

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

Андрейчак Вікторія Олександрівна

УДК 549 : 553.8 : 553.31 (477.63)

СОКОЛИНЕ ТА ТИГРОВЕ ОКО ІЗ ЗАЛІЗИСТИХ ПОРІД КРИВОРІЗЬКОГО
БАСЕЙНУ: ТОПОМІНЕРАЛОГІЯ, ГЕНЕЗИС, ГЕМОЛОГІЯ

Спеціальність 04.00.20 – Мінералогія, кристалографія

Дисертація на здобуття наукового ступеню
кандидата геологічних наук

Науковий керівник:
доктор геолого-мінералогічних наук,
професор В.Д.Євтехов

Кривий Ріг – 2016

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	5
 РОЗДІЛ 1. Геологічний нарис.....	 12
1.1. Загальні відомості.....	12
1.2. Стратиграфія.....	16
1.3. Тектоніка.....	22
1.4. Магматизм.....	25
1.5. Метаморфізм.....	26
1.6. Метасоматизм і гідротермальний процес.....	27
1.7. Гіпергенез.....	28
1.8. Корисні копалини.....	29
 РОЗДІЛ 2. Вихідний матеріал і методика досліджень.....	 32
 РОЗДІЛ 3. Топомінералогія ока.....	 38
3.1. Історичні відомості.....	38
3.2. Локалізація проявів ока.....	41
3.2.1. Планетарне поширення родовищ та проявів соколиного й тигрового ока.....	41
3.2.2. Криворізький басейн.....	43
3.2.2. Глеюватське родовище.....	47
3.3. Морфологія жил ока.....	52

РОЗДІЛ 4. Генетична мінералогія ока.....	59
4.1. Мінералого-генетичні різновиди ока.....	59
4.1.1. Сіре соколине око.....	59
4.1.2. Блакитне соколине око.....	66
4.1.3. Синє соколине око.....	70
4.1.4. Тигрове око.....	74
4.2. Фактори утворення жил ока.....	79
4.2.1. Стратиграфічний фактор.....	79
4.2.2. Метаморфічний фактор.....	83
4.2.3. Тектонічний фактор.....	85
4.2.4. Метасоматичний фактор.....	91
4.2.5. Гіпергенний фактор.....	93
4.2.6. Мінералічний фактор.....	94
4.3. Варіативність хімічного складу соколиного, тигрового ока....	95
4.3.1. Сіре соколине око.....	96
4.3.2. Блакитне соколине око.....	97
4.3.3. Синє соколине око.....	101
4.3.4. Тигрове око.....	102
 РОЗДІЛ 5. Прикладна гемологія соколиного і тигрового ока.....	 105
5.1. Декоративні особливості соколиного та тигрового ока Криво- різького басейну й інших регіонів планети.....	 105
5.2. Класифікація ока.....	109
5.2.1. Класифікації кольорового каменю попередніх дослідни- ків та позиція в них соколиного і тигрового ока.....	 110
5.2.2. Класифікація ока Криворізького басейну.....	114
5.3. Вироби з тигрового та соколиного ока.....	121
5.3.1. Рекомендації щодо покращення технологічного процесу	

виготовлення виробів з ока.....	122
5.3.2. Види виробів з соколиного та тигрового ока.....	128
ВИСНОВКИ.....	137
ЛІТЕРАТУРА.....	141
ДОДАТКИ.....	164

ВСТУП

Актуальність теми. Родовища Криворізького басейну протягом 135 років розробляються як залізорудні. Незначною мірою проводиться видобуток декількох супутніх корисних копалин: скельних розкривних порід як сировини для виробництва щебеню; піску, глини, суглинку та вапняку як місцевої будівельної сировини; мусковітового кварциту для виготовлення облицювальної та тротуарної плитки. В той же час дослідженнями останніх років була встановлена присутність у складі залізорудних та вмісних товщ родовищ басейну близько 50 видів металевих і неметалевих корисних копалин. До них відноситься камінь-самоцвіт та колекційна сировина. За її різноманітністю й ресурсами Криворізький басейн посідає провідне місце в Україні. Одним з найбільш яскравих різновидів кольорового каменю Кривбасу є соколине та тигрове око, яке протягом останніх років стало своєрідною мінералогічною візитною карткою басейну.

Око відноситься до найбільш рідкісних самоцвітів планети: крім Кривбасу воно в помітній кількості видобувається в Південно-Африканській республіці поблизу міста Грик'юатаун (Griquatown) в долині р. Оранжева та в Південно-Східній Індії (залізорудний басейн Сінгхбум), а також у Західній Австралії, США (штат Каліфорнія), Чехії, Шрі-Ланці, Мексиці, Китаї, Росії. Найбільш відоме південноафриканське тигрове око досить глибоко та всебічно досліджене, активно використовується як гемологічна сировина, вироби з нього представлені на багатьох виставках коштовного каменю. В той же час його криворізький аналог, який вигідно відрізняється більшою колористичною, структурною, тек-

стурною різноманітністю, видобувається й використовується в значно менших масштабах. Збільшення видобутку ока в Кривбасі сприяло б розширенню спектру супутніх корисних копалин, які використовуються, підвищенню рівня утилізації видобутої з надр мінеральної сировини, вирішенню низки економічних, екологічних, соціальних питань. Цьому заважає недостатній рівень мінералогічної вивченості ока: локалізації його проявів, систематичної, генетичної мінералогії, типоморфізму мінералів, які входять до складу ока. Зазначене обумовлює наукову та прикладну актуальність обраної автором теми дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась за ініціативою автора в зв'язку з виконанням Науково-прикладної програми Криворізького національного університету «Комплексна мінерально-сировинна база Криворізького басейну. 2010-20 рр.», Програми Інституту розвитку міста Кривого Рогу «Мінералогічні скарби Криворізького басейну. 2010-15 рр.», Рішення Дніпропетровської обласної ради від 24 червня 2011 року №132-7/VI «Про комплексну стратегію розвитку Дніпропетровської області на період 2010-20 року», Рішення Криворізької міської ради від 23.11.2011 №711 «Про затвердження стратегічного плану розвитку міста Кривого Рогу до 2015 року».

Мета і задачі дослідження полягала у встановленні закономірності локалізації проявів, морфології індивідів і агрегатів, варіативності мінерального, хімічного складу й гемологічних показників соколиного та тигрового ока Криворізького басейну.

Досягненню мети сприяло вирішення наступних **задач**:

- проаналізувати та узагальнити результати раніше виконаних опублікованих і фондових робіт про соколине, тигрове око Криворізького басейну та інших регіонів;
- визначити закономірності локалізації проявів ока в Криворізькому басейні та в межах Глеюватського родовища як пріоритетного;
- встановити особливості морфології та внутрішньої будови жил ока;

- визначити типоморфні особливості морфології індивідів та агрегатів мінералів головних колористичних різновидів ока, варіативності їх хімічного складу;
- розробити гемологічну класифікацію ока Криворізького басейну;
- проаналізувати напрямки використання ока як виробного каменю, розробити рекомендації, спрямовані на підвищення його ефективності та експериментально підтвердити доцільність запропонованих заходів.

Об’єкт дослідження – прояви соколиного й тигрового ока Криворізького басейну.

Предмет дослідження – мінералогічні та гемологічні особливості ока.

Методи дослідження: 1) *топомінералогічний* – для встановлення закономірностей поширення жил ока в межах Криворізького басейну та пріоритетного Глеюватського родовища; 2) *мінералого-морфологічний* – для визначення особливостей форми та внутрішньої будови жил, а також морфології агрегатів та індивідів мінералів ока; 3) *мінералого-генетичний* – з метою виявлення головних етапів і стадій утворення ока; 4) *мікроскопічний* – для визначення мінерального складу соколиного та тигрового ока, просторових взаємовідношень мінеральних індивідів у будові його агрегатів; 5) *рентгенофазовий* – для уточнення діагностики мінералів ока; 6) *магнітометричний* – для підтвердження ефекту утворення мікро- та нанокристалів магнетиту в процесі епігенетичних перетворень первинного амфіболового азбесту; 7) *рентгенофлуоресцентний* – з метою встановлення закономірностей зміни хімічного складу ока при його утворенні та епігенетичних перетвореннях; 8) *силікатний хімічний* – з метою деталізації відомостей про варіативність складу ока головних мінеральних різновидів; 9) *гемологічний* – для оцінки колористичних різновидів ока як камене-самоцвітної сировини та розробки гемологічної класифікації ока Криворізького басейну.

Збір, обробка та аналіз результатів досліджень, підготовка й оформлення дисертації виконувалось з використанням допоміжних методів макро- та мік-

рофотозйомки, комп'ютерної обробки текстового, цифрового та графічного матеріалу.

Наукова новизна одержаних результатів: 1) вперше виявлені закономірності локалізації проявів ока Криворізького басейну та Глеюватського родовища, яке характеризується найбільшим поширенням самоцвіту; 2) охарактеризовані та класифіковані морфологічні різновиди жил ока, досліджені особливості їх внутрішньої будови; 3) встановлений вплив геологічних процесів (седиментація, динамотермальний метаморфізм, метасоматоз, тектогенез, гіпергенез) на мінеральний та хімічний склад ока, морфологію індивідів і агрегатів мінералів головних колористичних різновидів ока; 4) виявлені закономірності впливу генезису на цінність ока як виробного каменю.

Практичне значення одержаних результатів полягає у: 1) складенні карти поширення проявів соколиного, тигрового ока в межах Криворізької структури; 2) виявленні пошукових мінералогічних ознак їх присутності в продуктивній і вмісних товщах Глеюватського родовища, яке характеризується найбільшим поширенням самоцвіту; 3) встановленні закономірностей зміни якості ока в залежності від інтенсивності сингенетичного окварцування та епігенетичних змін ока; 4) складанні гемологічної класифікації ока; 5) розробці мінералогічних рекомендацій, спрямованих на підвищення ефективності пошуку проявів ока та якості обробки самоцвіту.

Особистий внесок здобувача. Автором дисертаційної роботи були узагальнені та проаналізовані результати попередніх геологічних, мінералогічних, та гемологічних досліджень проявів ока Криворізького басейну й інших регіонів; виконані польові дослідження умов локалізації, складу та генезису вмісних порід, морфології, внутрішньої будови жил ока; відібрані 158 проб головних мінералогічних і колористичних різновидів ока; з використанням традиційних і новітніх методів досліджені мінеральний та хімічний склад ока головних мінеральних різновидів, умови їх утворення; виявлений вплив сингенетичних та епігенетичних процесів на якість ока як виробного каменю.

Окремі публікації (в яких висвітлені результати роботи) надруковані у співавторстві з В.Д.Євтеховим, В.Д.Блохою та А.В.Євтеховою. У роботах [6, 113, 114, 115, 116, 118] за участю автора були виконані топомінералогічні та гемологічні дослідження; узагальнені одержані результати. У роботах [51, 117, 119] автору належать формулювання ідей; збір вихідних даних і їх опрацювання; виконання графічних робіт; написання статті та тез доповідей. У роботах [11, 19, 52,] автор брала участь у формулюванні мети і задач досліджень; підготовці вихідного матеріалу; вивченні мінералогічного складу ока Криворізького басейну. У роботах [7, 9, 12, 14] автору належить вивчення локалізації жил ока; розробка схематичної карти поширення його проявів у Криворізькому басейні; узагальнення одержаних результатів; написання статті та тез доповідей. У роботі [20] автору належить формулювання ідей, мети і задач досліджень; збір вихідного матеріалу; аналіз результатів хімічних досліджень; узагальнення одержаних даних; написання статті. У роботах [8, 10] за участю автора був виконаний літературний огляд; аналіз попередніх досліджень; узагальнені одержані результати. У роботі [13] автору належить опрацювання результатів мінералогічних досліджень; участь у написанні тез доповідей. У роботі [85] автор виконувала збір вихідного матеріалу; графічні роботи; брала участь у формулюванні висновків та написанні тез доповідей. У роботах [15, 16, 17, 18] автору належить збір вихідного матеріалу, розробка гемологічної класифікації ока, виконання графічних робіт.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень автора дисертації були представлені на Міжнародній науково-практичній конференції «Іноземна мова як засіб мобільності майбутніх фахівців у контексті Болонської декларації» (м. Кривий Ріг, 2010 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Гірничо-металургійний комплекс: досягнення, проблеми та перспективи розвитку-2010» (м. Кривий Ріг, 2010 р.); на VII, VIII, IX Міжнародних конференціях «Проблеми теоретичної і прикладної мінералогії, геології, металогенії гірничодобувних регіонів (м. Кривий Ріг, 2010, 2012, 2014 рр.); на I, II Міжнародних науково-технічних конференціях «Сучасні технології розробки рудних родовищ»

(Кривий Ріг, 2011, 2012 pp.); на Міжнародних науково-технічних конференціях «Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості» (Кривий Ріг, 2011, 2012 pp.); на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Молодий науковець XXI століття» (м. Кривий Ріг, 2012 p.); на IX, X Всеукраїнських науково-практичних конференціях «Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців» (м. Кривий Ріг 2012, 2013 pp.); на II Міжнародній науково-технічній конференції «Геомеханічні аспекти та екологічні наслідки відпрацювання рудних покладів» (м. Кривий Ріг, 2012 p.); на I Міжнародному науково-практичному форуму «Індустріальний туризм: реалії та перспективи» (м. Кривий Ріг, 2013 p.); на Міжнародній науковій конференції «Роль вищих навчальних закладів у розвитку геології» (70 років геологічному факультету, м. Київ, 2014 p.) на Міжнародних науково-технічних конференціях «Сталий розвиток промисловості та суспільства» Геологія та економіка мінеральної сировини. (Кривий Ріг, 2013, 2015, 2016 pp.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи висвітлені в 31 публікації, з яких 6 опубліковані у наукових фахових виданнях України; 1 – у науковому фаховому виданні України, що включено до міжнародних наукометричних баз; 1 – у інших публікаціях за темою дисертації; 23 – тези доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

Структура і об'єм роботи. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів (які включають 80 рисунків, 7 таблиць), висновків, переліку літературних джерел із 223 найменувань на 25 сторінках, 10 додатків на 17 сторінках. Обсяг основного тексту становить 135 сторінок.

При зборі вихідного матеріалу, підготовці та написанні дисертації автор користувалась консультаціями, обговоренням одержаних результатів, порадами у виборі методів їх обробки, узагальнення, аналізу тощо співробітників кафедри геології і прикладної мінералогії Криворізького національного університету доктора геологічних наук професора А.А.Березовського, кандидатів геолого-мінералогічних і геологічних наук доцентів В.Д.Блохи, А.В.Євтехової, О.М.Труніна, В.В.Стеценка, В.М.Харитонова, Г.Я.Смірної, С.В.Тіхлівець,

наукових співробітників В.В.Філенко, Т.В.Зайченка, аспірантів Д.М.Прилепи, О.С.Демченка. На всіх етапах роботи автор користувалась допомогою і порадами кандидатів геологічних наук головного геолога Північного гірничо-збагачувального комбінату Є.В.Євтехова та геолога Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату О.Я.Смірнова. Допомогу у виконанні рентгенофазового, рентгенофлуоресцентного, магнітометричного аналізів надала старший науковий співробітник Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П.Семененка НАН України кандидат біологічних наук Н.О.Дудченко.

Особливу подяку автор висловлює науковому керівнику роботи завідувачу кафедри геології і прикладної мінералогії Криворізького національного університету доктору геолого-мінералогічних наук професору В.Д.Євтехову.

Розділ 1.

ГЕОЛОГІЧНИЙ НАРИС

1.1. Загальні відомості

Криворізький залізорудний басейн є одним з найцікавіших геологічних об'єктів Українського щита, розташований у його центральній частині, приурочений до межі двох різновікових мегаблоків – Кіровоградського, складеного палеопротерозойськими гранітоїдами і метаморфітами, та Придніпровського, у складі якого переважають плагіогранітоїди та метакластоліти палео- і мезоархею (рис. 1.1).

Кристалічні утворення перекриваються малопотужним чохлом, складеним осадовими породами палеогенової та неогенової систем. В адміністративному відношенні Криворізький залізорудний басейн входить до складу Криворізького, П'ятихатського районів Дніпропетровської області України. Територія басейну являє собою горбисту степову рівнину з абсолютними висотами від 50 до 200 м над рівнем моря.

Основним тектонічним елементом Криворізького басейну є Криворізька структура. За особливостями геологічної будови, умовами утворення, локалізацією залізорудної товщі басейн поділяється на чотири залізорудні райони Північний (Ганнівський), Саксаганський (Центральний), Південний, Інгулецький (Лихманівський) (рис. 1.2) [33, 39, 40, 43].

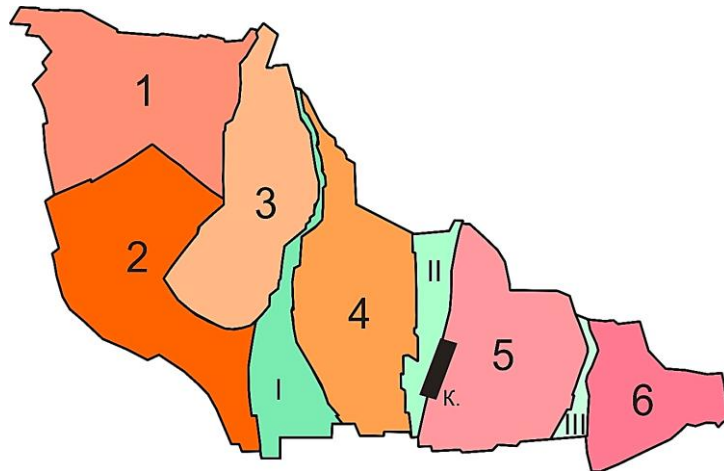


Рис. 1.1. Положення Криворізького залізорудного басейну (К.) в межах Українського щита.

