

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Кафедра геології та екології

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи
за ступенем вищої освіти «бакалавр»
зі спеціальності 103 Науки про Землю ОПП Геологія

Тема роботи
**«Прикладна мінералогія грубозернистого відсіву дробарно-сортувальної
фабрики шахти «Тернівська» (Криворізький залізорудний басейн)»**

Виконав здобувач групи НЗГ-22
Науковий керівник
Нормоконтролер
В.о. завідувача кафедри

Кирило СИЧ
Олександр ТРУНІН
Олександр ТРУНІН
Світлана ПАНОВА

Кривий Ріг
2026

Криворізький національний університет

Гірничо-металургійний факультет

Кафедра геології та екології

Ступінь вищої освіти: перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Спеціальність: 103 Науки про Землю ОПІ Геологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри _____ Світлана ПАНОВА

«____» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну (бакалаврську) роботу

Сича Кирила Андрійовича

1.Тема: **«Прикладна мінералогія грубозернистого відсіву дробарно-сортувальної фабрики шахти «Тернівська» (Криворізький залізорудний басейн)».**

Затверджена наказом по КНУ № 107с від « 19 лютого » 2026 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи: « 09 » червня 2026 р.

3. Вихідні дані по кваліфікаційній бакалаврській роботі: літературні відомості про геологічні особливості продуктивної товщі родовища шахти «Тернівська» багатої гематитової руди; 20 рядових проб, з яких були виготовлені прозорі й поліровані шліфи для подальшого мікроскопічного дослідження.

4. Зміст пояснювальної записки: літературні відомості щодо геологічної характеристики родовища, результати мінералого-петрографічного вивчення руд і вмісних порід родовища, що складають матеріал грубозернистого відсіву ДСФ шахти «Тернівська», результати проведених технологічних досліджень, узагальнення отриманих результатів.

5. Перелік графічного матеріалу: геологічний план рудного поля родовища шахти «Тернівська» в межах горизонту -1425 м.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та по-сада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	проф. А.А. Березовський	20.02.2026	11.03.2026
2	доц. О.М. Трунін	12.03.2026	21.04.2026
3	доц. О.М. Трунін	22.04.2026	04.06.2026

7. Календарний план

Етапи роботи	Термін виконання
Написання розділу 1. Геологічна будова родовища шахти «Тернівська».	20.02 – 11.03.2026
Написання розділу 2. Мінералогія вихідної сировини.	12.03 – 21.04.2026
Написання розділу 3. Дослідження процесу збагачення гематитових кварцитів родовища, як некондиційної гематитової руди (хвости ДСФ).	22.04 – 04.06.2026
Написання розділів «Реферат», «Вступ», «Висновки», «Список використаних джерел».	05.06 – 09.06.2026

Дата видачі завдання « 20 » лютого 2026 р.

Завдання видав
науковий керівник

Олександр ТРУНІН

Завдання отримав
здобувач

Кирило Сич

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 47 стор., 18 рис., 4 табл., 3 літературних джерела.

Об'єкт досліджень: грубозернистий відсів дробарно-сортувальної фабрики (ДСФ) шахти «Тернівська» Криворізького басейну.

Мета роботи: мінералого-петрографічне вивчення матеріалу грубозернистого відсіву ДСФ як некондиційної залізорудної сировини з розглядом технологічної можливості подальшого одержання з нього агломераційного концентрату.

Методи досліджень: геологічний, мінералогічний, технологічний, хімічний.

Перша частина містить інформацію про загальні відомості, стратиграфію, тектоніку, геологічну структуру, гіпогенні й гіпергенні процеси та корисні копалини родовища.

Грубозернистий відсів ДСФ є відходом збагачення гематитових руд, які видобуваються на шахті «Тернівська». Крупність вихідного матеріалу 10-100 мм, середній вміст заліза близько 40 мас. %. Два головних мінерали відсіву - кварц (близько 50 об'ємн. %) і гематит (близько 35%). Інші мінерали (магнетит, гетит, карбонати, силікати та ін.) присутні в незначній кількості.

В роботі мінералогічно обґрунтована і запропонована перспективна технологія одержання з відсіву ДСФ шахти агломераційного концентрату з вмістом заліза не менше 60 мас. %, при виході 30%. Технологія заснована на використанні методу гравітаційної сепарації.

Ключові слова: залізисто-кремниста формація, гематитові кварцити, кварц, мартит, гематит, технологія збагачення залізних руд.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА РОДОВИЩА ШАХТИ «ТЕРНІВСЬКА».....	7
1.1. Загальні відомості.....	7
1.2. Стратиграфія.....	9
1.3. Геологічна структура родовища.....	14
1.4. Гіпогенні процеси.....	16
1.5. Гіпергенез.....	17
1.6. Корисні копалини.....	18
РОЗДІЛ 2. МІНЕРАЛОГІЯ ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ.....	21
2.1. Загальні відомості.....	21
2.2. Мінеральний і петрографічний склад грубозернистої фракції ДСФ.....	23
2.2.1. Гематитові кварцити.....	24
2.2.2. Багаті гематитові руди.....	32
2.2.3. Магнетитові кварцити.....	36
2.2.4. Нерудні домішки.....	37
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБАГАЧЕННЯ ГЕМАТИТОВИХ КВАРЦИТІВ РОДОВИЩА, ЯК НЕКОНДИЦІЙНОЇ ГЕМАТИТОВОЇ РУДИ (ХВОСТИ ДСФ).....	40
ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47

ВСТУП

Родовище шахти «Тернівська» приурочене до східного крила Криворізької структури і займає північну частину Саксаганського залізорудного району Криворізького басейну. Основною плікативною структурою є Саксаганська синкліналь, головні диз'юнктивні порушення - Саксаганський і Східний насуви.

У межах родовища поширені багаті гематитові та бідні залізні руди (магнетитові й гематитові кварцити). Багаті гематитові руди розробляються шахтою «Тернівська», переважно в межах шостого горизонту. Магнетитові кварцити видобуваються шахтою ім. Колачевського для потреб Центрального гірничо-збагачувального комбінату (ГЗК). Гематитові кварцити розглядаються як перспективна сировина. Їх запаси оцінюються приблизно у 50 млрд т, тоді як магнетитових - близько 8 млрд т.

Рудна маса надходить на дробарно-сортувальну фабрику, де з додаванням кварцитів формується агломераційна руда. В результаті отримують три продукти: високоякісну аглоруду (Fe заг. = 59,1%), рядову (Fe заг. = 57,2%) і надрешітний продукт (Fe заг. = 45,3%). Останній є відходами збагачення (частки розміром 10-25 мм), вихід яких становить близько 46,6% і наразі не використовується.

Попередні дослідження показують, що відсів переважно складений гематитовими кварцитами, що визначає доцільність детального вивчення його мінерального складу, текстурно-структурних особливостей і технологічних властивостей.

У роботі використано наступні методи: хімічний аналіз, мінералого-петрографічні та мікроскопічні дослідження, експериментальні технологічні випробування. Для досліджень було відібрано 20 рядових проб, виготовлено шліфи для мікроскопічного аналізу. Роботи виконувались в лабораторіях Криворізького національного університету.

РОЗДІЛ 1

ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА РОДОВИЩА ШАХТИ «ТЕРНІВСЬКА»*

1.1. Загальні відомості

Родовище багатих залізних (гематитових) руд шахти «Тернівська» розташоване в Тернівському районі Кривого Рогу Дніпропетровської області. На півночі воно межує з Першотравневим родовищем Північного гірничо-збагачувального комбінату, на півдні - з родовищем шахти ім. Колачевського. Довжина родовища становить 3,5 км, площа гірського відводу - 4,55 км².

Територія родовища являє собою рівнину з нахилом у бік річки Саксагань. Рельєф ускладнений балкою Північна Червона та її відгалуженнями. Він значно змінений гірничими роботами, унаслідок чого сформувалися техногенні форми - відвали та кар'єри. Відвали складені переважно вивітреними (окисленими) залізистими кварцитами.

Найближча залізнична станція Роковата розташована за 3 км на південь від родовища. Уздовж східної межі проходить автомобільна дорога, що з'єднує центральні, південну і північну частини міста. Споживачами руди є металургійні підприємства України та інших країн.

У межах басейну родовище займає крайню північну частину Саксаганської залізничної смуги (рис. 1.1).

**Розділ 1 написано з використанням літературних і фондових першоджерел [1-7].*

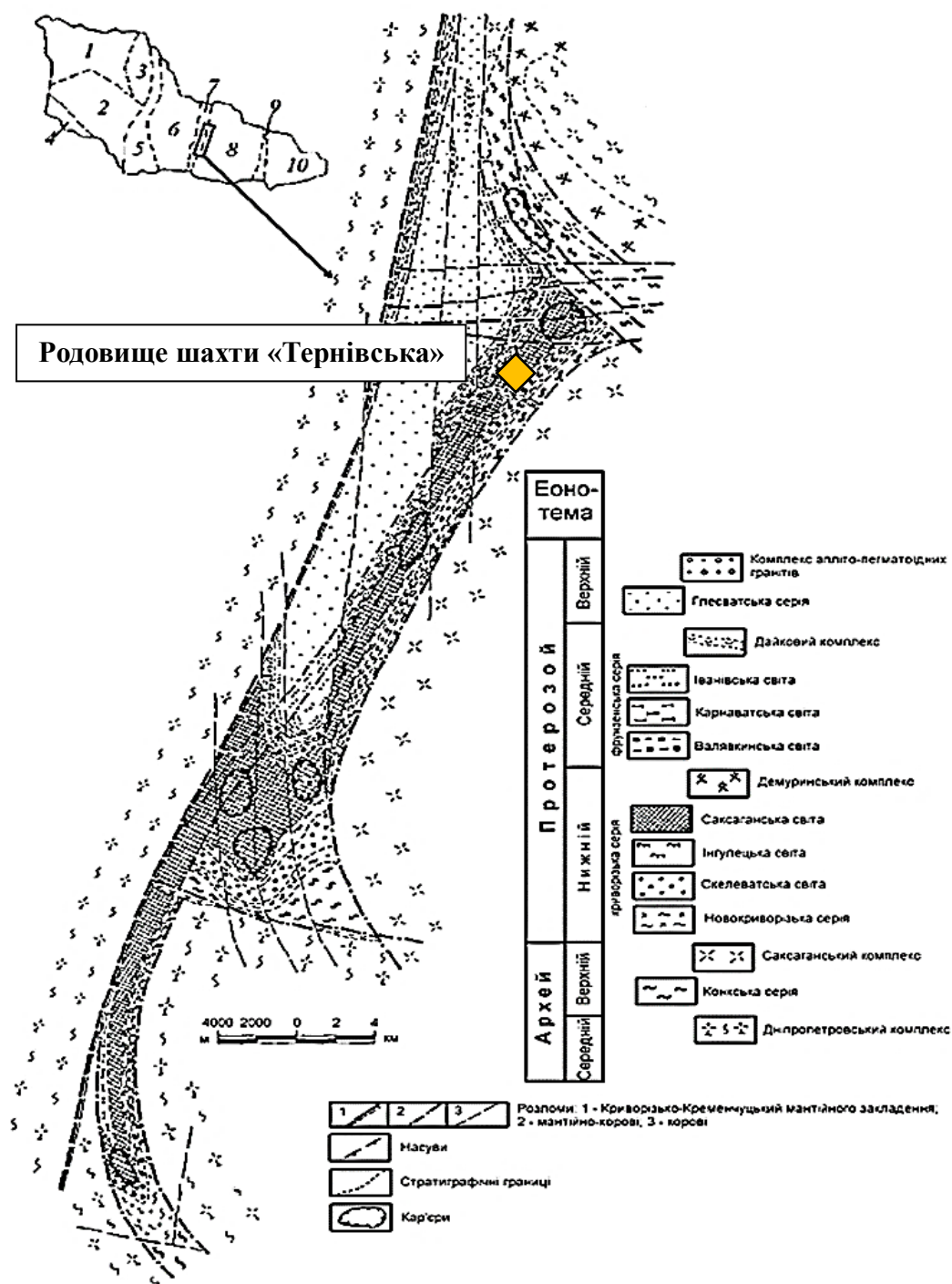


Рис. 1.1. Положення родовища ш. «Тернівська» в межах геологічної структури Криворізького залізорудного басейну [5].

