної роботи:

1. Охарактеризуйте мінеральний склад хромвміщуючих вогнетривів
2. Які зміни у мінеральному складі хромвміщуючих вогнетривів відбуваються в процесі випалювання?
3. Які особливості вогнетривів після служби слід враховувати при визначенні особливостей їх речовинного складу?
4. Охарактеризуйте основні етапи вивчення мінерального складу вогнетривів.
5. Охарактеризуйте склад сировини для виготовлення хромвміщуючих вогнетривів.

Зміст і оформлення звіту

Звіт лабораторної роботи виконується на аркушах білого паперу формату А4 в друкованому вигляді (додаток 1) та в електронному вигляді. 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, мікроскопічні дослідження з визначенням діагностичних ознак природних та техногенних мінералів та текстурно-структурних особливостей).
5. Характеристика методів дослідження.
6. Опис досліджень (діагностичних властивостей природних та техногенних мінералів, структурних особливостей, характерних

мінеральних парагенезисів, вторинних перетворень, вмісту мінералів в препараті).

7. 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 хромвміщуючих вогнетривів та повна характеристика текстурно-структурних особливостей з прогнозуванням імовірних проблем технологічного процесу виготовлення вогнетривів.

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

Методичні рекомендації з підготовки та виконання лабораторної роботи №5 «Вивчення мінерального складу сировини продуктів металургійного виробництва»

Об'єкт досліджень: оцінка діагностичних властивостей мінеральних компонентів продуктів металургійного виробництва.

Предмет досліджень: мінеральний, хімічний склад, технологічні властивості компонентів продуктів металургійного виробництва.

Мета та задачі

Метою запропонованої лабораторної роботи є закріплення теоретичних знань, отриманих в курсі «Технологічна мінераграфія» при вивченні теми «Вивчення мінерального складу продуктів металургійного виробництва».

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

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

Результати навчання:

В результаті виконання лабораторної роботи магістри повинні вміти визначати речовинний склад продуктів металургійного виробництва, визначати та обґрунтовувати можливі проблеми технологічного процесу переробки сировини.

Теоретичні положення та методичні рекомендації щодо виконання роботи:

Для виконання лабораторної роботи використовуються препарати досліджень (аншліф-брикети), виготовлені з продуктів металургійного виробництва (агломерати).

У складі залізорудного агломерату визначені і вивчені наступні мінерали [4]:

1. Окисли – гематит, магнетит, магеміт, ферити кальцію, потрійні ферити, вюстит.
2. Сульфіди – троїліт.
3. Силікати – мінерали ізоморфних рядів монтічеліт-ферромонтічеліт, діопсид-геденбергіт, ранкініт двокальцієвий силікат.

Труднощі процесу діагностики вищевказаних мінералів в агломераті полягають в тому, що кожен з мінералів здатний формувати цілий ряд твердих розчинів і кристалізуватися в різних генетичних і морфологічних різновидах. Рудні компоненти є основними складовими компонентами агломерату.

Гематит присутній практично у всіх видах залізорудного агломерату. Вміст його залежить від умов процесу спікання, зокрема, від складу газової фази. З ростом окисного потенціалу газової фази збільшується вміст гематиту [4].

Гематит в залізорудних агломерату зустрічається у вигляді трьох основних різновидів:

- залишкових зерен вихідної гематитової руди;
- новоутворень, у вигляді псевдоморфоз по магнетиту, які сформувалися в результаті вторинного окислення в момент охолодження готового агломерату;
- новоутворень, що з'явилися в процесі перекристалізації вихідного гематиту в пластичному і рідкому станах.

Остаточний гематит аналогічний природному гематиту (рис. 5.1) і представлений тріщинуватими кусковими агрегатами зі структурою

вихідної руди, іноді – роз'єднаними залишковими зернами, зануреними в масу новоутворених мінералів. Наявність залишкового гематиту свідчить про швидке проведення процесу спікання і нестачу тепла в шарі для завершення процесу перекристалізації шихти. Наявність шматків залишкової гематитової руди обумовлює зниження міцності агломерату.

Новостворений гематит (псевдоморфози по магнетиту) має більш різноманітні форми виділення. Даний різновид гематиту, що утворився в процесі охолодження агломерату, утворює часткові або повні псевдоморфози по вихідним і новоствореним зернам магнетиту, кристалізуючись по найбільш доступним кристалографічним напрямкам. Максимальна кількість вторинного гематиту даного різновиду зосереджена в верхніх, не до кінця спечених зонах, де він приурочений до пухких зерен вихідного магнетитового концентрату [4].