Мегаблоки: 1 – Волинський; 2 – Дністерсько-Бузький; 3 – Росинсько-Тикицький; 4 – Інгульський; 5 – Середньопридніпровський; 6 – Приазовський.

Шовні зони: I – Голованівська; II – Інгулецько-Криворізька; III – Оріхово-Павлоградська.

Північний або Ганнівський залізорудний район об'єднує дві залізорудні смуги – відносно потужну Східно-Ганнівську та малопотужну, невитриману за простяганням Західно-Ганнівську. Залізорудні смуги розділені товщею різного складу метакластолітів і доломітових мармурів гданцівської та глеюватської світ. У межах південної частини Східно-Ганнівської смуги розташоване Ганнівське родовище магнетитових кварцитів, яке розробляє Північний гірничозбагачувальний комбінат (ПнГЗК).

Центральний або Саксаганський залізорудний район відокремлений від Північного району субширотною зоною Девладівського глибинного розлому, від Південного району – зоною Діагонального розлому. Продуктивною товщею району є Саксаганська залізорудна смуга. В межах району розташовані декілька родовищ багатих гематитових руд, які розробляються, здебільшого,

шахтами, а також Глеюватське родовище магнетитових кварцитів Центрального ГЗКу.

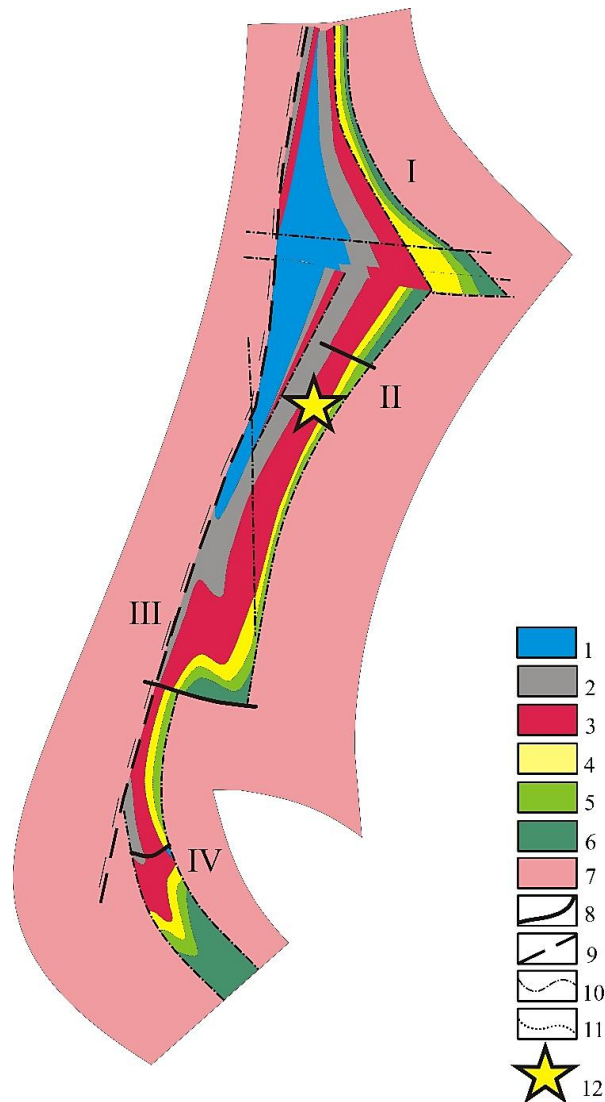


Рис. 1.2. Схематична карта районування Криворізької структури.

1 – глеюватська світа; 2-5 – криворізька серія: 2 – гданцівська світа; 3 – саксаганська світа; 4 – скелюватська світа; 5 – новокриворізька світа; 6 – конкська серія; 7 – гранітоїди дніпропетровського комплексу; 8-10 – розрізні порушення: 8 – мантийні, 9 – корово-мантийні, 10 – корові; 11 – лінії стратиграфічних контактів; 12 – місце розташування Глеюватського родовища.

Залізорудні райони: I – Північний (Ганнівський); II – Центральний (Саксаганський); III – Південний; IV – Інгулецький (Лихманівський).

Південний залізорудний район обмежений з північного сходу зоною Діагонального розлому, з півдня – лінією замикання Основної Криворізької синкліналі. На території району розташовані чотири крупних родовища магнетитових кварцитів (Скелюватське, Новокриворізьке, Валявкинське, Шимановське), декілька дрібних родовищ багатих залізних руд бувших рудників ім. В.А.Валявка та ім. Ілліча, а також три крупних родовища гематитових кварцитів (Скелюватське, Валявкинське та Східно-Валявкинське). Скелюватське, Новокриворізьке й Валявкинське родовища магнетитових кварцитів розробляються Південним ГЗК і ГЗК комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Лихманівський або Інгулецький залізорудний район розташований у південній частині Криворізького басейну. Північною межею його є ділянка поєднання Лихманівської синкліналі з західним крилом Основної Криворізької синкліналі. Продуктивна товща району – Лихманівська залізорудна смуга, в південній частині якої в зоні замикання Лихманівської синкліналі знаходиться Інгулецьке родовище магнетитових кварцитів. Родовище є сировинною базою Інгулецького ГЗКу. На північ від нього вздовж усього простягання Лихманівської смуги розташована низка дрібних родовищ багатих і бідних гематитових і магнетитових руд, більшість з яких відпрацьована кар'єрами та шахтами.

Аналіз даних про геологічну будову залізорудних районів Криворізького басейну свідчить про їх суттєву відмінність за складом і будовою залізорудної товщі саксаганської світи, за проявом тектонічних процесів (як плікативних, так і диз'юнктивних), за активністю прояву метасоматичних і гідротермальних процесів, за характером зруденіння, ступенем динамотермального метаморфізму, інтенсивністю гіпергенних змін порід залізо-кремнистої формації. Внаслідок цього вони суттєво відрізняються також за характером прояву і за складом каменесамоцвітної та колекційної сировини.

1.2. Стратиграфія

За геологічною будовою і локалізацією корисних копалин Криворізька структура відноситься до визначних об'єктів Українського щита. В її будові беруть участь утворення трьох еонів – архею, протерозою та фанерозою. Мезоархейські та палеопротерозойські метаморфізовані вулканогенні, вулканогенно-осадові утворення складають кристалічний фундамент структури. Його перекриває кайнозойський чохол осадових гірських порід.

Мезоархейські утворення **конської серії** в межах Кривбасу на світі не поділені [143-145], вони картуються вздовж східного крила Криворізької структури, в замкових частинах Основної та Лихманівської синкліналей. Порооди серії метаморфізовані в умовах епідот-амфіболітової, меншою мірою – зеленосланцевої фації динамотермального метаморфізму. В межах Саксаганського та Південного залізрудних районів серія представлена амфіболітами, кварц-польовошпат-роговообманковими, хлорит-кварц-біотит-польовошпат-роговообманковими сланцями – продуктами динамотермального метаморфізму первинних толейтів, дацитів, андезитів. У підпорядкованій кількості спостерігаються малопотужні прошарки кварц-двослюдяних, роговообманко-кварц-біотитових сланців, мономінеральних і силікатних кварцитів. Потужність серії змінюється від 300 до 700 м, локально досягає 1100 м.

Криворізька серія поділена на чотири світи (знизу догори): новокриворізьку, скелюватську, саксаганську та гданцівську [1, 43, 56, 165-167, 194].

Новокриворізька світ найбільш ґрунтовно вивчена в межах Саксаганського й Південного залізрудних районів, де вона з кутовим і стратиграфічним неузгодженням залягає на конкській серії. В базальній частині світи переважають роговообманко-плагіоклазові амфіболіти (метабазити), подібні до амфіболітів конкської серії, другорядне значення мають метаморфізовані кластогенні утворення, переважно, кварц-двослюдяні сланці, силікатні кварцити. Верхню

частину розрізу світи складають, головним чином, кварц-хлоритові, серицит-кварц-хлоритові, кварц-серицит-хлоритові (ділянки прояву зеленосланцевої фації динамотермального метаморфізму) або кварц-двослюдяні, кварц-роговообманко-біотитові (ділянки епідот-амфіболітової фації) сланці. Другорядне значення мають амфіболіти, а також польовошпат-кварцові метапісковики та метагравеліти з кварц-серицитовим, хлорит-кварц-серицитовим цементом [1, 43, 143, 144, 194].

Скелюватська світа згідно залягає на новокриворізькій. В її складі беруть участь гірські породи трьох підсвіт: нижньої, середньої та верхньої. Загальна потужність світи змінюється від 40-50 до 340-360 м [1, 43, 143, 144, 194].

Нижня підсвіта характеризується регресивним типом розрізу і складена серицитовими (зеленосланцева фація) або мусковітовими (епідот-амфіболітова фація) кварцитами (метапісковиками) – так званими «аркозами», – а також гравійними, галечними, іноді валунними метаконгломератами з кварц-серицитовим або кварц-мусковітовим цементом. Кількість метаконгломератів зростає знизу догори за розрізом підсвіти. Потужність її коливається від 10 до 160 м, досягаючи максимуму в східній частині замикання Основної структури.

Середня підсвіта, на відміну від нижньої, характеризується трансгресивним типом розрізу. Базальна її частина складена польовошпат-кварцовими метагравелітами з кварц-серицитовим або кварц-мусковітовим цементом і серицитовими (мусковітовими) кварцитами (метапісковиками). Догори за розрізом їх поступово змінюють серицитові (мусковітові) кварцити, кварц-серицитові (кварц-мусковітові) сланці. Завершують розріз підсвіти верстви кварц-серицитових, кварц-мусковітових сланців (іноді з хлоритом, біотитом, графітом), відомі під назвою «філіти», з малопотужними проверстками серицитових (мусковітових) кварцитів. Потужність підсвіти від 10 до 80 м.

Верхня підсвіта різко відрізняється від нижньої та середньої за складом і походженням гірських порід. Її складають продукти динамотермального метаморфізму ультрабазитів і базитів підводних ефузивів: карбонат-хлорит-талькові, хлорит-талькові сланці (зеленосланцева фація) або хлорит-тальк-

тремоліт-актинолітові, тальк-актинолітові та близькі за складом сланці, а також актинолітити, тремолітити (епідот-амфіболітова фація). Потужність підсвіти по простяганню Криворізької структури коливається від 0 до 250 м.

Саксаганська світа – продуктивна залізорудна товща басейну – згідно залягає на скелюватській світі. Повний її розріз включає сім залізистих і сім сланцевих горизонтів. По простяганню Криворізької структури кількість і потужність горизонтів у розрізі світи змінюється. За петрографічним складом стратиграфічних горизонтів, саксаганська світа поділяється на нижню, середню і верхню підсвіти [1, 43, 44, 143, 144].

Нижня підсвіта об'єднує перший, другий сланцеві та перший, другий залізисті горизонти. В будові сланцевих горизонтів беруть участь серицит-кварц-хлоритові, кварц-хлоритові, карбонат-кварц-хлоритові (ділянки прояву динамотермального метаморфізму зеленосланцевої фації) або мусковіт-кварц-біотитові, гранат-кварц-біотитові, гранат-біотит-кварц-кумінгтонітові (ділянки епідот-амфіболітової фації) сланці з прошарками безрудних кварцитів. Потужність першого і другого сланцевих горизонтів в окремих розрізах Інгулецького, Південного та південної частини Саксаганського залізорудних районів змінюється від 50 до 150 м. У північній частині останнього спостерігається поступове зменшення їх потужності до перших десятків метрів. Залізисті горизонти підсвіти складені, переважно, магнетит-силікатними, силікат-магнетитовими, меншою мірою – магнетитовими кварцитами. Силікати в них представлені, головним чином, хлоритом (зеленосланцева фація) або біотитом, кумінгтонітом, зрідка гранатом (епідот-амфіболітова фація) [1, 37, 43, 124, 194]. В складі центральних зон другого залізистого горизонту південної частини Інгулецького району зустрічаються магнетитові, залізнослюдко-магнетитові кварцити. Тут залізисті горизонти підсвіти мають максимальну потужність (перший залізистий горизонт до 150 м, другий до 500 м). В напрямку Саксаганського району та далі на північ потужність їх суттєво зменшується. В північній частині Первомайського родовища і в межах Ганнівського родовища Північного залізорудного району в зв'язку з виклинюванням другого сланцевого горизонту перший і другий

залізисті горизонти поєднуються в один – перший-другий залізистий горизонт потужністю від 10 до 50 м. Загальна потужність підсвіти в різних розрізах Кривбасу коливається від декількох десятків до 800-900 м.

До складу *середньої підсвіти* входять третій, четвертий сланцеві і третій залізистий горизонти [1, 43, 194]. Їх породний і мінеральний склад близький до складу сланцевих і залізистих горизонтів нижньої підсвіти. Третій сланцевий горизонт незначний за потужністю (10-30 м), в окремих розрізах спостерігається його виклинювання. Потужність четвертого сланцевого горизонту збільшується від 10-20 м у південній частині Лихманівського залізорудного району до 100-120 м у центральній частині Саксаганського району; далі в північному напрямку спостерігається поступове її зменшення до перших десятків метрів. Максимальна потужність третього залізистого горизонту (до 40-50 м) – в Інгулецькому районі Кривбасу. В напрямку північної частини Саксаганського району (родовища шахт «Гвардійська» та ім. В.І.Леніна) спостерігається поступове зменшення його потужності; в розрізі саксаганської світи Північного залізорудного району цей горизонт відсутній. Загальна потужність підсвіти змінюється від декількох десятків у північній до 300-350 м у південній частині Саксаганського залізорудного району.

Верхню підсвіту складають п'ятий, шостий, сьомий сланцеві та четвертий, п'ятий, шостий, сьомий залізисті горизонти [1, 43, 143, 144, 194]. Підсвіта містить основні запаси залізорудної сировини родовищ Кривбасу. П'ятий сланцевий горизонт за породним складом подібний до сланцевих горизонтів нижньої підсвіти, лише в південній частині Саксаганського та в Інгулецькому залізорудному районі його складають магнетит-силікатні кварцити. Потужність горизонту коливається від 10-15 до 40-50 м. В північній частині Саксаганського району та далі на північ через виклинювання третього й четвертого залізистих горизонтів спостерігається об'єднання п'ятого, четвертого та третього сланцевих горизонтів у одну сланцеву товщу. Шостий сланцевий горизонт Саксаганського й Південного залізорудних районів складають кварц-хлоритові сланці з порфіробластами магнетиту. Його потужність тут коливається від 10-30 до 140-

150 м. В південній частині Лихманівського району (Інгулецьке родовище) горизонт представлений трьома-чотирма малопотужними (1-7 м) зближеними верствами гранат-хлорит-кварц-кумінгтонітових сланців, розділених близькими за потужністю верствами малорудних залізистих кварцитів. В північному напрямку магнетит-кварц-хлоритові сланці в складі горизонту змінюються спочатку магнетит-біотит-кварц-кумінгтонітовими сланцями (Первомайське родовище), а далі на північ (Ганнівське родовище) – близькими за мінеральним складом магнетит-силікатними кварцитами. В центральній частині Східно-Ганнівської залізорудної смуги потужність горизонту поступово зменшується, і в північній її частині він відсутній.

Залізисті горизонти підсвіти складені магнетит-силікатними, силікат-магнетитовими, магнетитовими, залізнослюдко-магнетитовими кварцитами [1, 37, 43, 124]. В центральних частинах розрізів п'ятого і шостого залізистих горизонтів Інгулецького, Склеюватського, Валявкінського та інших родовищ присутні магнетит-залізнослюдкові кварцити [43, 84]. Максимальна потужність четвертого залізистого горизонту (до 500 м) зафіксована в межах Склеюватського родовища. В південному та північному напрямках цей його показник зменшується: в межах Інгулецького родовища він становить 30-70 м, а в північній частині Саксаганського району спостерігається виклинювання горизонту. В розрізі Східно-Ганнівської залізорудної смуги четвертий залізистий горизонт відсутній. П'ятий і шостий залізисті горизонти, на відміну від інших стратиграфічних горизонтів саксаганської світи (за винятком першого і шостого сланцевих), присутні в розрізах усіх родовищ Кривбасу. В межах цих горизонтів найбільш поширені поклади багатих залізних руд, найактивніше проявлені гіпергенні зміни залізистих кварцитів.

Розрізи сьомого сланцевого і сьомого залізистого горизонтів представлені магнетит-силікатними, іноді силікат-магнетитовими кварцитами. Найбільш поширені силікати в їх складі – кумінгтоніт і біотит, а в центральній частині Саксаганського району – хлорит і кальцій-магній-залізистий карбонат. У більшості розрізів межа між цими двома горизонтами проводиться досить умовно –

за підвищенням (на 3-5 мас.%) загальним вмістом заліза в породах сьомого залізного горизонту в порівнянні з породами сьомого сланцевого. Максимальну потужність товща цих двох горизонтів має в межах Первомайського родовища – до 700-800 м. В південному напрямку вона помітно зменшується і в центральній частині Саксаганського району спостерігається виклинювання обох горизонтів. У розрізах залізорудної товщі південної частини Саксаганського району, а також Південного та Інгулецького районів ці горизонти відсутні. В Північному районі за традиційною стратиграфічною схемою верхня підсвіта виділяється під назвою «висячої пачки залізорудної товщі». Потужність її тут змінюється від 100-150 м у південній до 350-400 м у центральній і північній частинах Східно-Ганнівської смуги.