Рудні поклади розробляються шахтами ім. Колачевського та «Тернівська». Шахта ім. Колачевського відпрацьовує флангові поклади до горизонту -527 м, нижче роботи веде шахта «Тернівська». У районі також наявні шість закритих кар'єрів, якими поклади були відпрацьовані до глибини близько 100 м.

Балансові запаси залізних руд становлять тисячі т.: А - 3275, В - 104308, С₁ - 329907, С₂ - 33816. Забалансові запаси - 78280. Загальний залишок за категоріями А+В+С₁ - 415248 тис. т.

1.2. Стратиграфія

Геологічна будова родовища (рис. 1.2) визначається його розташуванням у північній частині Саксаганської смуги, що характеризується загальним моноклінальним падінням порід на захід. У будові його розрізу беруть участь породи **криворізької серії** палеопротерозоя, що залягає на саксаганських гранітах мезоархею й підділяється на наступні світи (знизу верх):

- новокриворізьку (сланцево-амфіболітову);
- скелюватську (аркозо-філітову);
- саксаганську (залізородну);
- гданцевську (карбонат-графіт-сланцеву).

Зверху криворізька серія перекрита мезопротерозойською глеюватською (метаконгломерат-метапісковиково-сланцевою) світою. Знизу залягає на розмитій поверхні середньопротерозойських плагіогранітів Саксаганського комплексу. Метаморфічні породи родовища перекриті чохлом осадових порід кайнозойського віку.

Новокриворізька світа залягає безпосередньо на гранітоїдах саксаганського комплексу архею. У будові її розрізу бере участь товща амфіболітів потужністю до 1800 м. Амфіболіти розрізняються за складом і будовою. Відзначаються щільні темно-зелені, майже чорні різновиди амфіболітів, а також середньої щільності зеленувато-сірі і порівняно пухкі сірувато-зелені з жовтуватим і буруватим відтінками різновиди.

Товща амфіболітів перекрита шаром амфібол-біотитових сланців потужністю від 150 до 200 м, які за складом близькі до амфіболітів і відрізняються тільки чітко вираженою сланцюватістю. Деякі дослідники приймають ці сланці за метаморфізовану кору вивітрювання базальтоїдів.

У покрівлі новокриворізької світи біля контакту з нижньої підсвітою скелюватської світи виділяється шар метаконгломератів і метапісковиків потужністю від 3 до 8 м, що містять кутасті і обкатані гальки metabазитів.

Скелюватська світа згідно залягає на новокриворізькій світі. У будові її розрізу бере участь три підсвіти: нижня (аркозова); середня (філітова); верхня (складена тальк-вмісними породами).

Саксаганська світа згідно залягає на скелюватській. В будові її розрізу беруть участь три підсвіти: нижня залізородна, середня сланцева і верхня залізородна, складені чергуванням сланцевих і залізистих горизонтів.

Нижня залізородна підсіта поєднує перший, другий залізисті і перший, другий сланцеві горизонти. Вона простежується тільки в південній (до 46 осі) і північній (від 120 осі) частинах родовища, а в центральній зрізається Східним насувом. Із глибини 527 м у межах маркшейдерських осей 50-120 підсвіта перекривається основною площиною насуву і бере участь у будові його висячого крила.

Середня сланцева підсвіта поєднує третій, четвертий і п'ятий сланцеві горизонти. Внаслідок фаціального виклинювання в розрізі саксаганської світи родовища, третій і четвертий залізисті горизонти практично відсутні. Середній вміст заліза в складі сланців (Fe заг.) становить 15-24 мас. %. Потужність горизонту змінюється від 150 до 250 м.

Верхня залізородна підсвіта включає п'ятий, шостий і сьомий залізисті горизонти, розділені шостим і сьомим сланцевими. *Є основною продуктивною залізородною товщею родовища, яка містить всі поклади багатих залізних руд.*

Загальна будова рудного поля родовища шахти «Тернівська» представлена на геологічному плані промислового горизонту -1425 м (рис. 1.2).

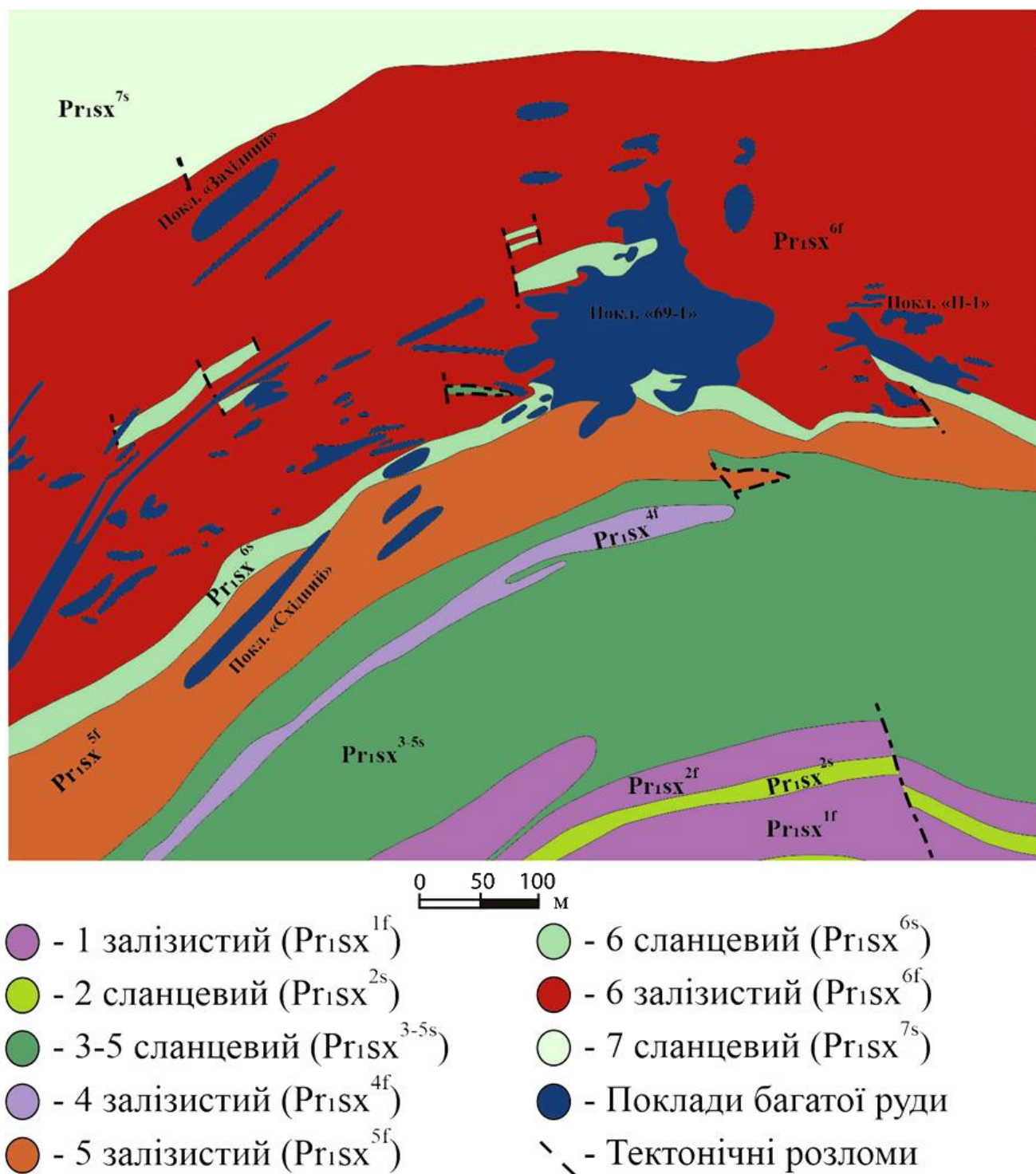


Рис. 1.2. Геологічна будова рудного поля родовища шахти «Тернівська» в межах промислового горизонту -1425 м (за матеріалами геологічної служби рудника).

П'ятий залізистий горизонт представлений залізнослюдко-магнетитовими, магнетитовими, карбонат-хлорит-кумінгтоніт-магнетитовими кварцитами і їхніми вивітреними аналогами - залізнослюдко-мартитовими, мартитовими, дисперсногематит-мартитовими кварцитами. Вздовж контакту зі сланцевим горизонтом виділяється перехідна пачка потужністю 2-20 м, що складена магнетит-карбонат-кумінгтоніт-хлоритовими (відповідно у корі вивітрювання - мартит-дисперсногематитовими) кварцитами. Загальний вміст заліза в них становить 18-32 мас. %. Вміст $Fe_{\text{заг}}$ в залізистих кварцитах основної частині горизонту змінюється від 25 до 46 мас. %.

До масиву вивітрених залізистих кварцитів приурочені поклади багатих залізних руд «Східна», «Основна кар'єра-2», «150 осі», «8-П», «Вентиляційна», «Комсомолка», «Північна». Склад руд мартитовий, залізнослюдко-мартитовий, дисперсногематит-мартитовий. Виключенням є поклад «8-П», який нижче горизонту -1200 м складений магнетит-мартитовою і мартит-магнетитовою рудою. Загальний вміст заліза в руді змінюється від 46 до 69 мас. %, звичайно коливається від 55 до 65 мас. %. Потужність п'ятого залізистого горизонту змінюється від 50 до 145 м, у середньому становить 90 м.

Шостий сланцевий горизонт невитриманий по простяганню і по падінню. Являє собою сукупність лінзовидних тіл невеликої потужності. Складений широко- і грубошаруватими мартит-дисперсногематитовими кварцитами з каолінітом і гетитом.

Шостий залізистий горизонт складений залізистими кварцитами, близькими до аналогічних порід п'ятого залізистого горизонту за кольорами, текстурі, мінеральному і хімічному складу та іншим показникам. Загальний вміст заліза ($Fe_{\text{заг}}$) змінюється від 20 до 46 мас. %. Будова горизонту асиметрична. Нижню його зону складають залізнослюдко-мартитові, мартитові, дисперсногематит-мартитові кварцити (в глибинній частині горизонту, яка не підлягала вивітрюванню - залізнослюдко-магнетитові, магнетитові, карбонат-кумінгтоніт-хлорит-магнетитові кварцити). Загальний вміст заліза в складі цих порід становить 32-46 мас. %. Переважно, до цієї зони приурочені наступні поклади багатих залізних (мартитових, залізнослюдко-мартитових, дисперсногематит-мартитових) руд: «Основна кар'єра 1», «Основна ка-

р'єра 2», «Пужмерки-1», «Пужмерки-3», «3П», «69-1», «Нова 38-46», «69-2», «69-3», «Паралельна ОК-1», «69-4», «102-5», «Західна». Потужність шостого залізного горизонту змінюється від 200 до 500 м, в середньому становить 280 м.

Сьомий сланцевий горизонт в корі вивітрювання представлений гетит-мартит-дисперсногематитовими, мартит-гетит-дисперсногематитовими кварцитами, а нижче її границі - магнетит-карбонат-кумінгтонітовими, магнетит-кумінгтоніт-хлоритовими кварцитами. Вміст $Fe_{заг.}$ в складі порід горизонту коливається від 14 до 28 мас. %. Морфологія кори вивітрювання складна, максимальна її глибина в центральній частині родовища перевищує 1500 м. Потужність горизонту від 50 до 180 м.

Сьомий залізистий горизонт складений карбонат-магнетит-кумінгтонітовими, карбонат-магнетит-кумінгтоніт-хлоритовими кварцитами, в зоні вивітрювання - мартит-дисперсногематитовими, гетит-мартит-дисперсногематитовими кварцитами. Глибина поширення кори вивітрювання від 35 до 1500 м. Вміст $Fe_{заг.}$ змінюється від 20 до 30 мас. %, $Fe_{магн.}$ в невивітрених залізистих кварцитах - від 5 до 17 мас. %. В північній і південній частинах родовища серед гематитових кварцитів сьомого горизонту виділяються малопотужні (1-3 м) тіла багатих залізних руд.