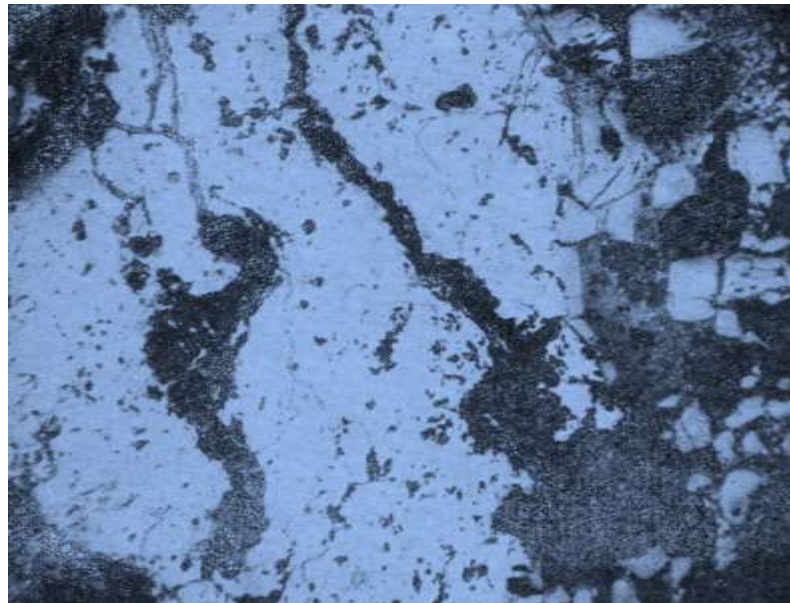


Рис. 5.1 – Зерна гематиту в агломераті, залишкові від процесу спікання, тріщинуваті зі структурою вихідної руди [4].
Аншліф, зб. 300.

Найбільш рідкісним різновидом гематиту в виробничому агломераті є новоутворення з рідкого і пластичного стану. При тривалих витримках і повільному охолодженні зони спікання гематит спостерігається у вигляді таблитчастих кристалів.

При швидких змінах нагріву і охолодження, властивих процесу агломерації, тонкі кристали гематиту формують дендритоподібні скупчення, що заповнюють весь простір такої ділянки агломерату (рис. 5.2)



Рис. 5.2 – Дендритоподібні утворення гематиту [4]. Аншліф, зб. 300

Магеміт в агломераті є продуктом вторинного окислення. Характеризується обмеженим поширенням і зустрічається в основному у верхніх або крайових частинах агломерату, тобто в місцях, найбільш доступних для проходження повітря.

Магеміт в агломераті формує повні або часткові псевдоморфози по магнетиту, іноді формує ореоли навколо стовпчастих кристалів гематиту.

Магнетит в залізорудному агломераті зустрічається в різних генетичних і морфологічних різновидах, кожен з яких відповідає певній стадії процесу спікання (рис. 5.3).

Основні форми виділення магнетиту [4]:

1. Кускові фрагменти вихідної руди.
2. Продукти встановлення гематиту в твердій фазі.
3. Кристали, які сформувались в результаті перетворення рудних компонентів шихти в пластичному стані.
4. Форми виділень із залізо-силікатного расплаву.

Залишковий магнетит спостерігається в агломераті у вигляді зерен неправильної форми, які оплавлені по контурах і мають структуру, аналогічну структурі спікаємої руди.

У процесі спікання гематитових руд процес агломерації відбувається з твердофазним відновленням вихідного гематиту до магнетиту. При цьому новостворений магнетит розвивається по периферії зерен гематиту.

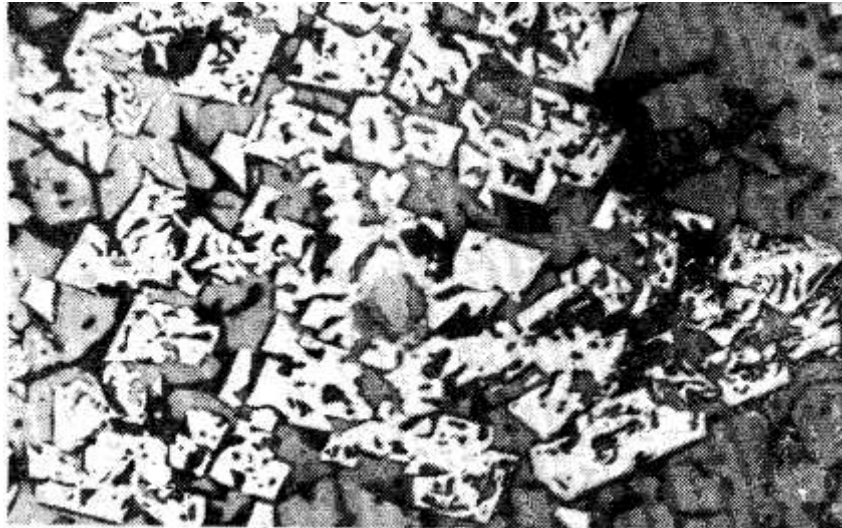


Рис. 5.3 – Новоутворені кристали магнетиту в агломераті.
Аншліф, зб.200.