Завершує розріз криворізької серії *гданцівська світа*, яка з кутовим і стратиграфічним неузгодженням залягає на породах саксаганської світи [1, 37, 43, 124, 194]. В її будові беруть участь серицит-плагіоклаз-кварц-хлоритові, графіт-серицит-кварц-хлоритові сланці, олігоміктові метапісковики та метаконгломерато-брекчії (зеленосланцева фація) або кварц-плагіоклаз-біотитові, ставроліт-андалузит-кварц-біотитові, графіт-кварц-двослюдяні, кварц-біотит-роговообманкові сланці, біотитові, роговообманко-біотитові кварцити, а також різного складу залізисті кварцити, первинно кластогенні метаморфізовані багаті залізні руди (продукти перемиву кори вивітрювання залізистих порід саксаганської світи), кварц-карбонатні породи та доломітові мармури. Середня потужність світи в межах Інгулецького залізорудного району становить 30-50 м, Саксаганського й Південного районів – 700-1000 м, Північного району – досягає 2000-2500 м, в середньому не перевищує 1500 м.

Породи *глеюватської світи* складають центральну частину Криворізької структури [1, 37, 43, 124, 144, 194]. В будові світи беруть участь поліміктові метаконгломерати, кварц-польовошпатові та польовошпат-кварцові метапісковики, кварц-біотитові, плагіоклаз-кварц-біотитові, гранат-кварц-біотитові, гранат-роговообманко-кварц-біотитові та іншого складу сланці. Загальна потужність світи в північній частині Саксаганського і в Північному залізорудних районах

досягає 2000-2500 м. В південному напрямку цей показник суттєво зменшується, світа виклинюється в південній частини Саксаганського району, в межах Південного та Інгулецького районів вона відсутня.

Утворення **кайнозойської ератеми** складають осадовий чохол Кривбасу. Вони представлені відкладами палеогенової, неогенової і четвертинної систем, які субгоризонтально перекривають породи кристалічного фундаменту [1, 43, 194]. Головними породами осадового чохла є пісок, суглинок, глина, вапняк, мергель, більш рідкісними – вторинний каолін, буре вугілля, боксит, марганцева та перевідкладена бурозалізнякова руда. З півночі на південь басейну потужність кайнозойської осадової товщі зростає від 10 до 150 м, урізноманітнюється її літологічний склад.

1.3. Тектоніка

За тектонічною будовою Криворізька структура відноситься до найбільш складних геологічних утворень УЩ (рис. 1.3). Частина дослідників розглядає її як внутрішню зону крайового прогину, який знаходився в західній частині Середньопридніпровського мегаблоку.

Згідно з іншими уявленнями, Криворізька залізорудна смуга разом із Західно-Інгулецької смугою метавулканітів і метакластолітів є частиною перикратонного басейну, який відповідає пасивній континентальній окраїні фрагменту епіархейського мікроконтиненту Середньопридніпровського мегаблоку. Частина геологів розглядають формування Криворізької структури з позицій рифтогенезу. Існує також модель утворення її в зоні субдукції, вздовж якої відбувалось підсування океанічної кори Середньопридніпровського літосферного бло-

ку під Інгульський (Кіровоградський) мікроконтинент [33, 34, 38-43, 103, 106, 143, 145, 155, 182].

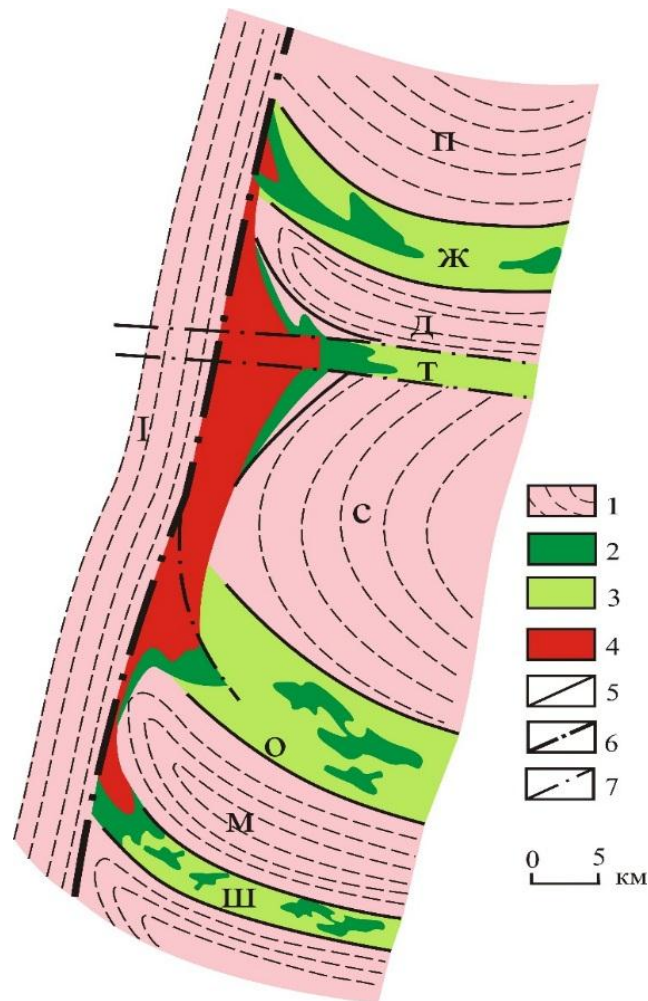


Рис. 1.3. Положення Криворізької структури в західній частині Середньо-придніпровського мегаблоку УЩ.

1 – гранітоїди дніпропетровського комплексу; 2 – metabазити конської серії; 3 – метакластоліти конської серії; 4 – метаморфіти Криворізької серії; 5 – межі породних комплексів; 6 – розломи мантійного закладання; 7 – розломи мантійно-корового закладання.

Зеленокам'яні структури: Ш – Широківська; О – Олександрівська; Т – Тернівська; Ж – Жовторіченська.

Гранітогнейсові куполи: М – Милорадівський; С – Саксаганський; Д – Демиринський; П – П'ятихатський вал; І – Інгулецький вал.

На думку деяких геологів [145, 155, 178], значний вплив на локалізацію і морфологію Криворізької структури та окремих її ділянок мали особливості купольної будови центральної частини УЩ. Розвиток активних тектонічних форм граніто-гнейсових куполів і пасивних міжкупольних прогинів – характерна риса архейських щитів. Утворення зеленокам'яної і залізисто-кремнистої формацій збереглися в міжкупольних структурах, до яких відноситься Криворізька структура. Із заходу її обмежує субмеридіонально видовжене субкупольне підняття Інгулецького валу. Зі сходу вона обмежена Милорадівським, Саксаганським і Демури́нським куполами (рис. 1.3).

Верстви гірських порід зеленокам'яної та залізисто-кремнистої формацій, які складають міжкупольні прогини, дугоподібно обрамляють купольні структури. Південна дуга, яка представляє собою обрамлення Милорадівського купольного підняття, має довжину понад 20 км. Верстви порід криворізької серії утворюють тут Лихманівському синкліналь. Азимут простягання верств змінюється від 320° у південній до 10° у центральній і до 30° у північній її частині.

Друга в північному напрямку дуга східної межі Криворізької структури обрамляє Саксаганський купол. Азимут простягання верств гірських порід криворізької серії тут змінюється від 10° у південній до 55° у північній частині Саксаганського залізорудного району. Довжина дуги понад 32 км. Дугоподібна східна межа товщі порід криворізької серії Ганнівського залізорудного району, яка має довжину близько 25 км, обумовлена обрамленням Демури́нського куполу. Простягання верств гірських порід криворізької серії тут змінюється від 315° у південній частині Східно-Ганнівської залізорудної смуги до 10° у північній.

За загальною будовою Криворізька структура більшістю дослідників сприймається як крупний синкліно́рій [1, 39, 40, 42, 106]. Його східне крило складають Саксаганська синкліналь і Саксаганська антикліналь, які розділені Саксаганським розломом. Західне крило представляють Тарапако-Лихманівська

антикліналь і Лихманівська синкліналь. Центральна осьова частина Криворізької структури виділяється як Основна синкліналь. У ділянці її замикання вона ускладнена трьома складками другого порядку: Західно-Інгулецькою та Східно-Інгулецькою синкліналями, які розділяє Інгулецька антикліналь.

Протягом останніх років, з урахуванням даних глибокого буріння, проходження Криворізької надглибокої свердловини, деяких геофізичних даних, була сформульована гіпотеза про загальну моноклінальному будову Криворізької структури [155, 181]. Складчасті ділянки Основної синкліналі й Тарапако-Лихманівської антикліналі розглядаються в зв'язку з цим як складна флексурна зона зминання моноклінально залягаючої товщі криворізької серії.

1.4. Магматизм

Магматизм відноситься до геологічних процесів, які досить слабо проявлені в межах Криворізької структури. Виділяються три різних за петрографічним складом різновікових асоціації магматогенних порід [1, 39, 43, 107, 164, 193]. Найбільш древні – граніти та близькі за складом породи дніпропетровського комплексу, які мають середньоархейський вік. Вони є підстеляючими по відношенню до товщі метаморфічних порід Криворізької структури.

Друга асоціація представлена метаморфізованими первинно магматичними утвореннями. До них відносяться: 1) метабазити конкської серії та новокриворізької світи, представлені ортоамфіболітами – продуктами динамотермального метаморфізму первинних базальтів і близьких за складом вулканітів; 2) більш пізні метаультрабазити, які складають верхню підсвіту скелюватської світи, представлені тальк-вмісними сланцями – продуктами динамотермального метаморфізму толеїтів і толеїтових базальтів; 3) метаморфічно незмінені породи дайкоподібних тіл різного складу; найбільш поширені з них діабазити, які

складають низку субширотних дайок у межах Саксаганського, Південного та Інгулецького залізрудних районів; значно рідше зустрічаються трахіліпарити (дайки Первомайського родовища), мікроклін-плагіоклазові граніти, які складають субмеридіональне дайкоподібне тіло на контакті гданцівської і саксаганської світ Ганнівського родовища.

1.5. Метаморфізм

Метаморфізм – основний геологічний процес, який обумовив сучасний вигляд залізистих і вмісних порід Криворізького басейну. Серед метаморфічних утворень найбільш поширені продукти динамотермального метаморфізму. За результатами регіонального картування метаморфітів, виділені чотири мінеральні зони поширення продуктів динамотермального метаморфізму [30-32, 43, 67, 78, 105, 120, 131, 135, 136, 176]. Дві відповідають фації зелених сланців (біотитова та альмандинова), дві – епідот-амфіболітовій фації (ставролітова та силіманіт-мусковітова).

Родовища Саксаганського й Південного залізрудних районів відносяться до ділянок прояву зеленосланцевої фації метаморфізму (головним чином, біотитова мінеральна зона), Східно-Ганнівська смуга Північного району – до зони прояву епідот-амфіболітової фації (ставролітова зона). Проміжні умови динамотермального метаморфізму характерні для залізистих порід Первомайського родовища і родовищ Інгулецького району, в їх межах фіксуються ділянки альмандинової та ставролітової зон. Динамотермальний метаморфізм був одним із основних чинників, який визначив поширення та склад альпійських утворень Криворізького басейну, в тому числі соколиного ока. Другорядне значення мають продукти динамометаморфізму (брекчії, катаклазити, мілоніти) [1, 43, 78, 106, 107, 164], а також термального (контактового) метаморфізму [1, 78, 106,

107, 164]. Перші поширені в межах родовищ з активним проявом розривних порушень (Первомайське, Ганнівське, Шимановське родовища), другі фіксуються у вигляді малопотужних ореолів у приконтактних зонах дайкових тіл діабазів, рідше гранітоїдів, тахіліпаритів, які перетинають товщу залізисто-кремнистої формації низки родовищ Кривбасу.

1.6. Метасоматизм і гідротермальний процес

У продуктивних товщах родовищ Криворізького басейну зустрічаються метасоматити різного складу й походження. Найбільш поширені натрієві метасоматити – продукт впливу на залізисті кварцити та меншою мірою на сланці натрієво-карбонатних гідротермальних розчинів [2, 21 37, 41, 43, 76, 78, 83, 107, 124, 156, 164,]. Натрієвий метасоматоз супроводжувався утворенням за рахунок залізистих кварцитів і безглиноземних, головним чином, кумінгтонітових сланців – егіринових і рибекітових метасоматитів, а за рахунок високоглиноземних (хлоритових, двослюдяних та ін.) сланців – альбітових метасоматитів. Переважна більшість метасоматичних тіл має потужність від 10-15 м до 50-70 м, простягання – від 100-150 м до 300-500 м. Форма метасоматичних тіл, зазвичай, лінійовидна, жилоподібна. З натрієвим метасоматозом пов'язане утворення багатьох різновидів гемологічної сировини, в тому числі блакитного та синього соколиного ока.

Гідротермальні утворення за характером вмісних порід, генетичними та іншими ознаками поділяються на три основні групи [1, 22, 43, 59, 86, 89-91, 102, 107, 124, 138, 164, 165, 171, 177, 179, 180, 183]. Гідротермаліти першої формувались у процесі динамотермального метаморфізму, представлені, головним чином, альпійськими жилами, мінеральний і хімічний склад яких відповідає складу вмісних залізистих кварцитів і сланців. Друга група гідротермальних

утворень представлена жилами, сформованими, переважно, на заключних стадіях натрієвого метасоматозу внаслідок заповнення тріщин і порожнин у вмісних егіринових і рибекітових метасоматитах. Ці жили також є альпійськими за своєю природою. Третя група представлена жилами самостійних гідротермальних етапів мінералоутворення, які не пов'язані з проявами метаморфізму і метасоматозу. Жили всіх трьох груп містять мінерали, мінеральні агрегати, які відносяться до виробної та колекційної сировини.

1.7. Гіпергенез

Гіпергенні утворення залізорудної товщі Кривбасу формувались протягом декількох етапів, деякі дослідники нараховують їх більше десяти [1, 37, 41-43, 61, 71, 72, 97, 98, 107, 124, 130, 164]. Найдавніші кори вивітрювання утворились на поверхні архейських гранітоїдів перед початком утворення базальтоїдної товщі конкської серії. В свою чергу базальтоїди також зазнали впливу вивітрювання перед початком накопичення вулканогенно-осадових порід новокриворізької світи. Обидві ці кори вивітрювання пізніше в процесі динамотермального метаморфізму зазнали змін і в поточний час представлені серицит-кварц-хлоритовими та близького складу сланцями, мономінеральними та силікатними кварцитами. Значна перерва в седиментогенезі відбулась також перед початком формування гданцівської світи. До цього часу верстви порід саксаганської та підстеляючих світ криворізької серії були метаморфізовані, зім'яті в складки й зазнали впливу розривних порушень. Прояви гіпергенних процесів цього етапу пізніше також були частково завуальовані динамотермальним метаморфізмом.

Наступний етап гіпергенезу відбувався після утворення криворізької серії та глеюватської світи. Він охопив тривалий період – від пізнього протерозою через палеозой і мезозой до поточного часу з нетривалою перервою в пізньому палеогені та ранньому неогені, спричиненою трансгресією океану Тетіс на південну частину УЩ. Цей етап відрізнявся формуванням потужних площинних і лінійних кір вивітрювання. Гіпергенез супроводжується виносом з вихідних порід калію, натрію, кальцію, магнію, частково кремнезему. В корі вивітрювання залізистих кварцитів відбувається накопичення оксидів і гідроксидів заліза, значною мірою зберігаються реліктовий кварц і залізна слюдка, а в корі вивітрювання сланців за рахунок первинних силікатів формуються глинисті мінерали (переважно, каолініт).

1.8. Корисні копалини

В надрах Криворізького залізорудного басейну присутні понад 200 мінералів, які складають комплекси осадових, метаморфічних і магматичних порід [1, 37, 43, 54, 69, 77, 78, 81, 107, 122, 146, 160, 162, 164, 175].

Основне значення серед них протягом понад 130 років належить залізовмісним мінералам – гематиту, представленому мартитом, залізною слюдкою та дисперсним гематитом, гідроксидам заліза (гетиту, лепідокрокіту, дисперсному гетиту) та магнетиту. Інші мінерали належить до супутніх, які в поточний час практично не використовуються в народному господарстві [77, 78, 80, 82]. Результати вивчення їх якісних і кількісних характеристик, а також можливих напрямків використання свідчить про те, що більшість з них може скласти додаткову мінерально-сировинну базу залізорудних родовищ Криворізького басейну.

Поклади залізних руд утворюють 18 родовищ з розвіданими запасами залізних руд, які розробляються підземним (шахти) або відкритим (кар'єри) спо-

собом.

За вмістом заліза руди Кривбасу поділяються на два класи:

- багаті руди, вміст заліза в яких коливається від 46 до 69 мас.%;
- бідні руди з вмістом заліза від 20 до 46 мас.%, які підлягають збагаченню.

Багаті залізні руди за мінеральним складом та умовами їх утворення можна розділити на три види: 1) дисперсногетит-мартит-гетитові (бурозалізнякові); 2) суттєво магнетитові з силікатами та карбонатами та 3) гематитові (мартитові, залізнослюдково-мартитові, дисперсногематит-мартитові, мартит-дисперсногематитові). Запаси багатих залізних руд, підраховані до глибини 1500 м, складають близько 1,6 млрд. т.

Бідні залізні руди за мінеральним складом та умовами утворення поділяються на два види: магнетитові кварцити та гематитові кварцити. Запаси й ресурси перших до глибини 1500 м становлять 32 млрд. т, других – понад 50 млрд. т.