Гданцевська світа з кутовим і стратиграфічним неузгодженням залягає на саксаганській. В розрізі світи виділяється дві підсвіти: верхня і нижня.

Нижня підсвіта складена, переважно, безрудними кварцитами масивної текстури, які в межах родовища утворюють невеликі лінзовидні тіла, які виклинюються по простяганню та по падінню, потужністю від 15 до 65 м (в середньому близько 35 м).

Верхня підсвіта представлена шарами, що чергуються, кварц-слюдяних і графіт-кварц-слюдяних сланців і тільки в південній частині родовища (південніше діабазової дайки) простежується малопотужний шар мармурів. Потужність підсвіти від 10 до 250 м, в середньому становить 135 м.

Глеюватська світа не входить до складу криворізької серії, має більш молодий вік, імовірно, мезопротерозойський. Складена метаконгломератами, палевошпат-

біотит-кварцевими метапісковиками, кварц-біотитовими, кварц-двослюдяними сланцями. Потужність світи 4500-5000 м.

Кайнозойські відклади перекривають товщу докембрійських утворень, утворюючи декілька практично горизонтально залягаючих шарів осадових порід.

Потужність осадового чохла не витримана, залежить від рельєфу корінних порід, змінюється від 5 до 40 м.

1.3. Геологічна структура родовища

Родовище шахти «Тернівська» приурочене до східного крила Криворізької структури. Основною плікативною структурою першого порядку є **Саксаганська синкліналь** субмеридіального простягання, представлена лише східним крилом. Її західне крило разом із Саксаганською антикліналлю зрізані Саксаганським насувом. Східне крило простежене розвідкою на глибину понад 2000 м. Шарнір синкліналі занурюється на північ під кутом 10-15°, у межах родовища знаходиться на глибині понад 3200 м. Падіння пластів північно-західне (300-330°) з кутами 50-60°, поблизу поверхні - до 70-80°.

До складчастих структур другого порядку належать антиклінальна складка та флексурний вигин.

Антиклінальна складка встановлена в центральній частині родовища до глибин 1500-2000 м; на більших глибинах не простежується. Розмах її крил змінюється від близько 400 м біля поверхні до 600 м на горизонті -825 м.

Флексурний вигин виявлений у південній частині родовища і простежується до глибин понад 2000 м; кут падіння шарніра 70-85°, азимут - 270°.

До плікативних елементів третього і четвертого порядків належать дрібні складки відкритого і закритого типів, серед яких переважають ізоклінальні складки (зокрема складки волочіння і прирозломні). У гірських виробках спостерігаються також структури кінк-банд, пов'язані з розломами та підкреслені жильними і метасомати-

чними утвореннями кварцу, карбонатів, сульфідів і силікатів. Дрібна відкритого типу складчастість характерна для шостого залізистого горизонту.

Основні диз'юнктивні порушення першого порядку - Саксаганський і Східний насуви.

Саксаганський насув представлений двома поверхнями: західною (по контакту саксаганської і гданцівської світ, частково по сьомому залізистому горизонту) та східною (у межах сьомого залізистого горизонту).

Східне насування виявлене у вигляді одної-трьох поверхонь. Східна розташована у висячому боці другого залізистого горизонту; амплітуда горизонтального переміщення по ній порід 100-150 м. Центральна і західна поверхні розташовані у висячому і лежачому боках верхньої підсвіти скелеватської світи. Північніше осі 100 Східне насування представлене однією тектонічною поверхнею, в зв'язку з тим, що талькова і філітова підсвіти скелеватської світи тут зрізані.

Простягання обох насувів узгоджується з простяганням порід, кути падіння становлять 40-60°.

Диз'юнктивні порушення другого порядку мають діагональне орієнтування відносно стратиграфічних горизонтів і представлені тріщинами, що оперяють між Саксаганським і Східним насувами. Вони орієнтовані під кутом 35-55° до поверхонь основних розривних порушень, мають переважно північне та північно-східне падіння з кутами 40-65°. За кінематикою відносяться до взбросо-зсувів. Зони порушень представлені брекчіями, мілонітами, дзеркалами ковзання, «глинками тертя» та зонами подрібнення. Амплітуди переміщень змінюються від кількох до понад 100 м.

Багаті руди приурочені до цих порушень і не зазнають зміщення ними, що свідчить про їх формування синхронно з рудоутворенням. У межах родовища також розвинені пострудні розривні порушення, по яких спостерігається зміщення рудних тіл з амплітудою до 7-10 м.

У породах і рудах широко розвинені дрібна тріщинуватість і прояви кліважу розламу та розтягання.

Таким чином, структура родовища визначається поєднанням складчастих і розривних порушень, до яких приурочені рудні поклади. Форма покладів контролюється системою діагональних розломів і тріщин. Переважають дорудні порушення, пострудні мають підпорядковане значення.

1.4. Гіпогенні процеси

У формуванні сучасної будови залізорудних і вміщуючих товщ родовища важливу роль відіграли гіпогенні процеси: метаморфізм, метасоматоз і гідротермальна діяльність.

Найдавнішим і повсюдно проявленим є **динамотермальний метаморфізм** порід криворізької серії віком близько $2,2 \pm 0,1$ млрд років. За мінеральними асоціаціями сланців і залізистих кварцитів саксаганської світи встановлено, що умови метаморфізму відповідали фації зелених сланців ($T = 300-350\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 100-200\text{ МПа}$).

Для сланцевих горизонтів характерні асоціації:

- центральні частини - серицит + кварц + хлорит;
- периферійні зони - карбонат + кварц + хлорит, магнетит + карбонат + хлорит.

Для залізистих горизонтів:

- центральні частини - кварц + магнетит, залізна слюдка + кварц + магнетит;
- периферійні зони вздовж контактів зі сланцевими горизонтами - карбонат + магнетит + кварц, хлорит + магнетит + карбонат + кварц.

Динамотермальний метаморфізм не зруйнував первинної осадової та аутигенної зональності, а трансформував її в аутигенно-метаморфогенну. У залізистих горизонтах це проявляється переходом від залізнослюдко-магнетитових кварцитів у центральних частинах до магнетит-силікат-карбонатних у периферійних. У сланцевих горизонтах - від серицит-кварц-хлоритових до магнетит-карбонат-хлоритових різновидів.

Продуктами динамотермального метаморфізму є також породи різних світ:

- новокриворізької - амфіболіти, біотит-кварц-мусковітові сланці, кварцити;
- скелеватської - метаконгломерати, кварцити, сланці, тальковмісні породи;
- гданцівської і глєсватської - серицит-кварц-хлоритові сланці, кварцити, доломітові мармури.

Близько $1,8 \pm 0,1$ млрд років тому проявився **карбонатно-натрієвий метасоматоз**, що супроводжувався егіринізацією, рибекитизацією кварцитів і альбітизацією сланців. Найінтенсивніше він розвинений у південній частині родовища в межах 5-6 залізистих горизонтів, де потужність зон змін досягає 80-130 м. В прилеглих до зон егіринізації частинах сланцевих горизонтів спостерігається слабка альбітизація сланців.

Гідротермальні жили вивчені недостатньо. Їх формування пов'язане з динамотермальним метаморфізмом (альпійські або латераль-секреційні жили), регресивною стадією метасоматозу та повторними гідротермальними процесами в зоні Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому. За складом вони переважно кварцові, залізнослюдко-кварцові та хлорит-карбонат-кварцові.

1.5. Гіпергенез

Процеси вивітрювання в породах залізисто-кременистої формації відбувалися в періоди перерв осадконакопичення.

Найдавніша кора вивітрювання сформувалася на архейських гранітоїдах перед накопиченням базальтоїдів новокриворізької світи. У подальшому вивітрюванню підлягли і самі базальтоїди під час перерви перед осадженням уламкових порід цієї світи. Первинні гіпергенні утворення обох етапів не збереглися, оскільки були перетворені в процесі динамотермального метаморфізму на кварц-серицит-хлоритові та споріднені сланці.

Третій етап гіпергенезу пов'язаний із післясаксаганською перервою перед формуванням порід гданцівської світи. У цей час вивітрюванню піддалися породи саксаганської та більш давніх світ, однак продукти цього процесу також були метаморфізовані.

Четвертий, посткриворізький етап характеризувався значною тривалістю (пізній протерозой - початок кайнозою) і формуванням потужних площових і лінійних кір вивітрювання. За характером процесів до нього близький сучасний, п'ятий етап гіпергенезу. У ході гіпергенних процесів відбувалося інтенсивне винесення лугів (K, Na) і лужноземельних елементів (Ca, Mg), а також частково кремнію. В умовах високої окиснювальної здатності середовища закисне залізо переходило в окисну форму, що сприяло накопиченню Fe_2O_3 у корах вивітрювання залізистих порід через слабку рухливість, а в сланцях - Fe_2O_3 і Al_2O_3 . Разом із кремнеземом і водою ці компоненти визначають мінеральний склад кори вивітрювання.

Основними мінералами гіпергенно змінених залізистих кварцитів є кварц і мартит (псевдоморфози гематиту по магнетиту). Другорядне значення мають дисперсний гематит ("гідрогематит"), гетит і його різновиди. Кори вивітрювання сланців складені переважно кварцом, глинистими мінералами (каолінит, монтморилоніт, бейделіт), а також гематитом, гетитом і сульфатними мінералами (ярозит, копіапінт, алуніт).

Потужність кори вивітрювання залізистих порід змінюється від 5–10 до 50–70 м, а протяжність лінійних зон може досягати 2000 м і більше.

1.6. Корисні копалини

Основною корисною копалиною родовища є залізні руди, які за вмістом заліза поділяються на два класи:

- багаті руди;
- бідні руди (магнетитові та гематитові кварцити), що потребують збагачення.

Граничним показником є вміст загального заліза 46 мас. %.

Багаті гематитові руди за мінеральним складом представлені:

- мартитовими і залізнослюдко-мартитовими різновидами («синька»);
- дисперсногематит-мартитовими («краско-синька»);
- дисперсногематитовими з каолінітом («краска»).

У верхніх горизонтах зростає вміст гематиту і гетиту (до 10-12 % і більше). Рудні тіла приурочені переважно до шостого, рідше п'ятого і сьомого залізистих горизонтів, мають стовпчасту та гніздоподібну форму. Їх розробка здійснюється шахтою «Тернівська».

Бідні руди поділяються на магнетитові та гематитові кварцити.

Магнетитові кварцити мають залізнослюдко-магнетит-кварцовий, магнетит-кварцовий, силікат-карбонат-магнетит-кварцовий і магнетит- силікат-карбонат-кварцовий склад. Добуваються шахтою ім. Колачевського як сировина для Центрального Гока.

Гематитові кварцити є продуктом гіпергенної переробки магнетитових кварцитів: магнетит заміщується мартитом, карбонати і силікати - дисперсним гематитом, тоді як кварц і залізна слюдка зберігаються як реліктові мінерали. На даний час ці руди не розробляються, але розглядаються як перспективна сировина для отримання гематитового концентрату.

Окрім залізних руд, у межах родовища поширені супутні неметалічні корисні копалини:

Амфіболіти - утворюють пластові та лінзоподібні тіла в східній частині родовища; складені плагіоклазом, роговою обманкою, біотитом і кварцом. Використовуються для виробництва облицювальних матеріалів, базальтового волокна, мінеральної вати; відходи виробництва - для одержання декоративного дріб'язку; некондиційна сировина - у виробництві щебеню;

Біотит-кварц-хлоритові сланці - складає сланцеві горизонти саксаганської світи. Сформовані в умовах динамотермального метаморфізму фації зелених слан-

ців, через це містять мінерали з кристалізаційною водою. Застосовуються у виробництві пористих будівельних матеріалів (сланцепорит, керамзит).

Талькові сланці скелеватської світи в подрібненому виді можуть використатися як наповнювач при виробництві мінеральних добрив, ядохімікатів, комбікормів, мінеральних барвників та ін.