Рудна частина готового агломерату в процесі спікання проходить перетворення в пластичному стані. Для даного процесу характерна наявність новоутворень магнетиту у вигляді ідіоморфних кристалів, рівномірно розсіяних в масі агломерату.

На ділянках агломерату, для яких характерний надлишок тепла, формуються дендритові і глобулярні скупчення магнетиту.

Для магнетиту, який проходить стадію перетворення в пластичному або рідкому стані, характерне утворення твердих розчинів (магнетит з домішкою герциніту, магнезіоферриту, франклініту, якобсіту).

Крім вищевказаних основних рудних мінералів у складі агломерату зустрічаються феррити кальцію, потрійні феррити, вюстит (FeO), троїліт (FeS) та ін. Присутні також монтічеліт, феромонтічеліт, ранкініт, меліліт, мінерали ряду діопсид-геденбергіт та ін.

Питання для підготовки до захисту лабораторної роботи:

1. Охарактеризуйте мінеральний склад рудних компонентів промислового агломерату.
2. Які зміни у мінеральному складі агломерату відбуваються в процесі спікання?
3. Які різновиди гематиту спостерігаються у складі агломерату?
4. Охарактеризуйте морфологічні та генетичні форми виділення магнетиту в агломераті.
5. При яких умовах технологічного процесу формуються дендритоподібні кристали рудних мінералів?

Зміст і оформлення звіту

Звіт лабораторної роботи виконується на аркушах білого паперу формату А4 в друкованому вигляді (додаток 1) та в електронному вигляді. Обсяг тексту 5-10 сторінок. Робота складається з наступних розділів:

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

ВИСНОВКИ

У результаті виконання лабораторних робіт з дисципліни «Технологічна мінераграфія» магістри повинні:

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

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

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Пирогов Б.И., Пирогова В.В. Минералогическое исследование железных и марганцевых руд. – М.: Недра, 1973. – 213 с.
2. Крейг Дж., Воган Д. Рудная микроскопия и рудная петрография. – М.: Мир, 1983. – 423 с.
3. Рудна мікроскопія з основами технологічної мінераграфії / Навчальний посібник. 2012. – М.В Рузіна., Д.В. Яцина, І.В. Жильцова – 229 с.
4. Малышева Т.Я. Петрография железорудного агломерата. – М.: Наука, 1969. – 168 с.
5. 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». – 121с. – 2015р.
6. Грицаенко Г.С., Рудницкая Е.С., Горшков А.И. Электронная микроскопия минералов. Аппаратура, методы исследования и техника препарирования. – М.: АН СССР, 1961. – 131 с.
7. Диагностические свойства рудных минералов / С.А. Юшко, О.Е. Юшко-Захарова, С.И. Лебедева, И.Е. Максимюк. – М.: Недра, 1969. – 214 с.
8. Исаенко М.П., Афанасьева Е.Л. Лабораторные методы исследования руд. – М.: Недра, 1992. – 254 с.
9. Карякин Л.И. Петрография огнеупоров. – Харьков: Изд-во лит-ры по черной и цветной металлургии, 1962. – 314 с.
10. Волостнов А.В., Таловская А.В. Методы исследования вещественного состава природных объектов: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Методы исследования вещественного состава природных объектов» для студентов, обучающихся по специальности 020804 «Геоэкология» / А.В. Волостнов, А.В. Таловская – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 16 с.
11. Перепелицын В.А. Основы технической минералогии и петрографии. – М.: Недра, 1987. – 255 с.
12. Лебедева С.И. Определение микротвердости минералов. – М.: изд-во Академии наук СССР, 1963. – 123 с.
13. Мальцев М.В. Металлография промышленных цветных металлов и их сплавов. – М.: Металлургия, 1970. – 367 с.
14. Методические основы исследования химического состава горных пород, руд и минералов. / Под ред. Г. В. Остроумова. – М.: Недра, 1979. – 400 с.
15. Методы минералогических исследований. Справочник. / Под ред. А.И. Гинзбурга. – М.: Недра, 1985. – 480 с.
16. Модель М.С., Лядова В.Я, Чугунова Н.В. Ферритообразование в железорудном сырье. – М.: Наука, 1990. – 151с.
17. Недома И. Расшифровка рентгенограмм порошков. – М.: Металлургия, 1975. – 56 с.

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.

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 №

з дисципліни «**Технологічна мінераграфія**»

Виконав (ла): студент (ка) групи 103-20-1
Узунова О.А.

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

Дніпро, 2021

Навчальне видання

Рузіна Марина Вікторівна
Жильцова Ірина Вікторівна
Білан Наталія Валеріївна
Терешкова Ольга Анатоліївна

**ТЕХНОЛОГІЧНА МІНЕРАГРАФІЯ.
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**
для магістрів спеціальності 103 Науки про Землю

В редакції авторів

Підписано до видання 08.04.2021.
Електронний ресурс. Авт. арк. ____.

Підготовлено до виходу в світ
у Національному технічному університеті
«Дніпровська політехніка».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19