В складі продуктивних і вмісних товщ родовищ Кривбасу відомі понад 50 видів супутніх корисних копалин. Серед металевих можна назвати скандій, ванадій, германій, золото, цирконій, ітрій, лантаноїди, берилій, літій, платину та платиноїди, вольфрам, молібден, мідь, титан, нікель. До головних видів неметалевих корисних копалин відносяться тальк, гранат, хлоритовий сланець, мусковіт, мармур, граніт, мігматит, амфіболіт, діабаз, малорудні залізисті кварцити, польовий шпат, кварц, пірит, піротин, пісок, каолін, глина, суглинок, вапняк, сурик, вохра, радонові та мінеральні води. Численними й різноманітними є різновиди гемологічної та колекційної мінеральної сировини:

- соколине та тигрове око Глеюватського родовища, запаси якого складають 8-10 тонн;

- агати, які утворюють мигдалини в трахітах і трахіліпаритах Первомайського родовища, прогнозні запаси яких складають 7-10 тонн;

- нефрит, який присутній у вигляді лінзоподібних тіл у metabазитах Ганнівського родовища; якісні та кількісні характеристики його вивчені недостатньо;
- халцедон, присутній у вигляді жил у залізистих кварцитах Інгулецького родовища, прогнозні ресурси їх складають 10-15 тонн;
- червоношаруваті магнетитові кварцити Склеюватського, Новокриворізького, Глеюватського, Первомайського та інших родовищ Криворізького басейну, прогнозні ресурси яких складають 300-400 тис. тонн;
- дисперсногематит-кварц-халцедонові та дисперсногетит-кварц-халцедонові яшмоїди кори вивітрювання сланців, залізистих кварцитів і метасоматитів Первомайського, Ганнівського та інших родовищ, прогнозні ресурси яких становлять 20 тис. тонн;
- гранат (альмандин) – породоутворювальний мінерал сланців і гнейсів Петрівського, Артемівського, Первомайського, Ганнівського, Інгулецького та інших родовищ; окремі його різновиди за розміром та декоративними властивостями відповідають вимогам до ювелірного гранату; прогнозні ресурси ювелірного й колекційного гранату становлять 5-7 тис. тонн;
- кристали та друзи кристалів різних кольорових відмін кварцу (гірського кришталю, аметисту, цитрину, димчастого кварцу, моріону), які виповнюють порожнини в залізистих кварцитах і сланцях Первомайського, Ганнівського, Інгулецького та інших родовищ; їх прогнозні ресурси складають 15-20 тонн;
- кристали та агрегати кальциту, арагоніту, гіпсу, піриту, егірину, рибекіту, кумінгтоніту, діопсиду, геденбергіту, гематиту, гетиту, селадоніту, палигорськіту, сепіоліту, тетраферибіотиту, мартиту та інших мінералів.

Розділ 2

ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

В дисертації розглянуті питання локалізації, морфології та внутрішньої будови жил, особливостей генетичної та систематичної мінералогії, гемології соколиного й тигрового ока Криворізького басейну. Робота базується на результатах досліджень автора та на даних літературних [4-20, 47-52, 66, 79, 85, 93, 94, 96, 107, 113-119, 124, 150-151] і фондових джерел.

Дослідження виконувались у трьох основних напрямках: топомінералогічному, мінералого-генетичному та гемологічному [132, 134, 199-200].

Вивчення особливостей локалізації ока виконувалось у дві стадії. Спочатку були проведені оглядові мінералогічні маршрути по всьому простягання залізо-кремнистої формації Криворізького басейну. Вивчались природні та, переважно, техногенні відслонення від північного (Ганнівське родовище) до південного (Інгулецьке родовища) флангу басейну. Всього були пройдені 14 мінералогічних маршрутів загальною довжиною близько 150 км (табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

Види та об'єми виконаних робіт

№	Види робіт	Об'єми
1.	Проведення мінералогічних маршрутів з польовим дослідженням проявів і точок мінералізації ока	14 маршрутів, 150 км
2.	Геологічна документація та проведення то-	160

	помінералогічних спостережень	точок спостережень
3.	Дослідження проявів соколиного, тигрового ока з фотографуванням, зарисовками, морфологічними дослідженнями, визначенням умов залягання жил	91 прояв
4.	Відбір зразків різного за мінеральним складом та колористичними ознаками ока з Глеюватського родовища	110 зразків
5.	Відбір зразків різного за мінеральним складом та колористичними ознаками ока з фондів мінералогічних музеїв	48 зразка
6.	Макроскопічний опис матеріалу відібраних проб сірого, блакитного, синього соколиного та тигрового ока	158 проби
7.	Макрофотографування жил ока та вмісних гірських порід	385 фотографій
8.	Виготовлення прозорих шліфів	145 шліфів
9.	Виготовлення полірованих шліфів	117 шліфів
10.	Мікрофотографування прозорих та полірованих шліфів	550 фотографій
11.	Виконання рентгенофазового аналізу	12 проб
12.	Виконання рентгенофлуоресцентного аналізу	12 проб
13.	Виконання магнітометричного аналізу	12 проб
14.	Виконання силікатного хімічного аналізу	12 проб
15.	Проведення порівняльного аналізу декоративних особливостей соколиного та тигрового ока Криворізького басейну й інших регіонів планети	12 проб
16.	Проведення мінералогічних і гемологічних досліджень з метою визначення показників якості ока як виробного каменю	26 проб
17.	Розробка гемологічної класифікації ока	
18.	Виготовлення приполіровок ока головних колористичних різновидів	52 штук
19.	Виготовлення об'ємних огранених виробів	28 штук
20.	Виготовлення куль різного розміру	13 штук
21.	Виготовлення художніх виробів комбінованої форми	5 штук

Прояви ока були виявлені в розрізах залізисто-кремнистої формації майже всіх досліджених родовищ: Ганнівського, Первомайського, Глеюватського, Валявкінського, Рахманівського, Інгулецького та родовищ шахт ім. В.І.Леніна,

«Гвардійська», «Ювілейна», ім. М.В.Фрунзе, «Більшовик», «Родіна», «Північна» ім. В.А.Валявка, ім. М.І.Калініна (рис 2.1).

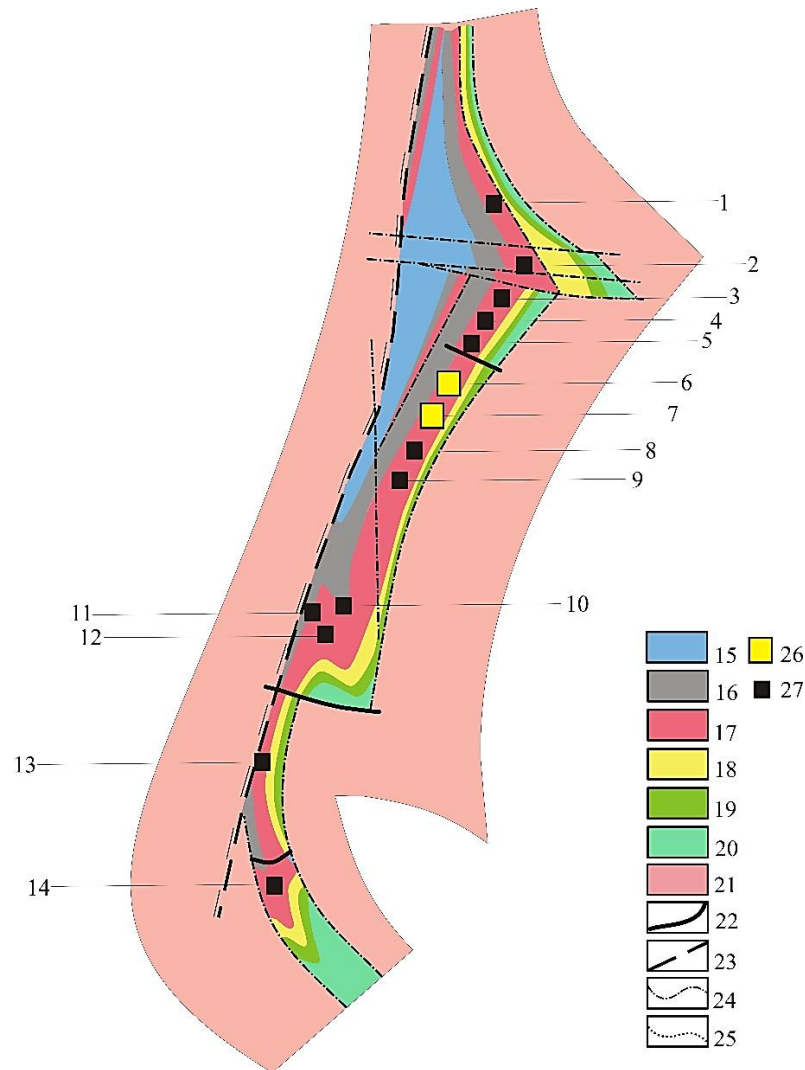


Рис. 2.1. Схематична геологічна карта розташування залізорудних родовищ, в межах яких проводились дослідження тигрового та соколиного ока.

Родовища: 1 – Ганнівське; 2 – Первомайське; 3 – шахти ім. В.І.Леніна; 4 – шахти «Гвардійська»; 5 – шахти «Ювілейна»; 6 – Глеюватське; 7 – шахти ім. М.В.Фрунзе; 8 – шахти «Більшовик»; 9 – шахти «Родіна»; 10 – шахти ім. М.І.Калініна; 11 – шахти «Північна» ім. В.А.Валявка; 12 – Валявкинське; 13 – шахти «Рахманівська»; 14 – Інгулецьке.

Середній протерозой: 15 – глеюватська світа середнього протерозою; 16-19 – криворізька серія нижнього протерозою; 16 – гданцівська світа; 17 – сакса-

ганська світа; 18 – скелюватська світа; 19 – новокриворізька світа; верхній архей; 20 – конкська серія; середній архей; 21 – гранітоїди та ультраметаморфіти дніпропетровського комплексу; 22 – дайки діабазів верхнього протерозою.

Прояви ока: 26 – родовища, в межах яких виявлені прояви ока, які можна віднести до промислових; 27 – родовища, в межах яких виявлені поодинокі точки мінералізації ока.

Для родовищ, гірничодобувні підприємства (шахти, кар'єри) яких у поточний час не працюють, топомінералогічні дослідження виконувались з використанням зразків з фондів Геолого-мінералогічного музею Криворізького національного університету, Геологічного музею Криворізької комплексної геологічної партії, Мінералогічного музею ім. академіка О.С.Поваренних кафедри геології і прикладної мінералогії Криворізького національного університету – загальна кількість зразків 46.

З матеріалу відібраних проб (додаток А) були виготовлені 145 прозорих та 117 полірованих шліфів. За допомогою бінокулярних, петрографічних, мінерографічних мікроскопів з використанням стандартних методик проводилась ідентифікація мінералів ока та вмісних залізистих порід, досліджувались особливості їх структури й текстури. Були зроблені близько 550 мікрофотознімків.

В окремих випадках для уточнення ідентифікації мінеральних видів використовувався рентгенофазовий метод (РФА). З його допомогою були підтверджені дані мікроскопічного визначення породотворних і другорядних мінералів сірого, блакитного, синього соколиного та тигрового ока. З цією ж метою виконувались контрольні визначення мінеральної природи ока за допомогою дифрактометра ДРОН-3. Визначення проводились за стандартною методикою, випромінювання мідне ($\text{CuK}\alpha = 1,54178 \text{ \AA}$). Область сканування $2\theta^\circ = 2-70^\circ$. Результати діагностики порівнювались з еталонними зразками банку даних PCPDFWIN (PDF-2) 2003.

Утворення епігенетичного магнетиту при окварцуванні первинних амфіболових азбестів було підтверджено результатами магнітометричного аналізу. Криві намагніченості реєструвались за допомогою магнітометра з датчиком Холла в діапазоні напруженості магнітного поля від -0,45 до + 0,45 Тл.

Хімічний аналіз ока виконувався методом рентгенфлуоресцентного аналізу (РФЛА) для матеріалу 12 зразків, які представляли основні мінеральні та колористичні різновиди ока з різним ступенем окварцування первинних амфіболових азбестів та рівнем гіпергенної гетитизації ока. Дані РФЛА були отримані за допомогою рентгенофлуоресцентного спектрометра з хвильової дисперсією ARL Optim'X WD методом безстандартного (напівкількісного) аналізу.

Дослідження гемологічного напрямку включало декілька видів робіт. Один з них полягав в порівнянні декоративних особливостей соколиного та тигрового ока Криворізького басейну із зразками самоцвіту інших регіонів планети. Були відібрані по шість представницьких зразків ока Криворізького басейну та родовища Грікваленд, самоцвіт якого видобувається протягом понад 50 років.

Однією з головних задач дисертаційної роботи була підготовка вихідного матеріалу та розробка гемологічної класифікації ока Криворізького басейну. Для цього автор проаналізувала класифікації кольорового каменю, складені попередніми дослідниками, врахувала позиції, які в них займають соколине та тигрове око. Виконала порівняльні мінералогічні та гемологічні дослідження 26 зразків різної якості сірого соколиного ока як найбільш поширеного колористичного різновиду самоцвіту. Для кожного зразку за 5-бальною системою була визначена якість самоцвіту у відповідності зі здатністю його до поліровки. За одержаними кількісними оцінками були виділені п'ять сортів сірого соколиного ока. Параметри класифікації були використані як головні критерії визначення цінності ока як виробного каменю.

Автором дисертації були розроблені рекомендації, спрямовані на вдосконалення процесу обробки каменю. Роботи цього напрямку виконувались шляхом аналізу літературних даних та спостережень, експериментальних досліджень процесу обробки каменю в діючих майстернях (майстри В.Д.Блоха,

Т.В.Зайченко, О.В.Петінов). Були проведені випробування по обробці ока на різних стадіях виготовлення художніх виробів: вибір штуфа, різання, свердління, обдирання, шліфування, полірування. З використанням одержаних даних були виготовлені приполіровки, демонстраційні зразки та художні вироби з соколиного та тигрового ока.

Розділ 3

ТОПОМІНЕРАЛОГІЯ ОКА

3.1. Історичні відомості

Мінеральні індивіди та агрегати, які в поточний час розглядаються в якості гемологічної та колекційної сировини, звертали на себе увагу дослідників Криворізького басейну протягом усіх періодів його вивчення. Вони були з різною мірою детальності охарактеризовані в роботах багатьох авторів. Окремі геологічні й мінералогічні аспекти проявів виробного та колекційного каменю були розглянуті в монографіях М.Г.Світальського та ін. [164], П.М.Каніболоцького [107], Є.К.Лазаренка та ін. [124] У більш пізніх роботах В.Д.Євтехова, В.Д.Блохи, П.М.Баранова та інших дослідників [24, 26, 27, 28, 47, 81, 82] були охарактеризовані деякі різновиди або групи представників цього виду супутніх корисних копалин Кривбасу. В роботі В.Д.Євтехова та ін. [82] наголошувалось, що для кожного залізорудного родовища басейну характерні 3-5, а для окремих родовищ до 10 різновидів гемологічної та колекційної сировини.

В роботах згаданих та інших дослідників розглянуті, переважно, найбільш загальні питання мінералогічних показників самоцвітів, особливостей розташування їх проявів та просторових, генетичних співвідношень з тілами вмісних гірських порід. Значно меншою мірою були досліджені генетична, систематична мінералогія самоцвітів, морфологія та анатомія їх агрегатів, закономірності їх

локалізації в залежності від прояву геологічних процесів, завдяки дії яких відбувалось їх утворення та епігенетичні перетворення. Загалом станом на поточний час ступінь мінералогічного й гемологічного вивчення самоцвітів Кривбасу, в тому числі їх унікального різновиду – соколиного та тигрового ока є недостатнім.

Перша знахідка тигрового ока в гірських породах залізорудної товщі Кривбасу пов'язана з геологічними, мінералогічними дослідженнями доцента кафедри мінералогії, кристалографії та родовищ корисних копалин Криворізького гірничорудного інституту В.Ф.Петруня [150, 151]. При вивченні зразків керну геологорозвідувальних свердловин, пробурених у межах родовища шахти ім. М.В.Фрунзе в 1956 р., він звернув увагу на згідні з шаруватістю або пологосічні прожилки в магнетит-силікатних кварцитах приконтартових зон шостого залізного та сьомого сланцевого горизонтів саксаганської світи, які характеризувались солом'яно-жовтим, золотисто-коричневим кольором, паралельноволокнистою будовою, характерним шовковистим відливом. У мінералогічному відношенні агрегати, що складали прожилки, являли собою комплексні псевдоморфози кварцу й гетиту по первинних паралельно-волокнистих агрегатах крокідоліту. В 1960 р. В.Ф.Петрунь опублікував перше повідомлення про знахідку в Криворізькому басейні тигрового ока, названого автором гріквалендитом – за назвою родовища Грікваленд у Південно-Африканській республіці [150].

Подібний самоцвіт був виявлений у 1972 р. в пегматитах Коростенського магматичного масиву на Волині колекціонерами-мінералогами Є.П.Гуровим і І.С.Василишиним [66]. У порожнинах пегматитових тіл вони знайшли чорні та темнокоричневі ниркоподібні нарости на поверхні кристалів кварцу. Розрізані й відполіровані, вони виглядають як найкращі зразки тигрового ока Південної Африки. Для них характерний шовковистий блиск, обумовлений чергуванням світлих і темних смуг. За результатами мікроскопічних і рентгеноструктурних досліджень було з'ясовано, що тигрове око з Волині є волокнистим агрегатом гетит-халцедонового складу паралельної або мозаїчної будови.