РОЗДІЛ 2

МІНЕРАЛОГІЯ ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ

2.1. Загальні відомості

Вихідною сировиною для одержання агломераційного концентрату є матеріал грубозернистої фракції дробарно-сортувальної фабрики (ДСФ) шахти «Тернівська».

Процес виробництва товарної агломераційної руди складається з двох основних етапів - видобутку рудної маси в шахті і подальше збагачення її на ДСФ. Руди родовища представлені чотирма основними мінеральними різновидами: 1) залізнослюдко-мартитові, 2) мартитові, 3) дисперсногематит-мартитові 4) каолінит-мартит-дисперсногематитові, каолінит-дисперсногематитові. Дві перші поєднуються за назвою «синька», третя - «краско-синька», четверта - «краска». В процесі відпрацьовування рудних покладів руди всіх мінеральних різновидів надходять на ДСФ єдиним потоком. До них природнім шляхом підмішуються гематитові залізисті кварцити, рідше сланці. В результаті, в добутій з надр рудній масі загальний вміст заліза становить 49-56 (в середньому близько 52) мас. %.

Для підвищення вмісту заліза в товарній руді здобута з надр рудна маса підлягає дробленню і розсіву на гранулометричні фракції за наступною технологічною схемою (рис. 2.1).

Перед надходженням на ДСФ здобута рудна маса в підземних гірських виробках подрібнюється за допомогою щекової дробарки до крупності 250-0 мм. Цей матеріал надходить в прийомний бункер ДСФ, а потім на першу стадію просіювання, де розділяється на дві гранулометричні фракції: 250-50 мм і 50-0 мм. Надградковий продукт першої стадії розсіювання направляється на першу стадію подрібнення

(дробарка ККД-500), а підградковий - на другу стадію розсіювання, де розділяється на фракції 50-25 мм і 25-0 мм. Продукт першої стадії подрібнення разом з надградковим продуктом другої стадії розсіювання надходять на другу стадію подрібнення (дробарка КМД-2200); підградковий продукт другої стадії розсіювання разом із продуктом другої стадії дроблення - в сортувальні бункери, що акумулюють подрібнену руду крупністю менш 25 мм. З них вона направляється на третю стадію розсіювання.

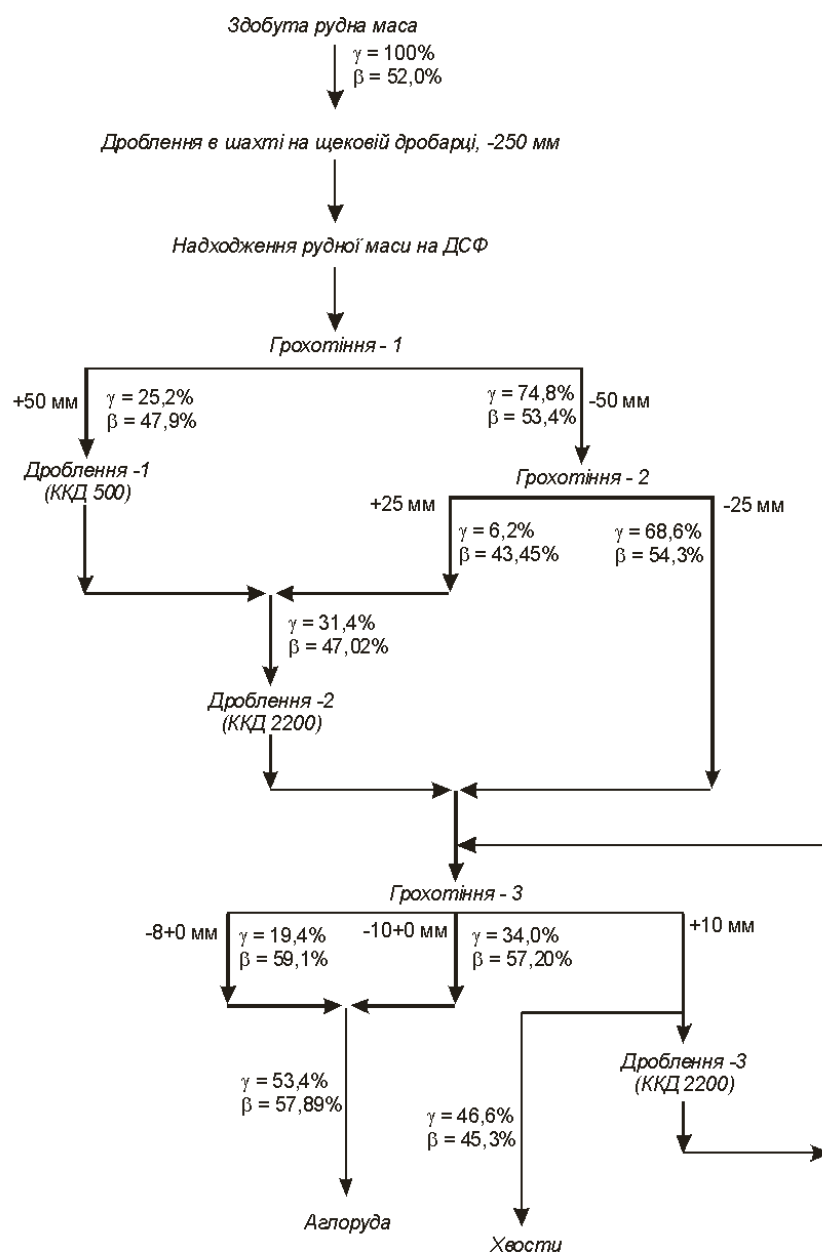


Рис. 2.1. Технологічна схема дробарно-сортувальної фабрики шахти «Тернівська».

Весь матеріал із крупністю часток менше 25 мм за допомогою двох спарених грохотів розділяється на три продукти:

- аглоруда високоякісна (крупність часток менше 8 мм, загальний вміст заліза 59,1 мас. %).
- аглоруда рядова (крупність часток менше 10 мм, загальний вміст заліза 57,2 мас. %).
- надградковий продукт (крупність часток 25-10 мм, загальний вміст заліза 45,3 мас. %).

У випадку виробничої необхідності частина надградкового продукту використовується для підшихтовки руди або подається на третю стадію дроблення ДСФ (дробарка КДДТ-2200). Продукт дроблення крупністю менше 20 мм направляється в сортувальні бункери.

Таким чином, з рудної маси підземного видобутку на ДСФ шахти виробляється 19,4% високоякісної аглоруди, 34,0% рядової аглоруди й 46,6% надградкового продукту - хвостів ДСФ. *Останні слід розглядати як техногенну залізорудну сировину, придатну для повторного одержання аглоконцентрату.* Відповідно, означене потребує проведення необхідного мінералого-петрографічного дослідження надградкового матеріалу ДСФ шахти.

2.2. Мінеральний і петрографічний склад грубозернистої фракції ДСФ

Мінеральний і петрографічний склад грубозернистої фракції (хвостів) ДСФ був визначений за даними вивчення матеріалу 20 рядових проб, відібраного зі складів шахти «Тернівська». Відбір проб проводився за стандартною методикою випробування кускового матеріалу. Маса проб становила близько 20 кг.

Методом ручної рудорозбірки матеріал навіски масою 5 кг для кожної проби був розділений на основні групи залізистих порід і руд. В середньому було отримано наступне середнє співвідношення їхніх різновидів (мас. %):

- гематитові кварцити - 87,2;

- багаті гематитові руди - 7,9;
- магнетитові кварцити - 1,8;
- сланці, безрудні кварцити, граніти та інші гірські породи - 3,1.

2.2.1. Гематитові кварцити

Гематитові кварцити в складі відсіву ДСФ представляють, головним чином, п'ятий і шостий залізисті горизонти. Іноді зустрічаються зразки гематитових кварцитів сьомого сланцевого і сьомого залізистого горизонтів. Гематитові кварцити представлені наступними мінеральними різновидами: залізнослюдко-мартитовими, мартитовими, дисперсногематит-мартитовими і мартит-дисперсногематитовими.

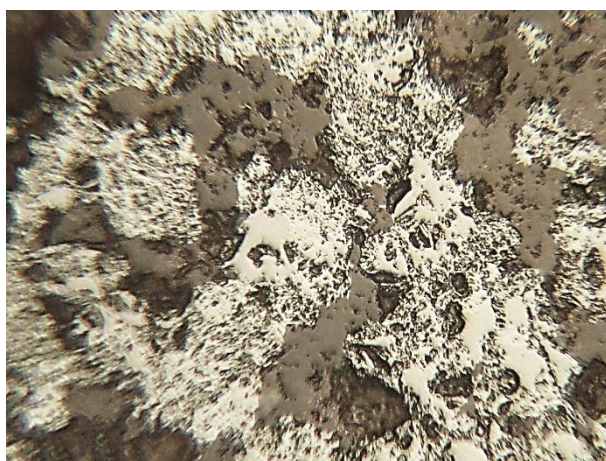
Залізнослюдко-мартитові кварцити (рис. 2.2) представляють центральні зони п'ятого і шостого залізистих горизонтів родовища. Мають тонко- (менш 2 мм), рідше середньосмугасту (2-5 мм) текстуру, зумовлену чергуванням кварц-мартитових (рудних) і залізнослюдко-кварцевих (нерудних) прошарків (рис. 2.3).



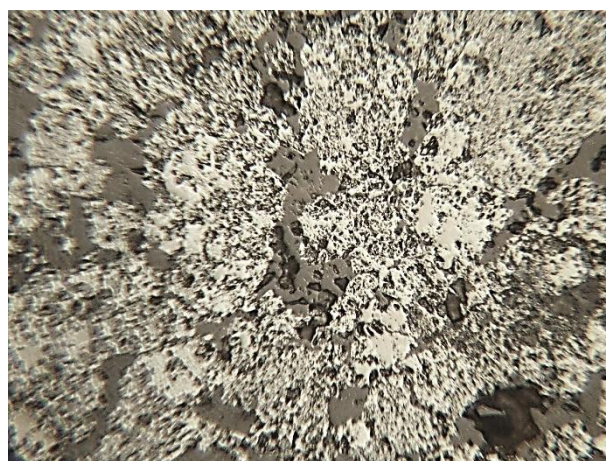
Рис. 2.2. Тонкосмугастий маршалітизований залізнослюдко-мартитовий кварцит. Розмір зразка за максимальним виміром складає 12 см.

Рудні прошарки складені полієдричними зростками мартиту з переважним розміром 0,05-0,5 мм, іноді до 0,8 мм. Зростки мартиту мають стрічкову, блокову, гіллясту форму (рис. 2.3, а, б), іноді орієнтовані під кутом до шаруватості. Кількість мартиту в рудних прошарках змінюється від 50-60 до 90-95 об'ємн. %, звичайно

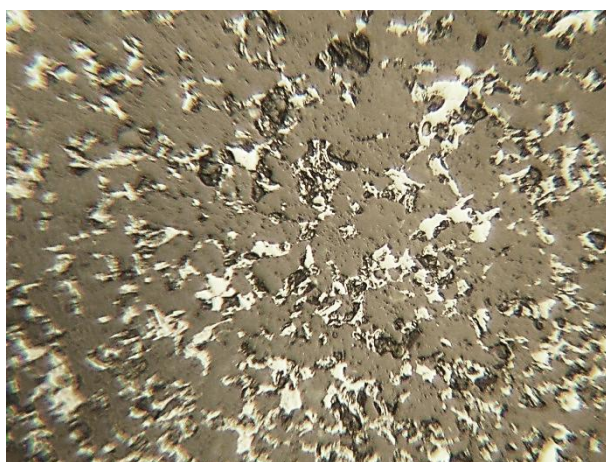
становить 75-85%. Іноді в зернах мартиту спостерігаються дрібні (звичайно менше 0,1 мм) релікти магнетиту. Часто присутні пластинчасті кристали залізної слюдки. Основним нерудним мінералом нерудних прошарків є кварц, індивіди якого мають розмір 0,02-0,07 мм. Присутні лусочки хлориту, карбонатів і продукт їхнього вивітрювання - дисперсний гематит. У верхніх гіпсометричних горизонтах рудної товщі, де процеси вивітрювання відбувалися найбільш інтенсивно, в складі прошарків відзначаються гетит і дисперсний гетит.



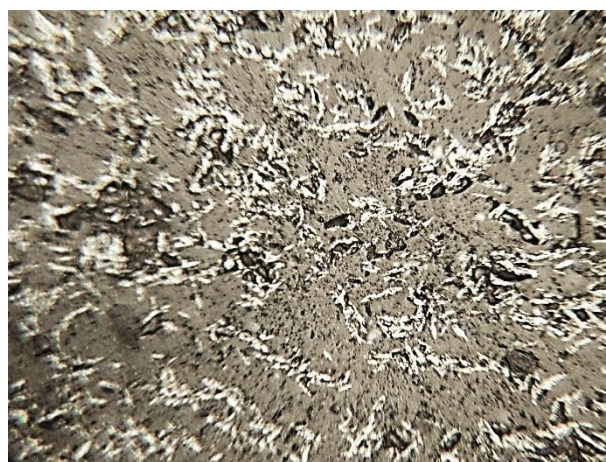
а



б



в



г

Рис. 2.3. *Склад і структура рудних (а, б) та нерудних (в, г) прошарків залізнослюдко-мартитових кварцитів.*

Біле - мартит і залізна слюдка; світло-сіре - магнетит; темно-сіре - кварц;. Відбите світло, без аналізатора; Збільшення: а, б - 20^x, в, г - 35^x.

Нерудні прошарки звичайно більш малопотужні (0,5-3 мм). Складені, переважно, дрібними індивідами кварцу розміром 0,01-0,3, в яких присутні ксеноморфні або пластинчасті, лускуваті кристали залізної слюдки (рис. 2.3, в, г), звичайно орієнтовані субпаралельно відносно шаруватості породи. Розмір виділень залізної слюдки становить 0,005-0,1 мм, а їхня кількість в прошарках коливається від 15-20 до 60-70 об'ємн. %. Структура нерудних прошарків пойкилобластова, сітчаста. З нерудних мінералів в складі прошарків присутні також хлорит, карбонати, дисперсний гетит, гетит.

Середній вміст заліза в залізнослюдко-мартитових кварцитах 38-39 мас. %.

Мартитові кварцити (рис. 2.4) мають, переважно, середньосмугасту (2-5 мм), рідше широкосмугасту (5-10 мм) текстуру, зумовлену чергуванням кварц-мартитових (рудних) і залізнослюдко-кварцевих, кварцових, дисперсногематит-кварцових (нерудних) прошарків (рис. 2.5).



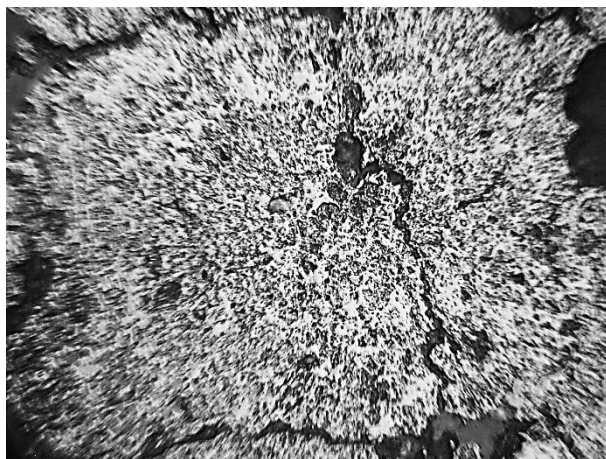
Рис. 2.4. Кварцит мартитовий червоно смугастої середньо-широко-грубосмугастої, тонкопрожилкової текстури.

Розмір зразка за максимальним виміром 12 см.

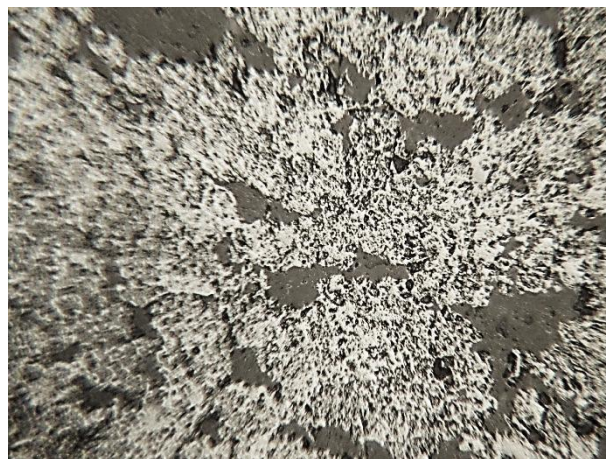
Рудні прошарки (рис. 2.5, а, б) за складом і структурою близькі до рудних прошарків залізнослюдко-мартитових кварцитів, відрізняються більш низьким вмістом мартиту – в середньому 70-80 об'ємн. %.

Нерудні прошарки (рис. 2.5, в, г) відрізняються більш низьким, у порівнянні з залізнослюдко-мартитовими кварцитами, вмістом залізної слюдки або її повною відсутністю. В нерудних прошарках червоно-смугастих різновидів мартитових кварцитів присутні дрібні (звичайно не більше 0,2 мм) включення залізної слюдки, що фарбують прошарки в червоний колір (рис. 2.4, 2.5). Рідше зустрічаються уламки сердньосмугастих магнетитових кварцитів, в нерудних прошарках яких залізна слюдка відсутня. Іноді в прошарках обох різновидів зустрічаються дрібні (звичайно до 0,05 мм) включення мартиту. У випадку наявності у вихідних магнетитових кварцитах силікатів і залізистих карбонатів в нерудних прошарках мартитових кварцитів присутній продукт їхнього вивітрювання – дисперсний гематит. Структура нерудних прошарків гранобластова, пойкилобластова.

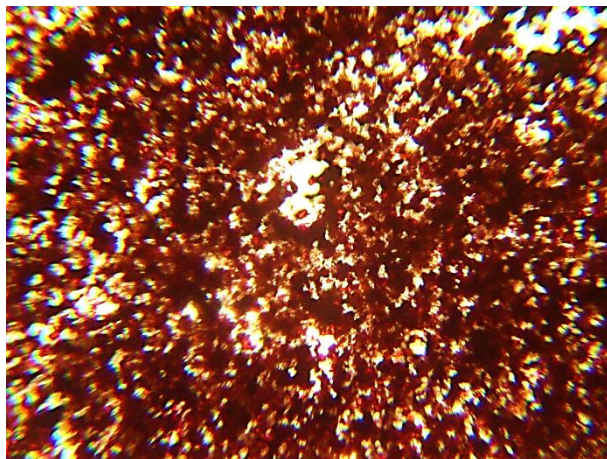
Середній вміст заліза в мартитових кварцитах близько 38 мас. %.



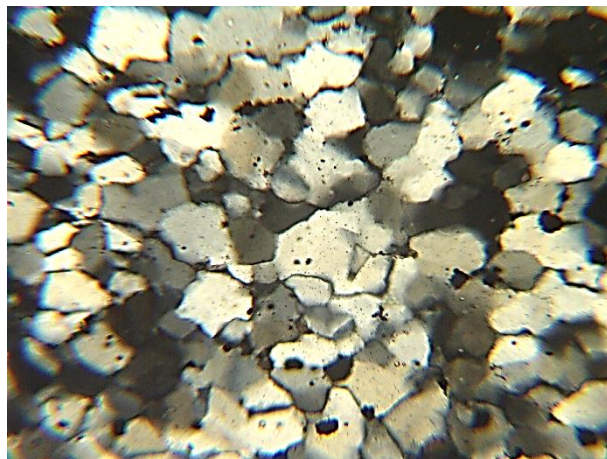
а



б



В



Г

Рис. 2.5. *Склад і структура рудних (а, б) і нерудних (в, г) прошарків мартитових кварцитів.*

а, б – біле – мартит і залізна слюдка; світло-сіре – магнетит; темно-сіре – кварц; чорне – порожнечі; в, г – біле і сіре – кварц; червоне – залізна слюдка; чорне – мартит.

а, б – відбите, в, г – прохідне світло; ніколи паралельні; Збільшення: а, б – $20^{\times}$, в, г – $35^{\times}$.

Дисперсногематит-мартитові кварцити у складі п'ятого і шостого залізистих горизонтів зустрічаються відносно рідко. Для них характерна широко- (5-10 мм), рідше грубосмугаста (10-50 мм) текстура, зумовлена чергуванням рудних і нерудних прошарків (рис. 2.6).

Рудні прошарки складені стрічкоподібними, блоковими, лінзоподібними, гіллястими, вкрапленими агрегатами мартиту, що складаються з полігональних, рідше ксеноморфних його виділень (рис. 2.7, а, б) розміром 0,05-0,2, рідше до 0,5 мм. Середній вміст мартиту в рудних прошарках становить 60-70 об'ємн. %. Основним нерудним мінералом рудних прошарків є кварц, представлений ізометричними або неправильною формою кристалами розміром від 0,03-0,05 до 0,2-0,3 мм. В помітній кількості прису

тній також дисперсний гематит – продукт вивітрювання залізовмісних силікатів і карбонатів, які входили до складу рудних прошарків первинних силікат-карбонат-магнетитових кварцитів.



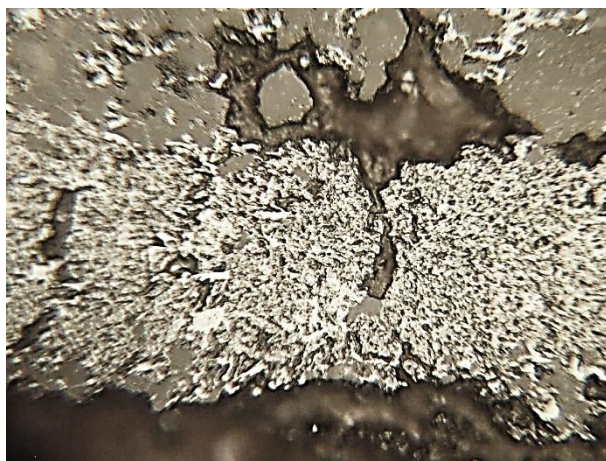
***Рис. 2.6.** Середньо- широкосмугастий дисперсногематит-мартитовий кварцит в «сорочці» пелітоморфного дисперсного гетиту.*

Розмір зразка за максимальним виміром 7,5 см.

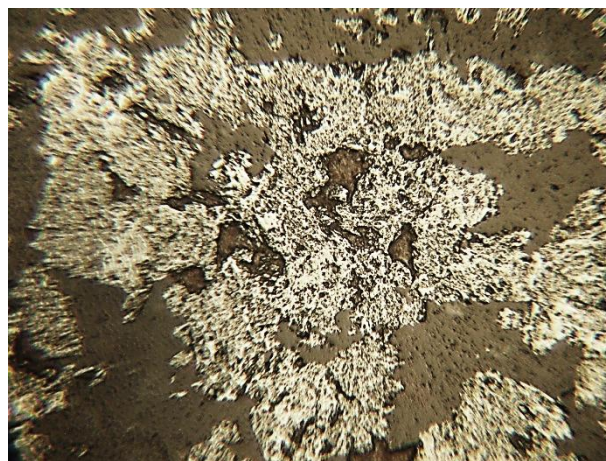
Нерудні прошарки (рис. 2.7, в, г) мають гранобластову структуру. Складені ізометричними або подовженими індивідами кварцу розміром 0,01-0,05 мм, іноді до 0,1 мм. В значній кількості присутній також дисперсний гематит – продукт вивітрювання первинних залізистих силікатів і карбонатів. В незначній кількості відзначається дрібновкраплений (звичайно до 0,05 мм) мартит.

Середній вміст заліза в дисперсногематит-мартитових кварцитах близько 35-36 мас. %.