В 1975 р. увагу геологів Центрального гірничозбагачувального комбінату (ЦГЗКу) Криворізького басейну при виконанні геологічного картування залізорудних товщ східного борту кар'єру №1, яким розробляють Глеюватське родовище магнетитових кварцитів, привернули глиби малорудних магнетит-силікатних кварцитів з яскравожовтими прожилками. В окремих брилах їх було так багато, що маса гірської породи здавалась золотисто-жовтою. Були також виявлені ще два кольорових різновиди самоцвіту – сірий або блакитний (соколине око) і подекуди – зеленувато-сірий (котяче око) та бурувато-червоний (волове око). Дізнавшись про унікальні прояви цього кольорового каменю, до Кривого Рогу почали приїздити колекціонери з багатьох регіонів держави та інших країн. Висновок Центральної геологорозвідувальної експедиції об'єднання «Центр-кварцсамоцвіти» засвідчив високі декоративні властивості цього виробного каменю (додаток Б, В, Д). Зазначалось, що він є унікальною каменесамецвітною сировиною, яка може бути використана в якості ювелірно-декоративного матеріалу.

На початку 90-х років завдяки інтенсивному просуванню західного борту кар'єру № 2 ЦГЗКу, яким розробляється Глеюватське родовище гематитових кварцитів і який безпосередньо прилягає до східного борту згаданого вище кар'єру №1, були розкриті верстви магнетит-силікатних кварцитів сьомого сланцевого горизонту з прожилками тигрового ока. Були проведені попередні дослідження геологічної позиції, структури, текстури, гемологічних особливостей ока та вмісних гірських порід. Глеюватське родовище стало єдиним, у межах якого прояви цього самоцвіту за масштабом були визнані промисловими [8, 10, 47-50].

В 1999 р. в процесі геолого-структурного картування продуктивних і вмісних товщ Горішні-Плавнинського родовища Полтавського ГЗКу (м. Комсомольськ-на-Дніпрі) доцентом кафедри геології і прикладної мінералогії Криворізького національного університету В.Д.Блохою були відібрані зразки інтенсивно зім'ятих у складки рибекітизованих залізнослюдко-магнетитових і магнетитових кварцитів. У замкових частинах мікроскладок уздовж контактів рудних (кварц-магнетитових) і нерудних (гематит-кварцових) прошарків були присутні лінзо-

подібні згідні з шаруватістю порід альпійські жили соколиного ока яскравого синього кольору максимальною потужністю 5 мм. Особливу декоративність зразкам надавала присутність поряд з прожилками соколиного ока будинованих нерудних прошарків яскраво-червоного кольору. Ця знахідка дозволила розширити географічні межі проявів ока [47-50].

Починаючи з 2010 р., була опублікована серія статей, присвячених поглибленому топомінералогічному й мінералогічному вивченню тигрового та соколиного ока Кривбасу [4-20, 85, 113-120]. В цих роботах висвітлені питання історії дослідження, умов утворення, геологічної позиції проявів, локалізації та морфології жил, особливостей їх мінерального складу.

3.2. Локалізація проявів ока

3.2.1. Планетарне поширення родовищ та проявів соколиного й тигрового ока

Соколине та тигрове око вважається одним з найбільш рідкісних самоцвітів на планеті. Він видобувається у небагатьох регіонах світу (Західній Австралії, США (штат Каліфорнія), Чехії, Шрі-Ланці, Мексиці, Китаї, Росії) у досить невеликих масштабах. Найбільшим поширенням та помітними об'ємами видобутку самоцвіту відзначаються Україна (Криворізький басейн), Південно-Африканська республіка (прояви поблизу міста Грик'юатаун (Griquatown) в долині р. Оранжева та Південно-Східна Індія (родовища залізородного басейну Сінгхбум) (рис. 3.1).

Практично всі родовища і прояви ока виявлені в товщах порід залізисто-кремнистої формації нижньопротерозойського віку, розташованих на Українсь-

кому, Балтійському, Алданському, Китайському, Індійському, Західно-Австралійському, Бразильському щитах.



Рис. 3.1. Планетарне поширення родовищ та проявів соколиного й тигрового ока.

1 – родовища Криворізького басейну; 2 – Грікваленд (ПАР); 3 – залізорудний район Сінгхбум (Індія); 4 – Горішні-Плавнинське родовище Кременчуцького залізорудного району; 5 – Михайлівське родовище Курської магнітної аномалії РФ; 6 – Костомукшське родовища Карельської республіки РФ; 7 – Оленегірське родовище Кольського півострову РФ; 8 – залізорудний район Матагамі (США); 9 – залізорудний район Місабі (США); 10 – рудопрояв штату Каліфорнія (США); 11 – залізорудний басейн Квадрилатеро-Феріферо (Бразилія); 12 – залізорудний басейн Хамерслі (Австралія); 13 – залізорудний район Аньшань (КНР); 14 – Ієнгрське родовище Чаро-Токинського залізорудного району, республіка Саха, РФ; 15 – Чехія.

Всі ці прояви приурочені до товщ низькозалізистих магнетит-силікатних, силікат-магнетитових кварцитів, розташованих у ділянках прояву розтягаючих тектонічних зусиль. Жили ока, зазвичай, субзгідні з шаруватістю вмісних залі-

зитих порід. Потужність їх колитається від перших міліметрів до 10-12 см. Виключення складає декілька проявів, генетично і просторово не пов'язаних із залізисто-кремнистою формацією – Каліфорнії, Чехії, Волині.

3.2.2. Криворізький басейн

Результати робіт попередніх дослідників і власних спостережень автора свідчать, що в Кривбасі зустрічаються 4 основних різновиди самоцвіту: світло-сіре, блакитне, синє соколине око та золотисте жовто-коричнєве тигрове око [11, 14, 15, 124].

Прояви ока виявлені в розрізі саксаганської світи криворізької серії по всьому простяганню залізисто-кремнистої формації Криворізького басейну.

В межах Північного залізрудного району поодинокі знахідки прожилків ока потужністю до 5 см зустрічаються в розрізах залізрудних товщ Первомайського та Ганнівського родовищ (рис. 3.2). В кумінгтоніт-магнетитових кварцитах п'ятого залізистого горизонту Первомайського родовища зрідка фіксуються прожилки кумінгтонітового азбесту та продукту його окварцування – сірого соколиного ока. Дуже рідко спостерігаються прожилки блакитного та синього, темносинього рибекітового азбесту (крокідоліту), а в ділянках окварцування натрієвих метасоматитів – відповідного кольору соколиного ока [7, 9]. Потужність прожилків не перевищує 15 мм, довжина – 10 см. Такі ж поодинокі прожилки блакитного та синього соколиного ока зрідка зустрічаються в тілах натрієвих (рибекітових) метасоматитів п'ятого й шостого залізистих горизонтів Ганнівського родовища. Прожилки сірого соколиного ока тут не зафіксовані.

Для Центрального залізрудного району поодинокі прояви ока спостерігались у товщі магнетит-силікатних кварцитів сьомого залізистого та сьомого сланцевого горизонтів родовищ шахт «Ювілейна», «Гвардійська» та ім. В.І.Леніна, а також у аналогічних малорудних залізистих кварцитах родовищ шахт «Більшовик» і «Родіна». Але найбільш поширені прояви ока в централь-

ній частині Саксаганського залізорудного району в межах Глеюватського родовища бідних магнетитових і гематитових руд і родовища багатих гематитових руд шахти ім. М.В.Фрунзе (рис. 3.2). Прояви обох родовищ можуть бути віднесені до промислових [7, 9, 12, 14, 47].

В Південному залізорудному районі прояви ока зустрінуті в його південно-західній частині – в межах родовищ багатих залізних руд закритих у поточний час шахт ім. М.І.Калініна та «Північна» ім. В.А.Валявка», а також у магнетит-силікатних кварцитах Шимановського родовища (рис. 3.2). Прояви сірого соколиного ока шахти «Північна» присутні в приконтактних зонах шостого залізного горизонту, складених хлорит-кумінгтоніт-магнетитовими та магнетит-хлорит-кумінгтонітовими кварцитами. Самоцвіт тут утворює згідні з верстуватістю залізистих порід незначні за потужністю (до 10 мм) і довжиною (не більше 15-20 см) прожилки.

В зв'язку з присутністю домішок хлориту соколине око шахти «Північна» іноді має зелений відтінок сірого кольору – котяче око. В розрізах четвертого, п'ятого й шостого залізистих горизонтів шахти ім. М.І.Калініна досить поширені натрієві (рибекітові) метасоматити. Оскільки процес натрієвого метасоматозу тут супроводжувався проявом розтягаючих зусиль, в окремих блоках рудної товщі формувались прожилки рибекітового азбесту, а також продукту його окварцування – синього соколиного ока.

В незначній кількості прояви сірого та синього соколиного ока зустрічаються в залізорудних товщах Рахманівського та Інгулецького родовищ Лихманівського залізорудного району (рис. 3.2).

Результати досліджень автора дисертації дали змогу встановити закономірність поширення проявів і точок мінералізації ока в межах Криворізької структури [7, 9, 14] (табл. 3.2). Найбільшим поширенням вони користуються в центральній частині Саксаганського залізорудного району Кривбасу – в межах Глеюватського родовища бідних магнетитових і гематитових руд та родовища багатих гематитових руд шахти ім. М.В.Фрунзе, де вони мають систематичний характер.

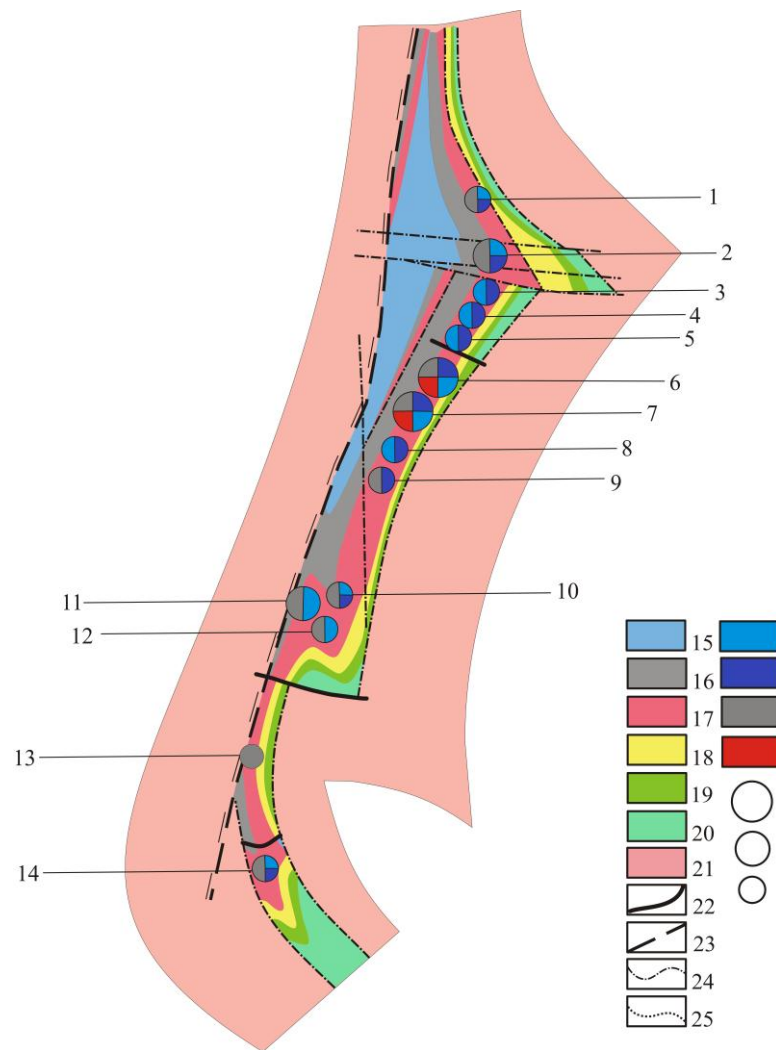


Рис. 3.2. Схематична карта поширення тигрового, соколиного ока в межах Криворізької структури.

Родовища: 1 – Ганнівське; 2 – Первомайське; 3 – шахти ім. В.І.Леніна; 4 – шахти «Гвардійська»; 5 – шахти «Ювілейна»; 6 – Глеюватське; 7 – шахти ім. М.В.Фрунзе; 8 – шахти «Більшовик»; 9 – шахти «Родіна»; 10 – шахти ім. М.І.Калініна; 11 – шахти «Північна» ім. В.А.Валявка; 12 – Валявкінське; 13 – Рахманівське; 14 – Інгулецьке.

Середній протерозой: 15 – глеюватська світа середнього протерозою; 16-19 – криворізька серія нижнього протерозою: 16 – гданцівська світа; 17 – саксаганська світа; 18 – скелюватська світа; 19 – новокриворізька світа; верхній архей: 20 – конкська серія; середній архей: 21 – гранітоїди та ультраметаморфіти

дніпропетровського комплексу; 22 – дайки діабазів верхнього протерозою.

Інші умовні позначення: 23 – Криворізько-Кременчуцький розлом мантийного закладення, 24 – розломи мантийно-корового та корового закладення; 25 – стратиграфічні контакти.

Прояви ока: 26 – тигрового; 27 – блакитного соколиного; 28 – синього соколиного; 29 – сірого соколиного; 30 – систематичні знахідки ока; 31 – епізодичні знахідки ока; 32 – поодинокі знахідки ока.

В північному й південному напрямках кількість жил самоцвіту суттєво зменшується. Для низки родовищ північної та південної частин Саксаганського залізорудного району, а також Південного, Північного та Лихманівського залізорудних районів характерні епізодичні, поодинокі знахідки прожилків сірого, блакитного, синього соколиного, іноді котячого ока.

Таблиця 3.1.

Локалізація проявів соколиного й тигрового ока Криворізького басейну

Залізорудні райони	Родовища	Різновиди ока
Північний	Ганнівське	сіре, блакитне, синє соколине
	Первомайське	блакитне, синє, сіре соколине
Центральний	шахти ім. В.І. Леніна	блакитне, синє соколине
	шахти «Гвардійська»	блакитне, синє соколине
	шахти «Ювілейна»	блакитне, синє соколине
	шахти ім. М.В. Фрунзе	блакитне, синє, сіре соколине; тигрове
	Глеюватське	блакитне, синє, сіре соколине; тигрове
	шахти «Більшовик»	блакитне, синє соколине
	шахти «Родіна»	блакитне, сіре соколине

Південний	шахти «Північна» ім.В.А. Валявка	блакитне, сіре соколине
	шахти ім.М.І. Калініна	сіре, синє, блакитне соколине
	Валявкинське	сіре, блакитне соколине
Лихманівський	Ракманівське	сіре соколине
	Інгулецьке	сіре, блакитне, синє соколине

3.2.3. Глеюватське родовище

Глеюватське родовище бідних залізних руд (магнетитових кварцитів) розташоване в центральній частині Саксаганського залізорудного району Кривбасу. В геологічній будові родовища беруть участь метаморфічні породи криворізької серії та осадові породи кайнозою [1, 43, 56, 194]. Криворізька серія представлена скелюватською, саксаганською та гданцівською світами (рис. 3.3).

За стратиграфічним розчленуванням світ та тектонічною будовою Глеюватське родовище подібне іншим родовищам Саксаганського залізорудного району та Криворізького басейну в цілому (розділ 1). До головних відмінностей, які обумовили утворення жил соколиного й тигрового ока, на погляд автора дисертації, відносяться:

- присутність у розрізі саксаганської світи сьомого сланцевого та сьомого залізистого горизонтів, які складені мінералогічно спорідненими до соколиного ока магнетит-кумінгтонітовими, магнетит-магнезіюрибекітовими кварцитами та які відсутні в розрізах усіх родовищ південної частини Саксаганського, а також родовищ Південного, Лихманівського залізорудних районів;

- умови динамотермального метаморфізма залізистих порід, які відповідали проміжним між термодинамічними умовами зеленосланцевої та епідот-амфіболітової фацій та супроводжувались утворенням метаморфогенних гідротермальних розчинів альпійської природи;

– особливості формування дрібних розривних порушень системи Саксаганського насуву в умовах дії розтягаючих зусиль, спрямованих у субширотному напрямку.

Еон	Ера	Період/Серія	Світа	Підсвіта	Горизонт	Гірські породи	Поширення
фанерозой	кайнозой	палеоген				осадові породи	
протерозой	палеопротерозой	криворізька	гданцівська	нижня		метакластоліти (мономінеральні та силікатні кварцити (метапісковики), кварц-силікатні сланці, седиментаційні брекчії, конгломерати)	
				верхня		графіт-карбонат-кварц-двослюдяні сланці, мармуризовані доломітові вапняки	
			саксаганська	нижня	1f, 1s, 2f, 2s	кварц-біотит-хлоритові, кварц-карбонат-біотит-хлоритові, кварц-хлорит-кумінгтонітові, сланці, карбонат-хлорит-магнетитові, карбонат-магнетит-кумінгтонітові залізисті кварцити	
				середня	3f, 3s, 4s	кварц-хлоритові сланці з проверстками безрудних кварцитів	
				верхня	4f, 5f, 5s, 6f, 6s, 7f, 7s	магнетит-карбонат-силікатні, силікат-карбонат-магнетитові, магнетитові, залізнослюдо-магнетитові кварцити з рідкісними проверстками кварц-хлоритових сланців	
			скелюватська	нижня + середня «аркозово-філітова»		кварц-серицитові, хлорит-кварц-серицитові сланці (філіти) з проверстками мусковітових, хлорит-мусковітових кварцитів (метапісковиків)	
				верхня «талькова»		карбонат-хлорит-талькові, тремоліт-актиноліт-карбонат-хлорит-талькові сланці	

Рис 3.3. Стратиграфічна колонка Глеюватського родовища з визначенням стратиграфічного рівня локалізації проявів ока.

Результати польових мінералогічних досліджень показали, що ділянки максимального поширення жил приурочені до базальних верств сьомого сланцевого горизонту поблизу контакту з шостим залізистим горизонтом. Незначна кількість жил фіксується у верхній частині розрізу шостого залізистого горизонту та в центральних зонах сьомого сланцевого горизонту.