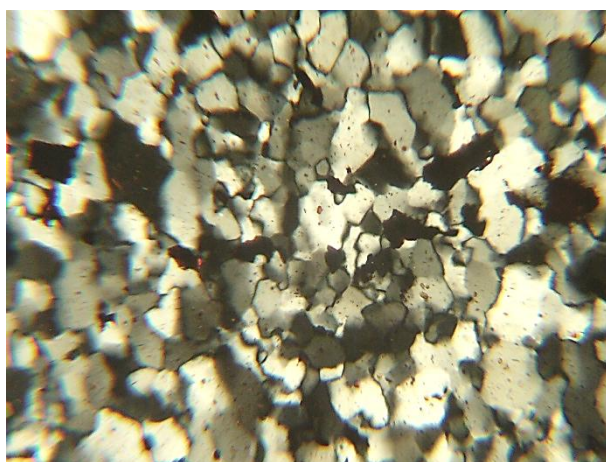
Мартит-дисперсногематитові кварцити в складі п'ятого і шостого залізистих горизонтів зустрічаються рідко. Присутні в складі відсіву ДСФ уламки такого складу здебільшого відносяться, імовірно, до сьомого сланцевого і сьомого залізистого горизонтів. Для мартит-дисперсногематитових кварцитів характерна широко- (5-10 мм), рідше грубосмугаста (10-50 мм) текстура, зумовлена чергуванням рудних і нерудних прошарків (рис. 2.8).



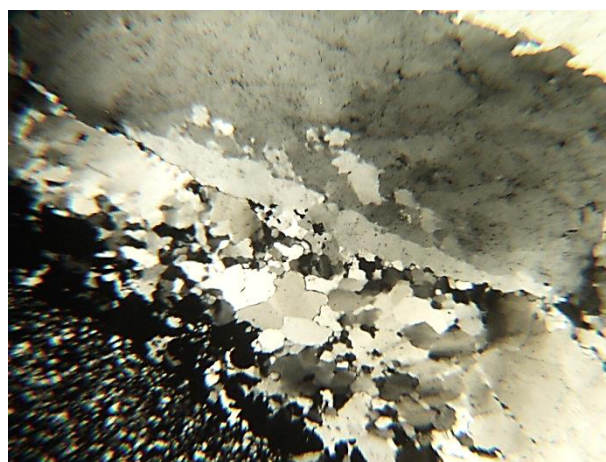
а



б



в



г

Рис. 2.7. Склад і структура рудних (а, б) і нерудних (в, г) прошарків дисперсно-гематит-мартитових кварцитів.

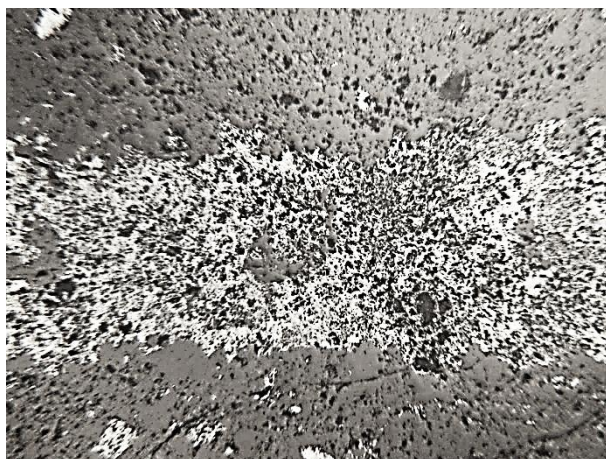
а, б – біле – мартит; темно-сіре – кварц; чорне – порожнини; в, г – біле і сіре – кварц; чорне – мартит.

а, б – відбите, в, г – прохідне світло; ніколи паралельні; збільшення: а, б – $20^{\times}$, в, г – $35^{\times}$.

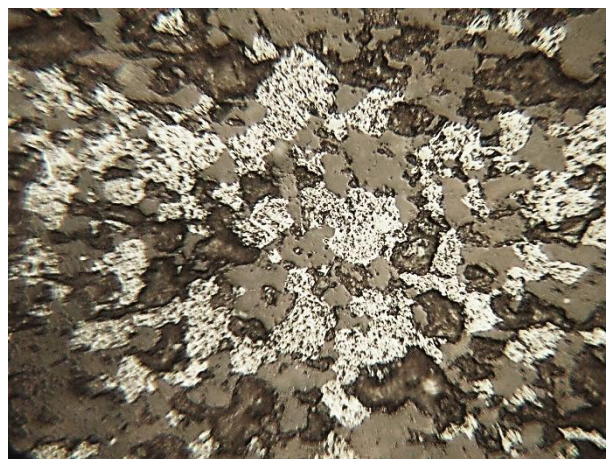
Рудні прошарки складені стрічкоподібними, блоковими, лінзоподібними, гіллястими, але найчастіше вкрапленими агрегатами мартиту, що складаються з полігональних, рідше ксеноморфних його виділень розміром 0,05-0,2, рідше до 0,5 мм (рис. 2.8, а, б). Середній вміст мартиту в рудних прошарках становить 50-60 об'ємн. %. Основним нерудним мінералом рудних прошарків є кварц, представлений ізометричними або неправильної форми кристалами розміром від 0,03-0,05 до 0,2-0,3 мм.

Нерудні прошарки (рис. 2.8, в, г) мають гранобластову структуру, складені ізометричними або видовженими індивідами кварцу розміром 0,02-0,1 мм, іноді до 0,3 мм. Присутній також дисперсний гематит – продукт розкладання в умовах вивітрювання залізовмісних силікатів і карбонатів.

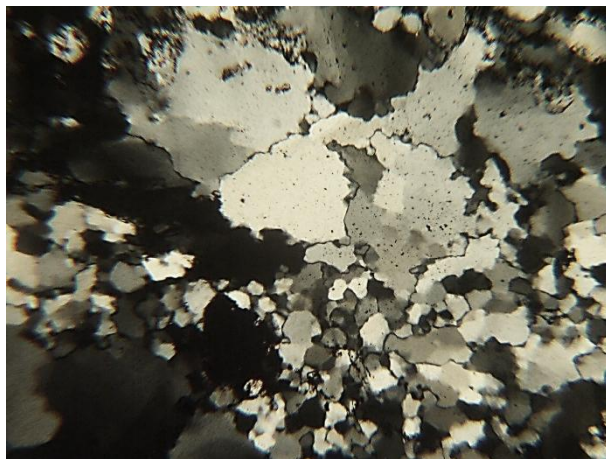
Середній вміст заліза в мартит-дисперсногематитових кварцитах 30-33 мас. %.



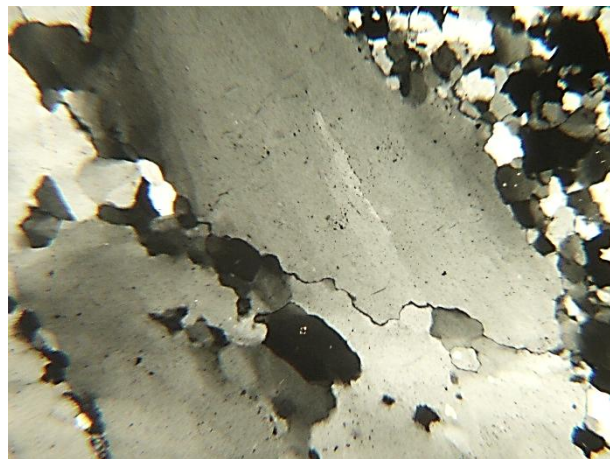
а



б



В



Г

Рис. 2.8. *Склад і структура рудних (а, б) і нерудних (в, г) прошарків мартит-дисперсногематитових кварцитів.*

а, б – біле – мартит; темно-сіре – кварц; чорне – порожнини; в, г – біле і сіре – кварц; чорне – мартит.

а, б – відбите, в, г – прохідне світло; ніколи паралельні; Збільшення: а, б – $20^{\times}$, в, г – $35^{\times}$.

2.2.2. Багаті гематитові руди

Багаті рудні поклади родовища складають руди чотирьох основних мінеральних різновидів:

- залізнослюдко-мартитові;
- мартитові;
- дисперсногематит-мартитові;
- мартит-дисперсногематитові і каолініт-дисперсногематитові (рис. 2.9-2.11).



*Рис. 2.9. Багата залізнослюдко-мартитова руда.
Розмір зразка за максимальним виміром 8 см.*



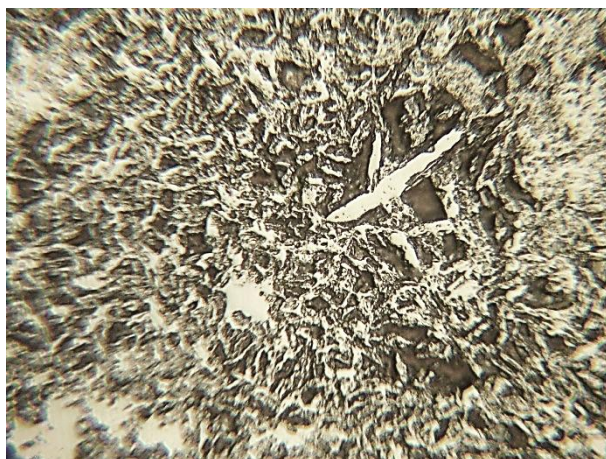
*Рис. 2.10. Багата дисперсногематит-мартитова руда.
Розмір зразка за максимальним виміром 7 см.*

Найбільш поширені мартитові і залізнослюдко-мартитові руди. Дисперсногематит-мартитові зустрічаються рідше, просторово тяжіють до приконтартових зон шостого і п'ятого залізистих горизонтів, складають рудні тіла сьомого сланцевого і

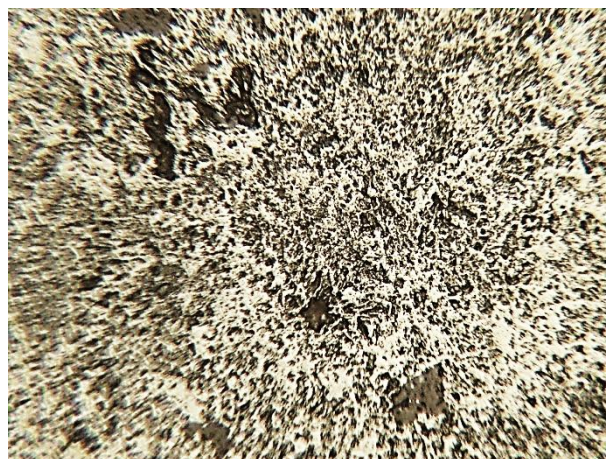
сьомого залізистого горизонтів. Мартит-дисперсногематитові і каолініт-дисперсногематитові руди присутні тільки в рудних тілах шостого сланцевого горизонту.

Характерними рисами руд родовища є:

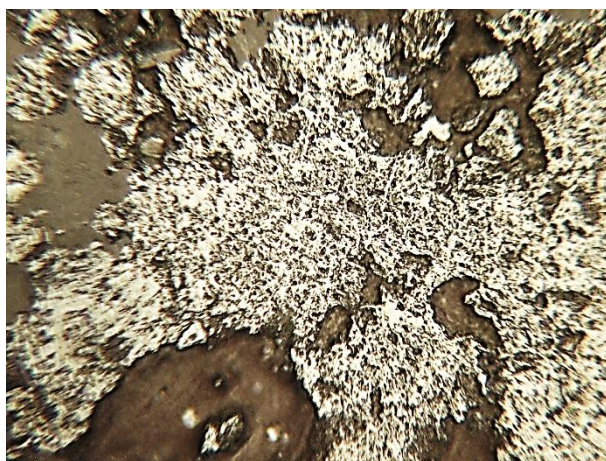
1. Тісний зв'язок мінерального складу багатії руди і вмісних залізистих кварцитів: залізнослюдко-мартитові руди присутні в пластах залізнослюдко-мартитових кварцитів, мартитові – в пластах мартитових кварцитів, дисперсногематит-мартитові – в пластах дисперсногематит-мартитових кварцитів, мартит-дисперсногематитові і каолініт-дисперсногематитові приурочені до пластів мартит-силікатних і силікатних кварцитів і сланців.