Вмісні гірські породи жил представлені двома головними мінеральними різновидами: магнетит-кумінгтонітовими (сіре соколине око) та магнетит-магнезіорибекітовими (блакитне соколине око) кварцитами сьомого сланцевого горизонту. Породоутворювальними мінералами перших є кварц, кумінгтоніт, магнетит, біотит; других – кварц, магнезіорибекіт, магнетит, тетраферибіотит. Другорядне значення мають хлорит, селадоніт, стильпномелан, сидерит, феродоломіт, кальцит.

У визначенні геологічної позиції покладів самоцвіту, як вище зазначалось, суттєву роль відіграв тектонічний чинник. Його вплив проявлений лінійним розташуванням лінзовидних покладів ока, їх чіткою приуроченістю до зони крупного розривного порушення, яке визначене в межах родовища одним з відгалужень субмеридіонально орієнтованого крупного мантийно-корового Саксаганського розлому. Зони покладів ока характеризуються: 1) субзгідним або пологосічним розташуванням по відношенню до верств вмісних магнетит-силікатних кварцитів; 2) крутими ($60-80^\circ$) кутами падіння на захід, які відповідають особливостям положення площини контролюючого розривного порушення. Безпосередній вплив на позицію жил самоцвіту мали відносно дрібні субмеридіальні тріщини, субзгідні за простяганням і падінням із зазначеним розривним порушенням.

Розмір лінзовидних зон поширення жил ока коливається в значних межах: потужність змінюється від 1-2 до 5-7 м простягання від 20-25 до 50-70 м. Зони залягають лаштункоподібно, що обумовлено, з одного боку, їх просторовим тяжінням до поверхонь відшарування вмісних магнетит-силікатних кварцитів, а другого – контролюючим впливом діагонально-січного (по відношенню

до шаруватості вмісних порід) розривного порушення. Вздовж західного борту кар'єру №2 загальною довжиною близько 1 км протягом різних років його відпрацювання фіксувались від 3 до 5 таких зон.

Зони прояву ока родовища мають лінзовидну форму. Внутрішня будова зон характеризується присутністю скупчень згідних із шаруватістю, рідше пологосічних жил ока потужністю від 1 до 50, іноді до 70 мм (рис. 3.4). Довжина жил коливається від 10-15 см до понад 1 м. Між лінзовидними тілами жили ока зустрічаються досить рідко.

Вивчення поширення ока на різних гіпсометричних рівнях у забоях кар'єру № 2 дозволило виявити чітку закономірність розташування різновидів ока різного кольору.

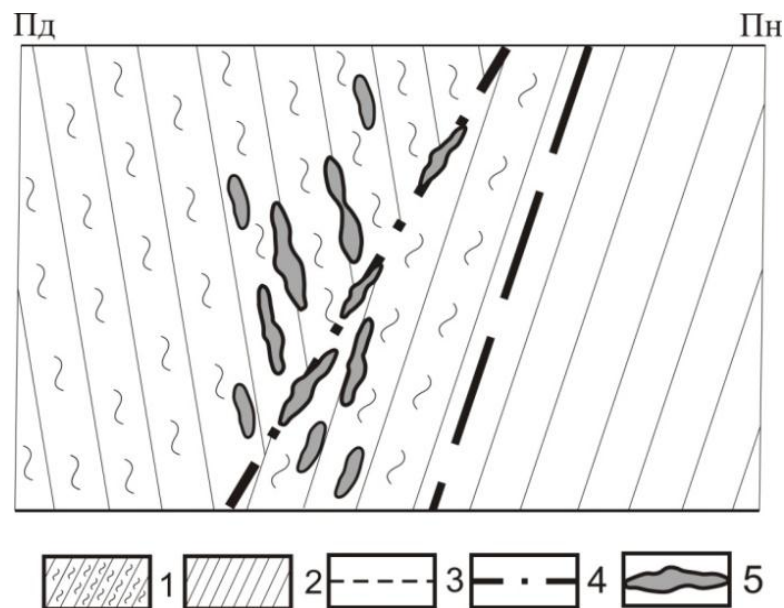


Рис. 3.4. Схема локалізації лінзовидних зон поширення жил ока Глеюватського родовища.

1 – магнетит силікатні кварцити сьомого сланцевого горизонту; 2 – силікат-магнетитові та магнетитові кварцити шостого залізного горизонту; 3 – лінія контакту стратиграфічних горизонтів; 4 – розривне порушення; 5 – лінзовидні поклади жил соколиного та тигрового ока.

Для найбільш глибоких гіпсометричних горизонтів (від -90 до -30 м) характерні гіпергенно незміннені сіре та блакитне соколине око (сьомий сланцевий горизонт) і синє соколине око (прилеглі верстви шостого залізистого горизонту) (рис. 3.5., зона I).

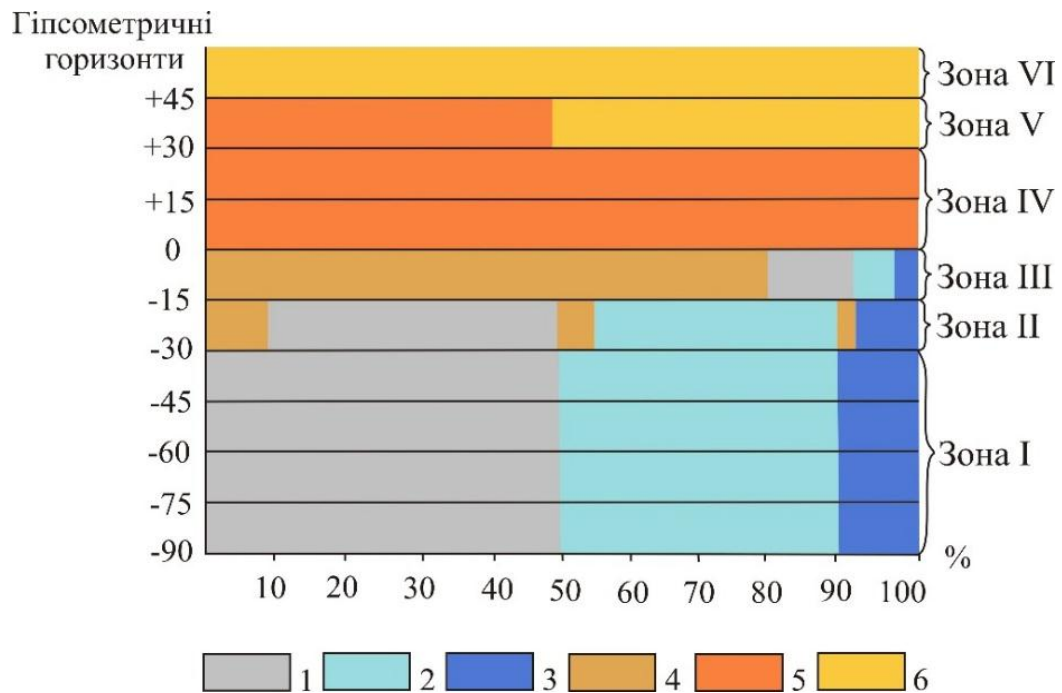


Рис. 3.5. Схема вертикальної мінералогічної зональності покладів ока Глеюватського родовища.

Різновиди ока: 1 – сіре соколине; 2 – блакитне соколине; 3 – синє соколине; 4-6 – тигрове різних стадій гіпергенних перетворень.

Пояснення в тексті.

Вище, в інтервалі глибин від -30 до -15 м (рис. 3.5., зона II) серед жил соколиного ока спостерігаються окремі жили з відносно слабким плямистим світлокоричневим, жовтуватим забарвленням. Це пов'язане з початковими стадіями заміщення залізо-вмісних амфіболів (кумінгтоніту, магнезіорибекіту, рибекіту)

пелітоморфним гетитом, тобто з первинними проявами псевдоморфізації соколиного ока тигровим.

Для глибини від -15 до ± 0 м (рис. 3.5., зона III) характерний підвищений вміст новоутвореного тигрового ока: в жилах самоцвіту тут спостерігається кількісне переважання жовтого та коричневого ока над сірим і блакитним та синім. Тигрове око тут набуває більшої насиченості кольорів.

Далі догори за розрізом (глибина від 0 до +30 м) (рис. 3.5., зона IV) характерне виключно тигрове око. Первинне соколине око на цьому гіпсометричному рівні зазнало повної гетитизації зі збереженням структури самоцвіту, його міцності та здатності до полірування. З цієї зони видобувається найбільш якісний різновид тигрового ока.

Наступний гіпсометричний рівень (від +30 до +45 м) (рис. 3.5., зона V) характеризується появою серед оптимально гіпергенно зміненого ока окремих дрібних ділянок його надмірного вивітрювання. Спільно з вмісними гіпергенно зміненими магнетит-силікатними кварцитами жили тигрового ока тут зазнавали дезінтеграції, маршалітизації, заміщення дисперсним гетитом, гіпергенними силікатами (монтморилонітом, каолінітом). Починаючи з глибини +45 м і вище (рис. 3.5., зона VI) фіксується тільки рихле гіпергенно зруйноване тигрове око низької якості.

3.3. Морфологія жил ока

Різноманітність геологічних процесів, внаслідок яких формувались і змінювались жили ока, обумовила варіативність їх форм і розміру. За результатами проведених автором дисертації польових і лабораторних досліджень, виділені наступні морфологічні різновиди жил: прості, паралельні, сідловидні, брекчійово-цементацийні, східчасті та пloidчасті [4, 87, 92, 96].

Прості жили являють собою пластино- або листоподібні тіла, січні або згідні з шаруватістю вмісних магнетит-силікатних кварцитів [4, 87]. Потужність жил коливається в дуже значних межах – від перших міліметрів до 50-70 мм, довжина – від декількох сантиметрів до 1-1,5 м (рис. 3.6).

Сідловидні жили формувались у шарнірних частинах антиклінальних, іноді синклінальних складок. Причиною їх утворення було відшарування прошарків магнетит-силікатних кварцитів, які характеризуються різним мінеральним складом і механічними властивостями: більш пластичних рудних (силікат-магнетитових, магнетит-силікатних) і більш міцних, крихких нерудних (силікат-кварцових, кварцових). Відшарування відбувалось, переважно, по поверхні контакту прошарків. Довжина жил коливається від декількох сантиметрів до 1-1,5 м. Максимальна потужність жил (до 30-40 мм) властива для шарнірних частин складок [4, 87, 92, 126]. В напрямку крил цей показник суттєво зменшується (рис. 3.7).

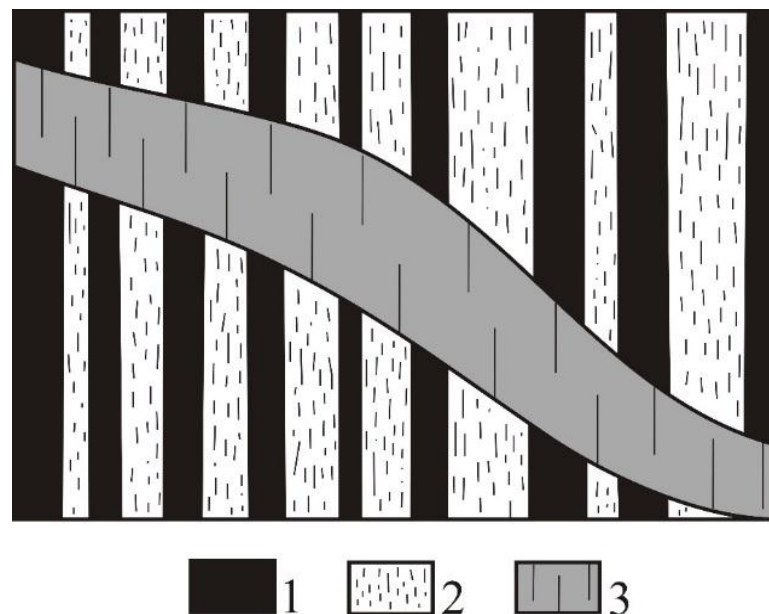


Рис. 3.6. Проста кососічна жила соколиного ока.

1 – прошарки силікат-магнетитового складу (рудні); 2 – прошарки кумінгтоніт-кварцового складу (нерудні); 3 – жила соколиного ока.

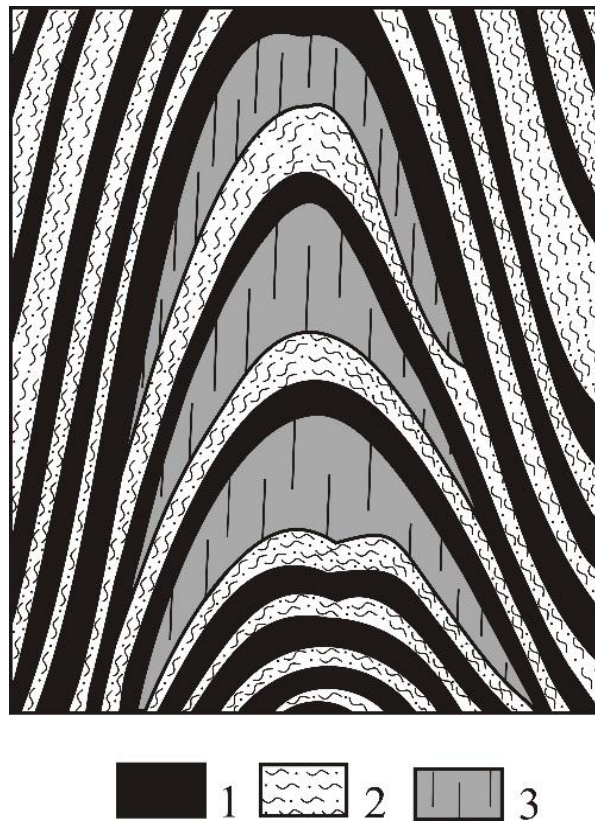


Рис. 3.7. Серія сідловидних жил соколиного ока в магнетит-кумінгтонітовому кварциті.

1 – рудні (кумінгтоніт-магнетитові, магнетит-кумінгтонітові) прошарки; 2 – нерудні (кумінгтоніт-кварцові, кварцові) прошарки; 3 – жили сірого соколиного ока.

Паралельні жили зустрічаються відносно рідко. Вони характерні для тектонічно ослаблених зон вмісних магнетит-силікатних кварцитів у безпосередній близькості від охарактеризованих вище розривних порушень. Морфологічно паралельні жили можна розглядати як серію субпаралельних простих жил, згідних із шаруватістю вмісних залізистих кварцитів [4, 87, 92, 96]. Потужність їх змінюється від 1 до 20-25 мм, довжина – від декількох сантиметрів до 0,5 м (рис. 3.8).

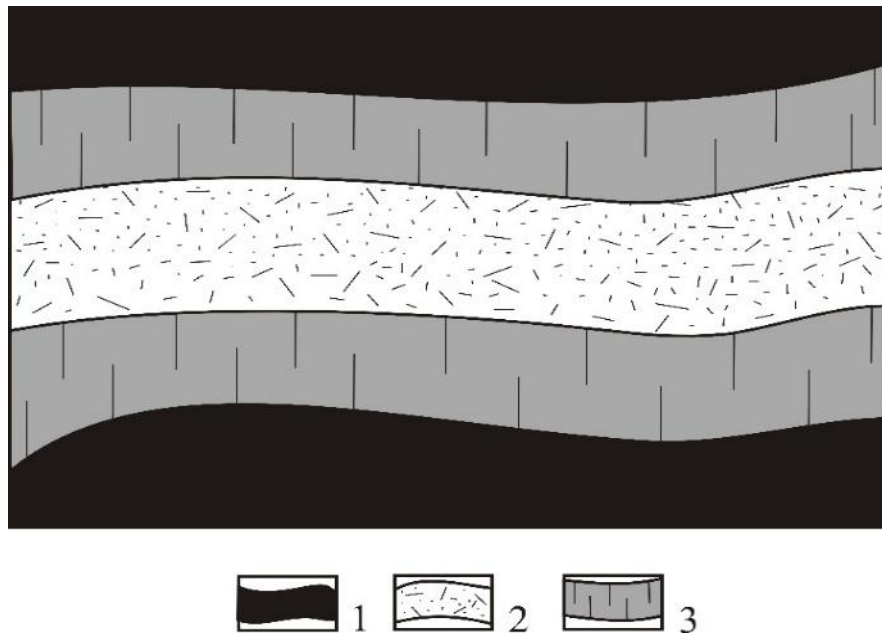


Рис. 3.8. Дві паралельні жили блакитного соколиного ока в магнезіорибекіт-магнетитовому кварциті.

1 – рудні (магнезіорибекіт-магнетитові, магнетит-магнезіорибекітові) прошарки; 2 – нерудні (магнезіорибекіт-кварцові, кварцові) прошарки; 3 – жили блакитного соколиного ока.

Брекчійово-цементацийні жили автор дисертації розглядає як різновид простих жил, які відрізняються наявністю у паралельно-волокнистих агрегатах ока, яким вони виповнені, уламків вмісних магнетит-силікатних кварцитів. Потужність жил коливається від 1 до 50 мм, довжина досягає 0,5 м (рис. 3.9). Розмір уламків від мікроскопічних (менше 1 мм) до понад 30 мм.

Східчасті жили за морфологічними ознаками та особливостями локалізації подібні до простих жил, згідних з шаруватістю вмісних магнетит-силікатних кварцитів. Відмінність полягає в тому, що у випадку східчастих жил формування міжшарових тріщин супроводжувалось утворенням коротких січних розривів прошарків [4, 87, 92]. Внаслідок цього спостерігаються переходи жил від одного міжпрошаркового положення до іншого (рис. 3.10).

Потужність східчастих жил варіативна: в міжшарових інтервалах цей показник змінюється від 0,5 до 20 мм; в інтервалах переходу від одного до другого міжшарових положень потужність жил, зазвичай, у 2-3 рази більша. Це свідчить про переважання при утворенні східчастих жил розтягаючих зусиль над стискаючими, орієнтованими нормально шаруватості.

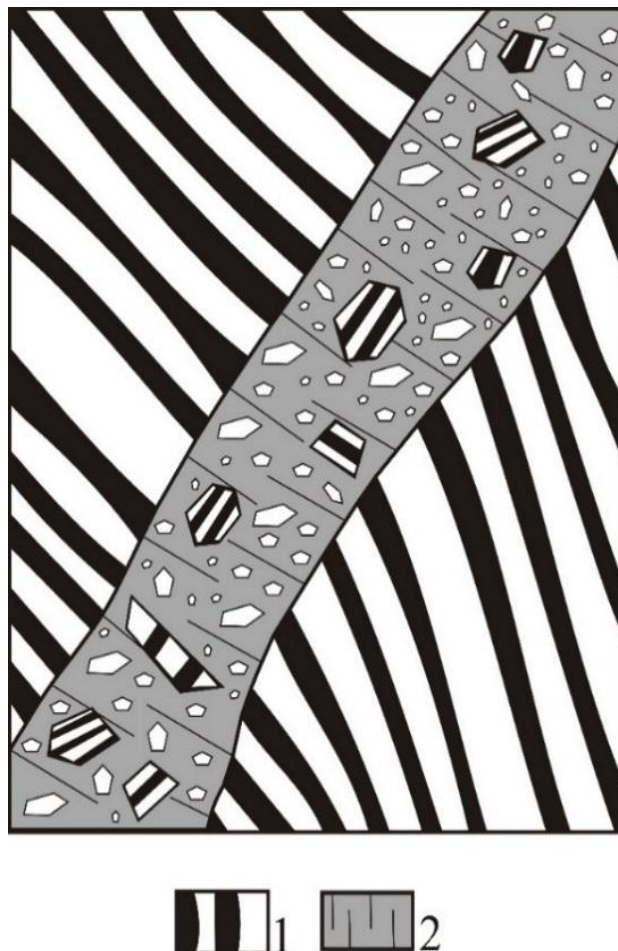


Рис. 3.9. Січна брекчійово-цементацийна жила блакитного соколиного ока в магнетит-магнезіорибекітовому кварциті.

1 – чергування рудних (магнезіорибекіт-магнетитових, магнетит-магнезіорибекітових) (чорне) та нерудних (магнезіорибекіт-кварцових, кварцових) (біле) прошарків; 2 – жила блакитного соколиного ока.

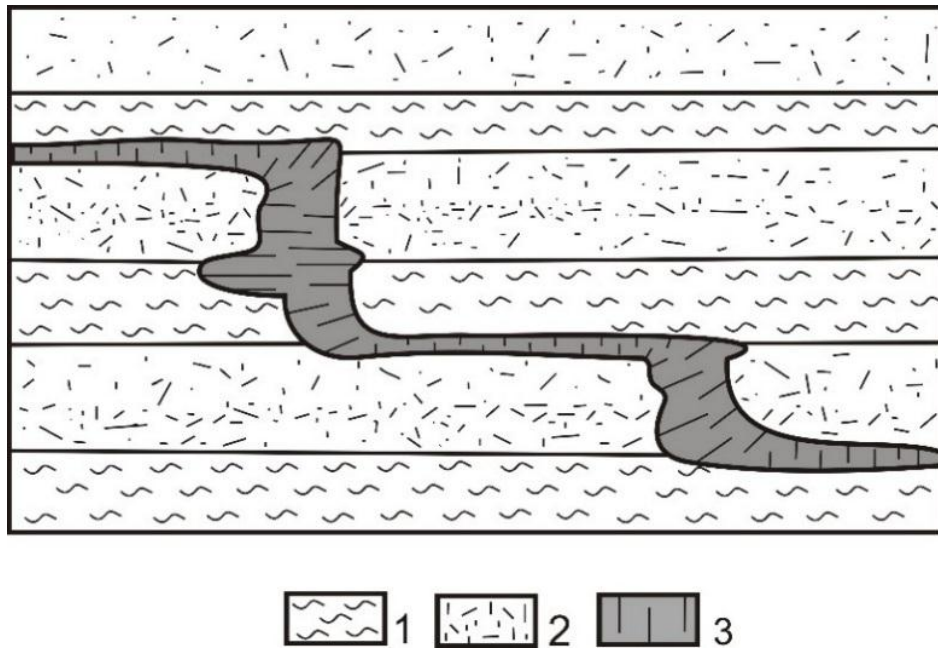


Рис. 3.10. Східчаста жила сірого соколиного ока.

1 – силікатні (кварц-кунінгтонітові) прошарки; 2 – нерудні (кунінгтоніт-кварцові, кварцові) прошарки; 3 – жила сірого соколиного ока.

Плойчасті жили характерні для крил складок, у які зім'яті верстви магнетит-силікатних кварцитів сьомого сланцевого горизонту (рис. 3.11). Вони формувались у ділянках прояву дисгармонійної складчастості, зон утворення складок волочіння внаслідок обмеженого ковзання контактуючих верств магнетит-силікатних кварцитів. Головною відмінністю пойчастих жил є зібраність прожилків ока у дисгармонійні складки, значна варіативність їх потужності: в шарнірних частинах складок цей показник у 3-10 разів більший у порівнянні з його значенням для крил складок.

За умови інтенсивного стискання крил складок, розтягаючих зусиль відбувались розриви суцільності прожилків ока з утворенням відокремлених будиноподібних фрагментів.

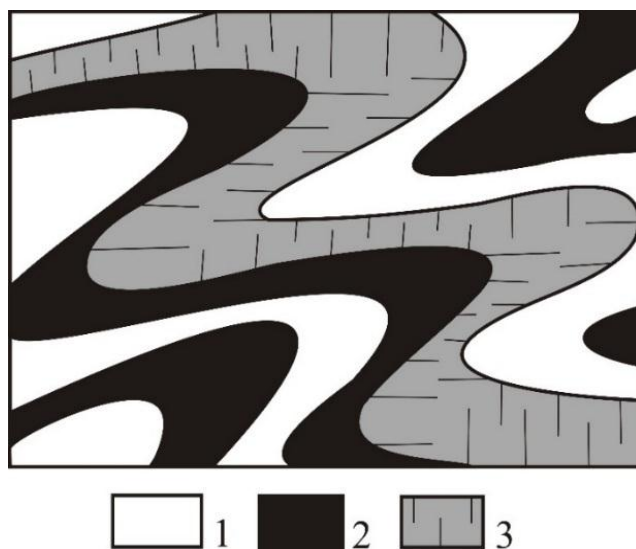


Рис. 3.11. Плойчаста жила сірого соколиного ока з ділянки дисгармонійної складчатості магнетит-силікатних кварцитів.

1 – рудні (кунінгтоніт-магнетит-кварцові) прошарки; 2 – нерудні (кунінгтоніт-кварцові, кварцові) прошарки; 3 – жила соколиного ока.

Розділ 4.

ГЕНЕТИЧНА МІНЕРАЛОГІЯ ОКА

В залізорудній товщі Криворізького басейну виявлені декілька різновидів ока. Як зазначалось вище, ці самоцвіти характеризуються різним забарвленням: соколине око представлене трьома кольоровими різновидами: сірим, блакитним і синім; тигрове око відрізняється золотисто-коричневим кольором. Гемологічна цінність самоцвіту визначається, головним чином, його мінеральним складом та особливостями структури й текстури. В роботах попередніх дослідників [45, 58, 62, 65, 70, 99, 123, 127-129, 139, 140, 149, 15-154, 217-219] частина питань мінералогії ока була розглянута. Дослідження автора дисертації [6, 9-16] дозволили доповнити й систематизувати існуючі уявлення про умови утворення, склад та будову індивідів і агрегатів самоцвіту.

4.1. Мінералого-генетичні різновиди ока

4.1.1. Сіре соколине око

Основою для утворення найбільш поширеного в Кривбасі сірого соколиного ока були альпійські жили кумінгтонітового азбесту – продукту прогре-

сивної стадії динамотермального метаморфізму залізисто-кремнистої формації [36, 88-91, 96, 157,]. Азбест являє собою паралельно-волокнистий агрегат дуже тонких квазііндивідів кумінгтоніту, товщина яких становить декілька нанометрів, довжина досягає 5-7 см (рис. 4.1).



Рис 4.1. Паралельно-волокнистий агрегат кумінгтонітового азбесту.
Збільшення 4^x.

Крім кумінгтоніту в призальбандових частинах жил та незначною мірою в їх центральних частинах можуть бути присутні дрібні індивіди та агрегати кварцу, магнетиту, хлориту, іноді біотиту, стильномелану та деяких інших силікатів і карбонатів. Присутність цих метаморфогенних мінералів можна пояснити відокремленням їх агрегатів від масиву вмісних магнетит-силікатних кварцитів та захопленням їх до жил у процесі росту агрегатів кумінгтонітового азбесту [13, 63, 101] (верхня і центральна частини рис. 4.1).

Для підтвердження кумінгтонітової природи азбесту був використаний рентгеновазовий аналіз (РФА). Одержані дані (рис. 4.2) показали, що основним його жильним мінералом є кумінгтоніт. Другорядну роль відіграють кварц та монтморилоніт [134].

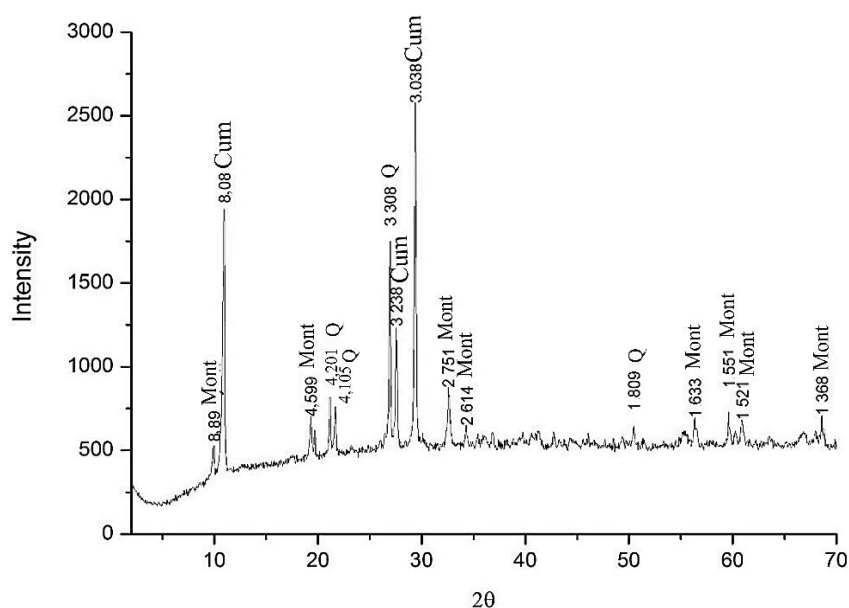


Рис. 4.2. Профіль дифракційних ліній матеріалу, який виповнює жили кумінгтонітового азбесту.

Mont – монтморилоніт, Cum – кумінгтоніт, Q – кварц.

Результати польових і мікроскопічних досліджень свідчать, що перетворення кумінгтонітового азбесту на сіре соколине око було пов'язане з оквацуванням кумінгтонітового азбесту, вірогідно, на регресивній стадії динамотермального метаморфізму. Для неї була характерною присутність значної кількості кремнезем-вмісних метаморфогенних гідротермальних розчинів, які виповнювали пори, тріщини та інші порожнини в магнетит-силікатних кварцитах. Під впливом цих розчинів відбувалось псевдоморфізація волокнистих індивідів кумінгтоніту лезо-подібними агрегатами дуже дрібних (0,001-0,03 мм) індивідів кварцу зі збереженням первинної паралельно-волокнистої будови агрегатів кумінгтонітового азбесту. Самоцвіт найбільш високої якості характеризується заміщенням кумінгтоніту кварцом приблизно в паритетних кількісних співвідношеннях. Подальше наростання інтенсивності окварцування призводило до негативних наслідків: соколине око поступово заміщувалось мономінеральним

гранобластовим агрегатом кварцу [11, 13], самоцвіт втрачав ефект ока. На рис. 4.3 показані різні стадії (від початкової до прикінцевої) псевдоморфізації кумінгтоніту кварцом.

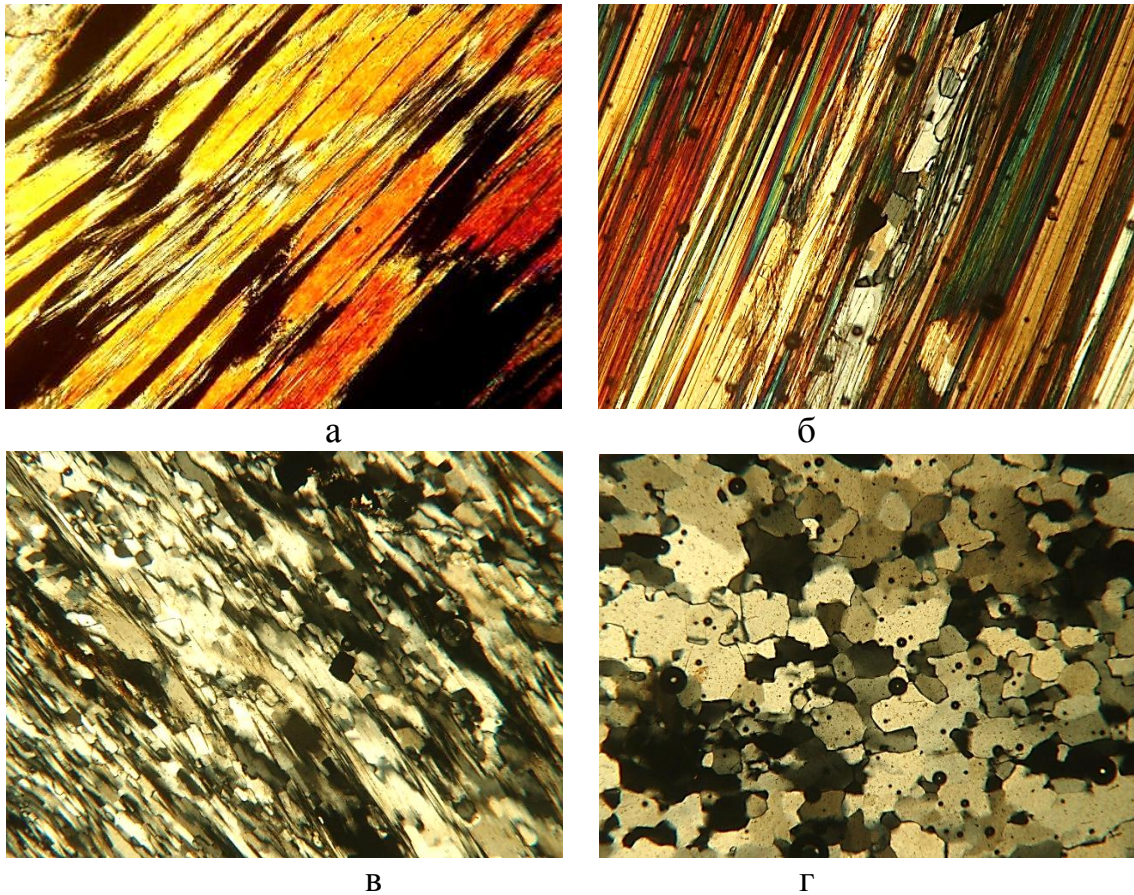


Рис. 4.3. Стадійність формування сірого соколиного ока шляхом окварцування кумінгтонітового азбесту.

а – вихідний кумінгтонітовий азбест; б – початкова стадія його окварцування; в – інтенсивно окварцований кумінгтонітовий азбест; г – гранобластові агрегати кварцу з ділянки повного окварцування кумінгтонітового азбесту

Прохідне світло; без аналізатора; збільшення $160\times$.

Рентгенограми соколиного ока з різним ступенем заміщення кумінгтоніту кварцом наведені на рис. 4.4, рис. 4.5.

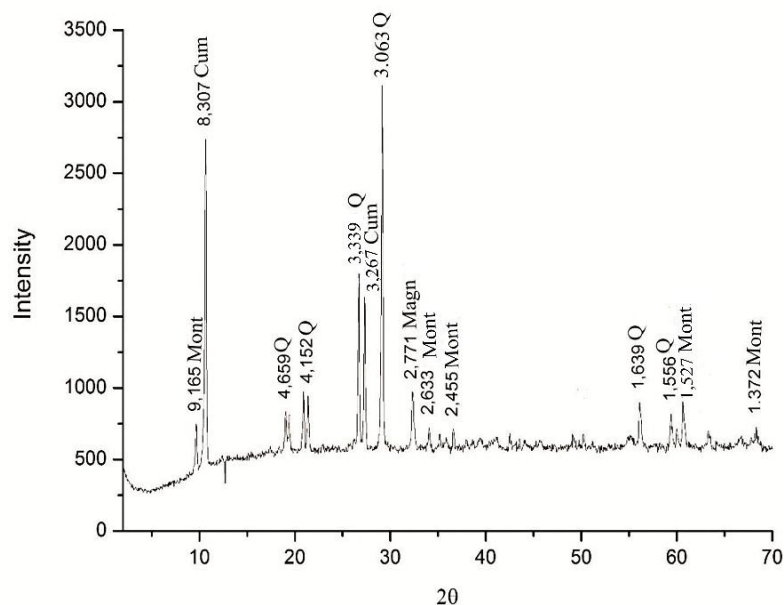


Рис. 4.4. Профіль дифракційних ліній матеріалу жили високоякісного сірого соколиного ока.