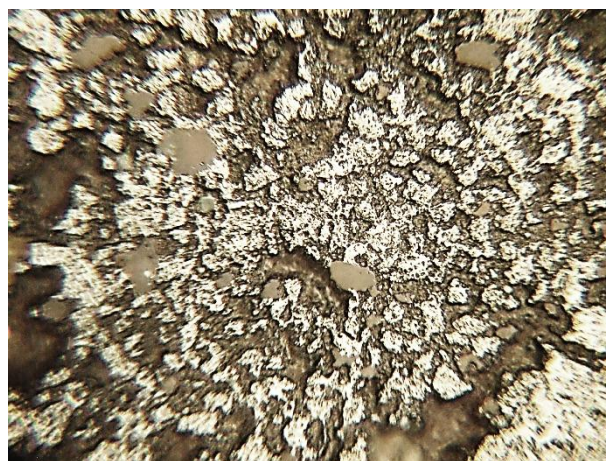
а



б



в



г

Рис. 2.11. *Склад і мікроструктура залізнослюдко-мартитової (а), мартитової (б), дисперсногематит-мартитової (в) і мартит-дисперсногематитової (г) руди.*

Біле – мартит і залізна слюдка (пластинчасті індивіди); сіре – кварц; темно-сіре – «виполіровані» агрегати дисперсного гематиту; чорне – порожнини.

Відбите світло; ніколи паралельні; збільшення $20\times$.

2. Для руд характерна більш висока пористість в порівнянні із вміщуючими залізистими породами (рис. 2.9). Найбільшу пористість мають мартитові руди – 20-25%. Більш низьку – залізнослюдко-мартитові руди – 10-15%. Пористість дисперсногематит-мартитових і дисперсногематитових руд становить 8-12%.

3. Добре виявлена реліктова шаруватість руд, зумовлена чергуванням рудних прошарків і високопористих прошарків, що є реліктами нерудних (переважно, кварцових по складу) прошарків вихідних залізистих кварцитів.

4. Структура найпоширеніших мартитових руд – реліктова гранобластова, залізнослюдко-мартитових руд – лепідогранобластова, руди, які містять дисперсний гематит – порфіробластова.

5. Для руд характерні наступні морфологічні різновиди агрегатів мартиту: стрічковий, блоковий, лінзоподібний, гіллястий, сітчастий, вкраплений.

6. Всі мінерали багатих залізних руд за умовами і часом утворення можна розділити на три групи:

- реліктові (збережені від первинних магнетитових кварцитів і різного складу сланців): кварц, залізна слюдка, реліктовий магнетит, а також більш рідкісні біо-тит, хлорит, кумінгтоніт, циркон, турмалін та ін.;

- синрудогенні (утворені в процесі рудогенезу): мартит, дисперсний гематит, гетит, дисперсний гетит, каолініт;

- епігенетичні (утворені після формування рудних покладів): пізні генерації кварцу (рис. 2.12), карбонатів, тальку, серпентину, хлориту, апатиту та ін.

Міцність багатих руд по М.М.Протод'яконову змінюється від 3-6 од. (м'які руди) через 7-9 од. (руди середньої міцності) до 9-12 од. (міцні руди).

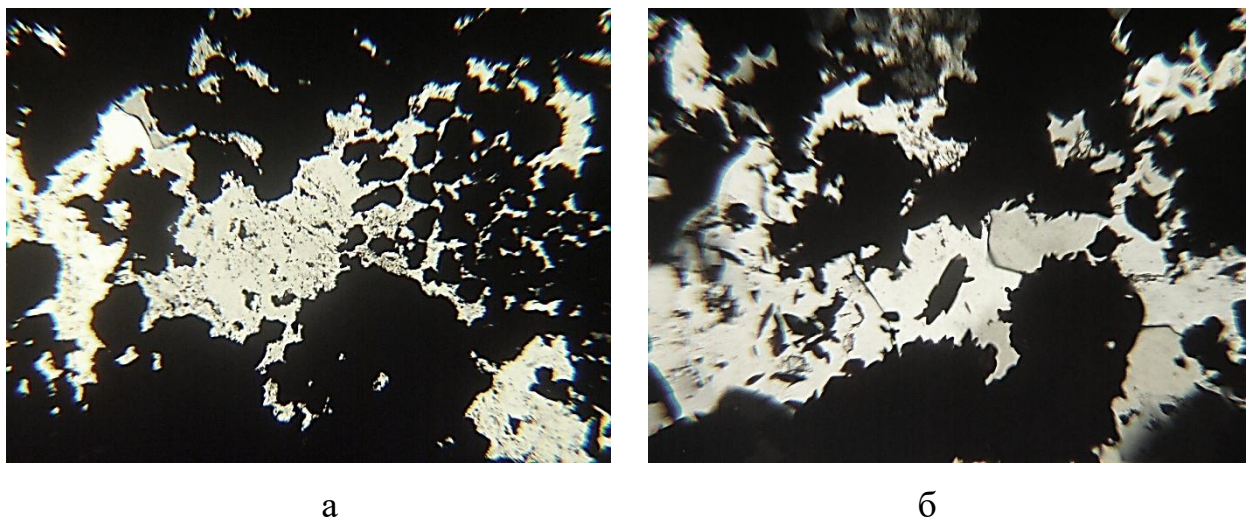


Рис. 2.12. *Склад і структура мартитової (а) й залізнослюдко-мартитової (б) руди з виповненням пор епігенетичним цементаційним кварцом.*

Біле, сіре – кварц; чорне – мартит (округлі агрегати) і залізна слюдка (пластинчасті утворення).

Прохідне світло; ніколи паралельні; Збільшення 40^x.

2.2.3. Магнетитові кварцити

Магнетитові різновиди залізистих кварцитів присутні в грубозернистій фракції ДСФ в незначній (менше 2 мас. %) кількості. Надходять в рудний матеріал внаслідок підмішування вміщуючих порід п'ятого, шостого і сьомого залізистих горизонтів через небездоганність технології видобутку руди. Представлені декількома мінеральними різновидами: карбонат-хлорит-магнетитовими, карбонат-магнетитовими, кумінгтоніт-магнетитовими, карбонат-кумінгтоніт-магнетитовими різновидами. Із зон натрієвого метасоматозу продуктивної товщі родовища надходять в рудну масу

уламки рібекіт-магнетитових кварцитів і рібекіт-магнетит-егіринових метасоматитів.

За загальним вмістом заліза, за структурою і текстурою ці різновиди залізистих кварцитів аналогічні описаним вище гематитовим кварцитам, що є продуктами вивітрювання магнетитових кварцитів.

Основні відмінності магнетитових кварцитів: 1) практично повна відсутність мінералів, що утворилися в умовах вивітрювання: мартиту, дисперсного гематиту, гетиту, дисперсного гетиту, каолініту та ін.; 2) високий вміст магнетиту.

Оскільки вміст магнетитових кварцитів в грубозернистій фракції ДСФ низький, вони не роблять помітного впливу на її якісні показники.

Міцність магнетитових кварцитів по М.М.Протод'яконову змінюється від 12 до 21 од., в середньому становить 15-18 од.

2.2.4. Нерудні домішки

Надходять в рудний матеріал при буровзривних роботах, вантажно-розвантажувальних операціях. Представлені жилами кварцу і пропластками різних за складом сланців. Загальна кількість нерудних домішок у відсвіві ДСФ, за даними рудорозбірки заскладованого матеріалу, становить 3,1 мас.%.

Сланці представлені кварц-хлоритовими, біотит-кварц-хлоритовими, кумінгтоніт-кварц-хлоритовими, мусковіт-кварц-хлоритовими та іншими близькими за складом мінеральними різновидами. Кольори сланців темний зеленувато-сірий, зеленувато-сірий. Структура приховано- і тонкозерниста. Текстура сланцювата (рис. 2.13), шарувата, обумовлена чергуванням силікатних (сланцевих) і кварцових (роговикових) прошарків потужністю від 1-2 до 25-30 і більше мм. Кварцові прошарки часто будиновані.



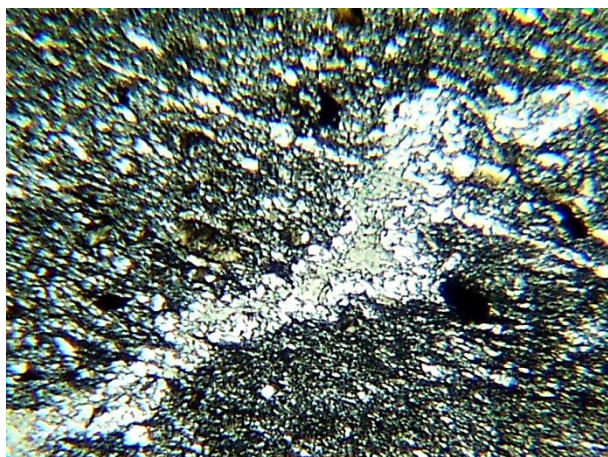
***Рис 2.13.** Кварц-хлоритовий сланець третього-п'ятого сланцевого горизонту. Текстура сланцювата, структура тонкоколоскувата.*

Розмір зразка за максимальним виміром 10,0 см.

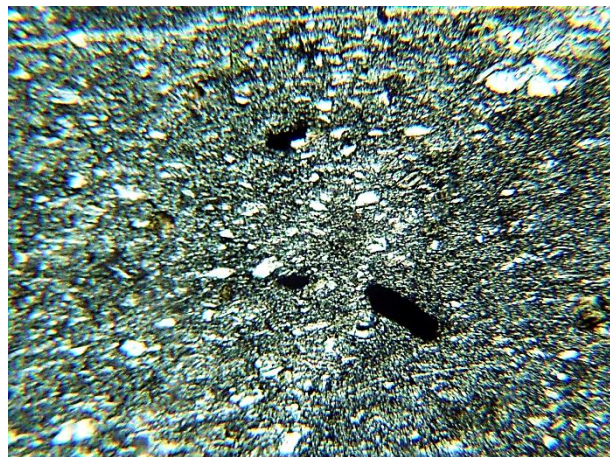
За даними мікроскопічних досліджень, сланці складені, головним чином, наступними мінералами: хлорит (30-45 об'ємн. %), кварц (25-40%), біотит (10-25%), кумінгтоніт (0-25%), мусковіт (0-20%). Другорядні і акцесорні мінерали: залізисті карбонати, стильпномелан, селадоніт, хлоритоїд, ставроліт, андалузит, альбіт, турмалін, циркон, апатит, ільменіт, магнетит, мартит, пірит, піротин та ін. Мікроструктура роговикових прошарків сланців гранобластова, гетерогранобластова, пойкилобластова; сланцевих прошарків – лепідобластова, лепідогранобластова, гранолепідобластова, порфіробластова (рис. 2.14). Мікротекстура аналогічна макротекстурі. Може бути шарувата, сланцювата, тріщинувата, брекчійова, будиначна, прожилкова, пориста, плямиста.

Жильний кварц присутній в залізистих кварцитах всіх мінеральних різновидів. Кварц виповнює жили, що сформувалися внаслідок «віджиму» кремнезем-утримуючих метаморфогенних гідротермальних розчинів з масиву метаморфізова-

них залізистих кварцитів в зоні тріщинуватості. Жили мають потужність до декількох десятків сантиметрів (рис. 2.15, 2.16), а численні їхні апофізи і відгалуження – від часток міліметра до декількох сантиметрів (див. рис. 2.15).



а



б

Рис. 2.14. *Склад і будова біотит-кварц-хлоритового сланцю третього-п'ятого сланцевого горизонту.*

Біле - кварц; зелене - хлорит; коричневе - біотит; чорне - графіт (пилоподібний матеріал), магнетит, ільменіт. Прохідне світло; ніколи паралельні; Збільшення 60^x.

В корі вивітрювання, внаслідок стійкості кварцу до дії факторів вивітрювання, уламки жильного кварцу зберігали міцність. Кольори їх бурі, рідше вишневі. Структура жильного кварцу зерниста, текстура плямиста, прожилкова (рис. 2.15), масивна (рис. 2.16).



Рис. 2.15. Альпійська жила кварцу із плівковими виділеннями дисперсного гетиту по тріщинах. Розмір зразка за максимальним виміром 9,0 см.



Рис. 2.16. Мономінеральний уламок жильного кварцу в «сорочці» дисперсного гетиту.

Розмір зразка за максимальним виміром 8,5 см.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБАГАЧЕННЯ ГЕМАТИТОВИХ КВАРЦИТІВ РОДОВИЩА, ЯК НЕКОНДИЦІЙНОЇ ГЕМАТИТОВОЇ РУДИ (ХВОСТИ ДСФ)

Прикладна частина кваліфікаційної роботи передбачала можливість визначення оптимальних параметрів рудопідготовки і збагачення для кінцевого одержання з руди (гематитових кварцитів) аглоконцентрату з вмістом заліза загального, не менше 58,0 мас. % при виході його від вихідного продукту (досліджених хвостів ДСФ) не менше 30%.

Для проведення технологічних випробувань із продуктів грубозернистого відсіву ДСФ була відібрана проба некондиційної гематитової руди розміром часток 100-0 мм. Хімічний склад матеріалу дослідженої проби наведений у табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Хімічний склад некондиційної гематитової руди і продуктів її поділу

№ з/п	Продукти	Компоненти, мас.%			
		Fe _{заг}	SiO ₂	S	P
1	Вихідна руда	40.5	40.6	0.008	0.0325
2	Концентрат	60,8	12,7	0,017	0,09

Дослідження збагачення руди проводилося у три етапи. На першому визначався найбільш доцільний метод збагачення. На другому етапі вивчався вплив крупності вихідного продукту на показники збагачення і вибиралося її оптимальне значення. На третьому етапі визначалась послідовність операцій збагачення для одержання залізовмісного концентрату з необхідними якісними і кількісними показниками.

Як відзначалося раніше, гематитові кварцити утворені двома основними мінералами – гематитом (рудний мінерал) і кварцом (нерудний). Вони істотно відрізняються за магнітними і гравітаційними властивостями. Гематит має магнітні властивості, величина його питомої магнітної сприйнятливості 88-220 м³/кг; кварц – немагнітний мінерал. Питома вага гематиту становить 5,20 т/м³, кварцу – 2,65 т/м³.

В зв'язку з цим було проведене порівняння показників збагачення гематитової руди, подрібненої до крупності менш 2 мм із використанням магнітних і гравітаційних методів (табл. 3.2).

Магнітне збагачення здійснювалося за допомогою індукційно-роликового сепаратору 138-СЭ при індукції 0,45 Тл. Гравітаційне збагачення проводилося з використанням концентраційного стола СКО-0,5.

Аналіз результатів поділу показує (табл. 3.2), що більш доцільним є гравітаційний метод, який забезпечує, в порівнянні з магнітним, більш високий вміст заліза загального в концентраті (на 6,4%) при близькому його значенні у хвостах. Цей метод був прийнятий для подальших досліджень.

Таблиця 3.2.

Порівняння показників поділу руди крупністю 2-0 мм магнітним і гравітаційним методами збагачення

Показники (мас. %)	Методи збагачення	
	магнітний	гравітаційний
Вміст $Fe_{\text{заг}}$ у вихідному продукті	40,5	40,5
Вихід концентрату	74,0	63,6
Вміст $Fe_{\text{заг}}$ у концентраті	45,0	51,4
Вміст $Fe_{\text{заг}}$ у хвостах	27,7	28,8

За результатами проведеного вище мінералогічного вивчення вихідної руди було встановлено, що мінімальна потужність рудних прошарків становить 1-2 мм. Тому були проведені дослідження впливу крупності вихідного продукту гравітаційного збагачення на показники поділу, починаючи із крупності 2-0 мм.

Вихідна руда подрібнювалася до крупності 2-0; 1,25-0; 1-0; 0,63-0 мм і піддавалась гравітаційному збагаченню. Для одержання оптимального за якістю концентрату збагачення здійснювалося в два прийоми з переочищенням важкої фракції першого прийому. Результати збагачення наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3.

Вплив на показники гравітаційного збагачення крупності вихідного продукту

Показники	Продукти	Крупність отриманого продукту, мм			
		2-0	1,25-0	1-0	0,63-0
Вихід, %	вихідний	100,0	100,0	100,0	100,0
	концентрат	36,2	26,7	26,3	25,5
	промпродукт	13,8	16,7	16,3	13,4
	хвости	14,3	24,3	24,7	30,4
Вміст Fe _{заг.} , мас. %	вихідний	40,5	40,5	40,5	40,5
	концентрат	53,8	57,8	58,5	61,3
	промпродукт	45,4	47,3	48,7	50,5
	хвости	22,0	21,5	20,2	21,7

Аналіз отриманих результатів (див. табл.3.3) показує, що при зниженні крупності вихідного продукту гравітаційного збагачення від 2-0 до 0,63-0 мм має місце:

- зниження виходу концентрату з 36,2 до 25,5 %;
- збільшення вмісту заліза загального в концентраті з 53,8 до 61,3 %;
- одержання багатого промпродукту другого прийому (промпродукт) з вмістом заліза загального 45,4-50,5 % при близьких виходах, незалежно від крупності;
- збільшення виходу хвостів (хвости) з 14,3 до 30,4 % при близькому вмісті в них заліза загального, незалежно від крупності.

Одержання концентрату з вмістом заліза загального 58,0 % виявилось можливим вже в крупності 1-0 мм (див. табл.3.3), однак вихід його склав 26,3%. Об'єднання концентрату із промпродуктом знизило загальну якість концентрату до 54,8%, що нижче необхідного на 3,2%. З метою підвищення виходу концентрату з вмістом заліза загального не менш 58,0% промпродукт гравітаційного збагачення другого прийому (промпродукт) був додатково подрібнений до крупності 0,5-0 мм і гравітаційно збагачений. При цьому був отриманий об'єднаний аглоконцентрат (концентрат +

збагачений промпродукт) з вмістом заліза загального 60,9 %. Вихід такого концентрату склав 42,6 %.

Також автором був проведений мікроструктурний аналіз отриманих продуктів. Результати дослідження співвідношення багатих і бідних зростків, а також рудних і кварцових часток в дробленій до крупності -1 мм руді (вихідний продукт) і продуктах гравітаційного збагачення наведено в табл. 3.4. Більш низький вміст в промпродукті багатих зростків, у порівнянні з бідними (див. табл. 3.4), пояснюється переважним залученням значної частини багатих зростків в гравітаційний концентрат.

Таблиця 3.4.

Структурна характеристика матеріалу вихідної сировини (хвости ДСФ) і продуктів гравітаційного збагачення некондиційної гематитової руди.

Вміст продуктів дроблення (об'ємн. %)	Вихідний продукт	Продукти збагачення		
		Промпродукт	Концентрат	Хвости
Рудні частки	28,78	35,76	64,26	11,75
Багаті зростки	8,68	18,53	20,33	12,89
Бідні зростки	13,29	23,74	11,07	18,32
Кварцові частки	49,25	21,97	4,34	57,04
Сума	100	100	100	100

Таким чином, розроблена і опробована в лабораторних умовах двухстадійна схема збагачення гематитових кварцитів родовища шахти «Тернівська», як основної мінеральної складової продуктів крупнозернистого відсіву ДСФ, дозволяє одержати аглоконцентрат з необхідними для виробництва якісними показниками.

Слід зазначити, що представлені в кваліфікаційній роботі результати проведених мінералого-петрографічних й технологічних досліджень потребують подальших, більш глибоких лабораторних випробувань.

ВИСНОВКИ

1. Родовище шахти «Тернівська» є одним з важливих джерел залізорудної сировини Криворізького басейну. У межах 5-го й 6-го залізистих горизонтів продуктивні рудні поклади родовища представлені розрізненими тілами багатих гематитових руд (мартитові й залізнослюдко-мартитові («синька»), дисперсногематит-мартитові («краско-синька») і мартит-дисперсногематитові, дисперсногематитові з каолінітом («краска»), які в значній мірі вже відпрацьовані, а також товщами магнетитових залізистих кварцитів магнетит-кварцового, залізнослюдко-магнетит-кварцового, силікат-карбонат-магнетит-кварцового і магнетит-силікат-карбонат-кварцового складу, які є частиною сировинної бази для роботи Центрального ГЗК. Гематитові кварцити, станом на сьогодні, не відпрацьовуються, хоча і становлять значну частину сировинного потенціалу родовища.

3. Руди, які видобуваються на шахті «Тернівська», єдиним потоком поступають на дробарно-сортувальну фабрику (середній вміст заліза загального в потоці становить 52 мас. %) з метою подальшого поліпшення якісних показників рудної маси. При цьому одержують високоякісну аглоруду ($\beta=59,1$ %), рядову аглоруду ($\beta=57,2$ %) і надградковий продукт (крупність часток 10-25 мм, $\beta=45,3$ %)). Проведені автором дослідження показали, що крупнозернистий відсів ДСФ переважно складається з уламків гематитових кварцитів (87,2 мас. %), а також часток багатих гематитових руд (7,9 мас. %), магнетитових кварцитів (1,8 мас. %) і бідних на залізо вмісних порід - 3,1 мас. %. Отримана інформація стала основою для проведення відповідних технологічних досліджень.

4. Метою технологічних випробувань було визначення оптимальних параметрів рудопідготовки і збагачення продуктів грубозернистого відсіву (хвостів

ДСФ) для кінцевого одержання агломераційного концентрату з вмістом заліза загального не нижче 58 мас. % при виході концентрату на рівні 30 %. В результаті, найбільш ефективним виявився гравітаційний метод збагачення гематитових кварцитів уже в класі крупності -1,0 мм, заснований на існуванні значного градієнту між рудними і нерудними мінералами за питомою вагою (5200 кг/м^3 для гематиту (мартиту), реліктового магнетиту і 2650 кг/м^3 для кварцу). При цьому був отриманий аглоконцентрат з необхідним вмістом заліза загального - 60,9 мас. %. Вихід концентрату склав 42,6 %.

5. Залучення в технологічну переробку хвостів ДСФ шахти «Тернівська» буде сприяти подальшому зростанню ступеня комплексності використання мінеральної сировини родовища, дозволить вирішити ряд суттєвих соціальних і екологічних проблем регіону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Видана література

1. **Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000.** Центральноросійська серія. Аркуші М-36-XXXIV (Жовті Води), L-36-IV (Кривий Ріг) : пояснювальна записка. В. В. Захаров, А. В. Мартинюк, Ю. М. Токар. Київ : Міністерство екології та природних ресурсів України ; Державна геологічна служба України ; Український державний геологорозвідувальний інститут (УкрДГРІ), 2002. 101 с.
2. **Паранько І. С., Євтехов В. Д., Євтехов Є. В.** *Геологія і корисні копалини Криворізького басейну.* Кривий Ріг : Криворізький технічний університет, 2001. 70 с.
3. **Стрельцов В., Євтехов В., Євтехова А., Шепелюк М.** Технологічна мінералогія залізрудних рибекітових метасоматитів Криворізького басейну. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2018. № 2(81). С. 23–27.
4. **Тіхлівець С. В., Трунін О. М.** Horizontal and Vertical Zonation of the Weathering Rind of the Northern Part of the Kryvyi Rih Basin // *Journal of Geology, Geography and Geoecology.* 2019. Vol. 28, № 3. P. 581–590. DOI: 10.15421/111955.

Фондова література

5. **Загребя О. В.** Геологічна характеристика Криворізького родовища лікувальних радонових вод : пояснюв. зап. до кваліфікац. (магістер.) роботи зі спец. 103 «Науки про Землю». наук. керівник О. М. Трунін. Криворізький національний університет. Кривий Ріг, 2022. 51 с.
6. **Звіт з оцінки впливу на довкілля** планованої діяльності за проектом «Підготовка пласта С4 на прирізаній ділянці Тернівська-Південна шахти «Тернівська», яка розташована у м. Тернівка Павлоградського району Дніпропетровської області. Реконструкція». ВСП «Шахтоуправління Павлоградське» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля». Тернівка, 2019. 267 с. (реєстраційний номер справи 201812262526).

Інтернет-ресурси

7. **Сайт** «Історія Кривого Рогу». URL : <https://history.1kr.ua/publication/571> (дата звернення 17.04.2026 р.).