Mont – монтморилоніт, Cum – кумінгтоніт, Q – кварц, Magn – магнетит.

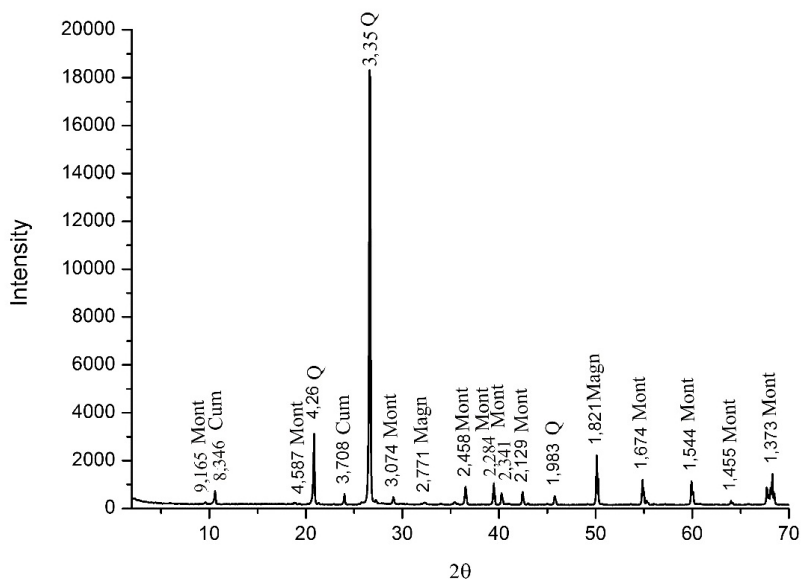


Рис. 4.5. Профіль дифракційних ліній матеріалу жили надмірно окварцованого сірого соколиного ока.

Mont – монтморилоніт, Cum – кумінгтоніт, Q – кварц, Magn – магнетит.

Як видно з рис. 4.5, для високоякісного ока з приблизно рівним вмістом кумінгтоніту та кварцу характерний чіткий прояв на рентгенограмі піків обох мінералів. Для надмірно окварцованого ока фіксується значне послаблення піків кумінгтоніту. Посилення окварцовування супроводжувалось утворенням все більшої кількості монтморилоніту – продукту розкладання кумінгтоніту.

Надлишкове залізо, яке вивільнялось із кристалічної ґратки кумінгтоніту в процесі його окварцовування, індивідуалізувалось у вигляді дрібних (до 0,05 мм) ідіоморфних, субідіоморфних кристалів магнетиту, які утворюють вкраплення в агрегатах самоцвіту (рис.4.6). Присутність незначної домішки магнетиту підтверджена результатами рентгенофазового аналізу (рис. 4.4, 4.5).

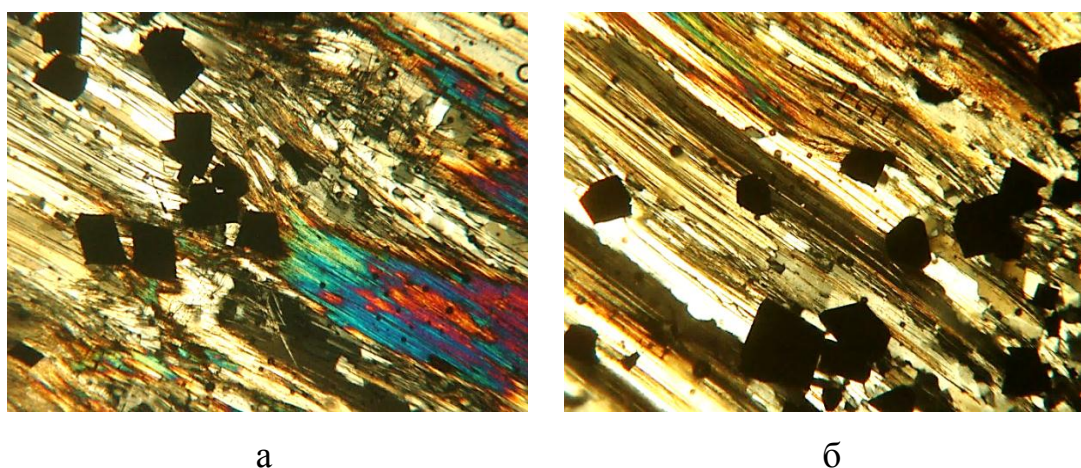


Рис. 4.6. Субідіоморфні кристали магнетиту (чорне) в паралельно-волокнистому агрегаті частково окварцованого кумінгтонітового азбесту.

Прохідне світло; без аналізатора; збільшення 160^х.

Матеріал проб ока, для якого мікроскопічно були виявлені підвищений вміст магнетиту, був досліджений методом магнітометрії в лабораторії ІГМР НАН України (аналітик Н.О.Дудченко). Крива намагніченості зразка інтенсив-

но окварцованого сірого соколиного ока наведена на рис. 4.7. Виходячи з виду кривої намагніченості, можна припустити, що в матеріалі проби Глв-69 (додаток Е) присутні дві фази магнітовпорядкованих мінералів. При чому, один з них (магнетит) насичується вже в полі 0,2 Тл, а другий (кумінгтоніт) – при значно більш високих показниках магнітного поля, які лежать у діапазоні вище характеристик приладу.

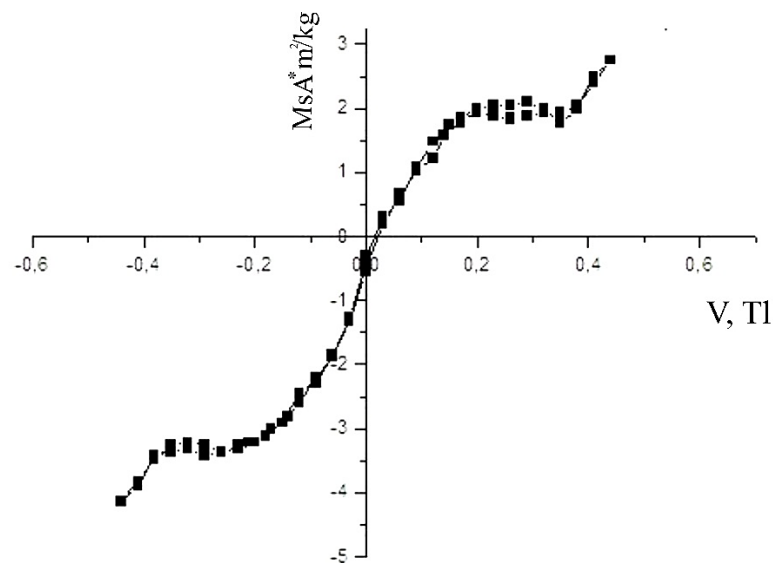


Рис. 4.7. Крива намагніченості зразка надмірно окварцованого сірого соколиного ока.

Результати польових мінералогічних досліджень у забоях кар'єру №2 ЦГЗКу свідчать, що в межах ділянок прояву самоцвіту можна спостерігати всі стадії формування сірого соколиного ока – від жил первинного кумінгтоніт-азбесту через частково окварцовані його різновиди до високоякісного соколиного ока та далі до низькоякісного надмірно окварцованого ока зі слабким проявом переливчастості. За умови присутності в складі сірого соколиного ока домішки хлориту воно набуває зеленувато-сірого відтінку – котяче око (рис.4.8).

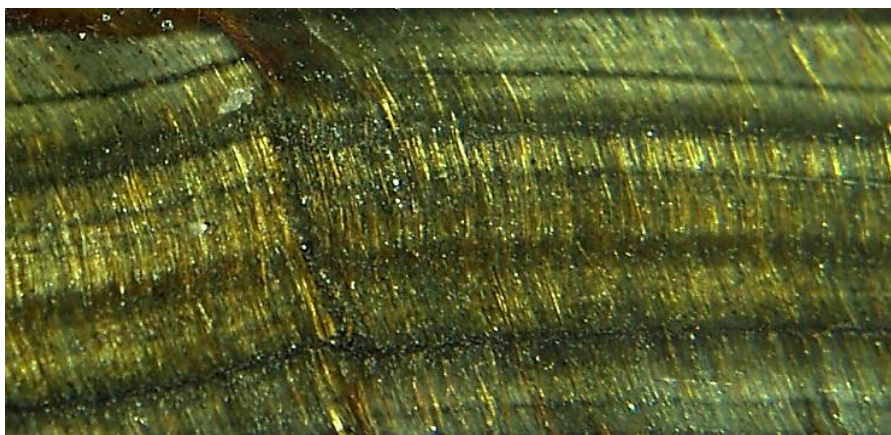


Рис. 4.8. Котяче око.

Збільшення 3^x.

4.1.2. Блакитне соколине око

Блакитне соколине око утворювалось як результат прояву трьох різних геологічних процесів: 1) внаслідок формування альпійських жил магнезіорибекітового азбесту у верствах магнетит-магнезіорибекітових кварцитів з наступним окварцуванням азбесту, тобто аналогічно вище охарактеризованому утворенню жил сірого соколиного ока; 2) за рахунок рибекитизації кумінгтонітового азбесту в процесі натрієвого метасоматозу та наступного окварцування утвореного продукту метасоматичних змін кумінгтонітового азбесту; 3) в результаті рибекитизації раніше утвореного сірого соколиного ока в зв'язку з натрієвим метасоматозом залізистих порід.

Верстви магнезіорибекіт-вмісних залізистих кварцитів постійно фіксуються в розрізах сьомого сланцевого та сьомого залізистого горизонтів Ганнівського, Первомайського родовищ Північного залізорудного району та родовищ північної частини Саксаганського залізорудного району (родовища шахт ім.В.І.Леніна, «Гвардійська», «Ювілейна», ім. М.В.Фрунзе, «Більшовик». На думку О.І.Стригіна [176] та М.О.Ярощука [201], залізисті кварцити з натрій-вмісними силікатами формувались внаслідок динамотермального метаморфізму

магнезіально-залізисто-кремнистих осадків, які містили значну кількість евапоритового (натрій-силікатного) компоненту. Але тільки в межах Глеюватського родовища та родовища шахти ім. М.В.Фрунзе створились оптимальні тектонічні умови для формування альпійських жил магнезіорибекітового азбесту.

Механізм утворення альпійських жил блакитного соколиного ока був аналогічний описаному вище для сірого соколиного ока. Блакитне око такого походження характеризується рівномірним приглушеним блакитним, сірувато-блакитним, іноді досить густим блакитним забарвленням (рис.4.9).

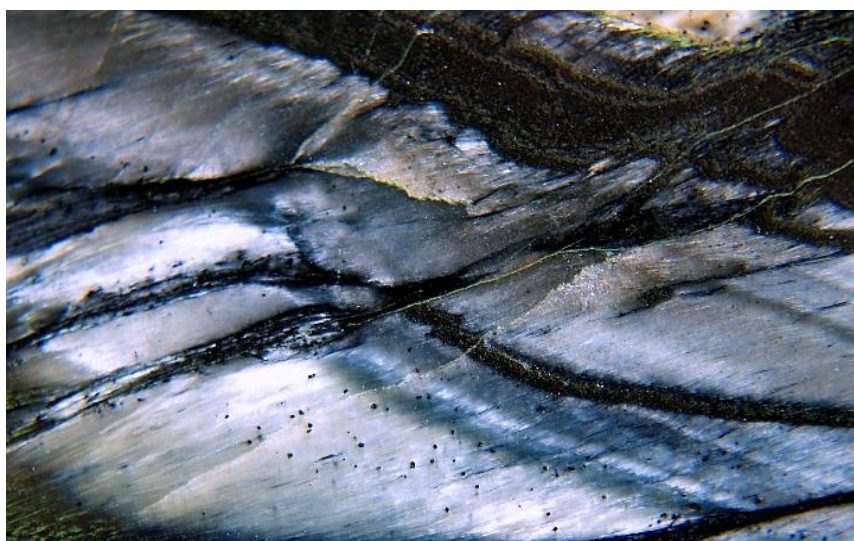


Рис.4.9. Соколине око блакитного кольору.
Збільшення 4^х.

Утворення блакитного соколиного ока внаслідок окварцування паралельно-волокнистих агрегатів епігенетично рибекітизованого первинного кумінгтонового азбесту, а також внаслідок рибекітизації метаморфогенного сірого соколиного ока, фіксується значно рідше. Рибекітизація їх була пов'язана з натрієвим метасоматозом, який відбувся в Криворізькому басейні з інтервалом 400 млн. років після завершення (2 200 млн. років тому) динамотермального метаморфізму порід залізисто-кремнистої формації [41, 42]. Процеси рибекітизації

кумінгтонітового азбесту та наступного його окварцування відбувались на різних стадіях натрієвого метасоматозу: перший – на прогресивній, другий – на регресивній під впливом «відпрацьованих» кремнезем-вмісних вуглекисло-натрієвих гідротермальних розчинів. Другий та третій генетичні різновиди блакитного соколиного ока відрізняються від першого, зазвичай, неоднорідним, плямистим сіро-блакитним, блакитним забарвленням, обумовленим нерівномірною рибекітизацією кумінгтонітового азбесту або кумінгтонітового сірого соколиного ока.

Практично бімінеральний склад блакитного соколиного ока підтверджують результати рентгеноструктурного аналізу (рис. 4.10). Рентгеноструктурний аналіз виявив також присутність у складі блакитного соколиного ока, як і у складі його сірого різновиду, незначних домішок монтморилоніту та магнетиту. Присутність першого можна пояснити його утворенням у процесі руйнування кристалічної ґратки магнезіюрибекіту при окварцуванні магнезіюрибекітового азбесту. Магнетит, як і у випадку сірого соколиного ока є також продуктом заміщення амфіболу кварцом і слабкого винесення заліза в зв'язку з його недостатньою розчинністю в метасоматизуючому гідротермальному флюїді. Цю думку підтверджують результати рентгеноструктурного аналізу інтенсивно окварцованого блакитного соколиного ока (рис. 4.11). Як видно, з підвищенням інтенсивності окварцування висота піків магнетиту на дифрактограмі значно зростає в порівнянні з відповідними на рентгенограмі кондиційного ока (рис. 4.10).

Присутність магнетиту у складі інтенсивно (надмірно) окварцованого блакитного соколиного ока зафіксована також результатами магнітометричного аналізу. Крива намагніченості його зразка наведена на рис. 4.12. Аналіз кривої намагніченості свідчить, що в матеріалі проби Глв-68 (додаток Е) присутні дві фази магнітовпорядкованих мінералів. Причому, один з них (магнетит) насичується вже в полі 0,2 Тл, а другий (магнезіюрибекіт) – при значно більш високих показниках магнітного поля, які лежать у діапазоні вище характеристик магнітометра.

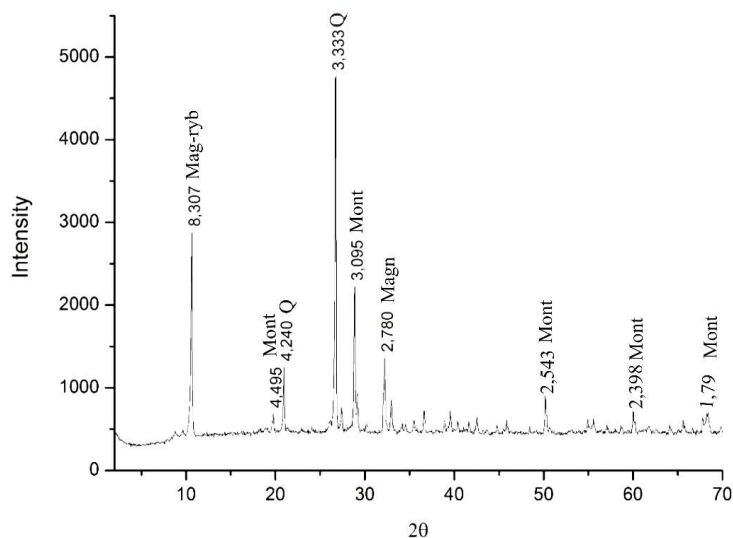


Рис. 4.10. Профіль дифракційних ліній матеріалу, який виповнює жилу високоякісного блакитного соколиного ока.

Mont – монтморилоніт, Mag-ryb – магnezіорибекіт, Q – кварц, Magn – магнетит.

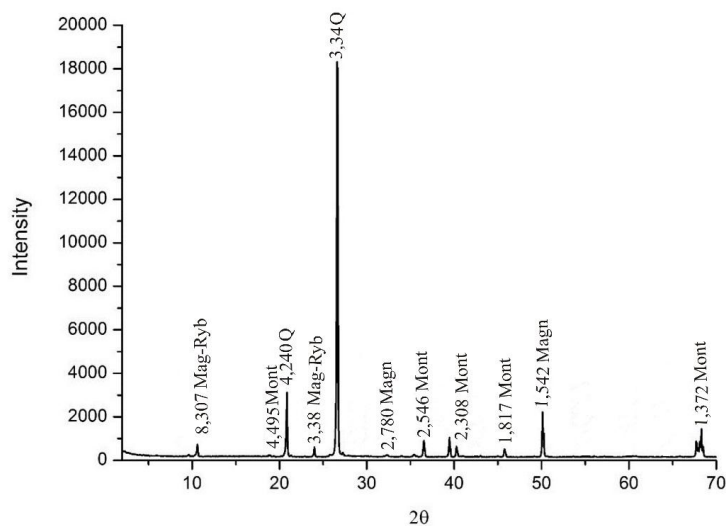


Рис. 4.11. Профіль дифракційних ліній матеріалу, який виповнює жилу надмірно окварцованого блакитного соколиного ока.

Mont – монтморилоніт, Mag-ryb – магnezіорибекіт, Q – кварц, Magn – магнетит.

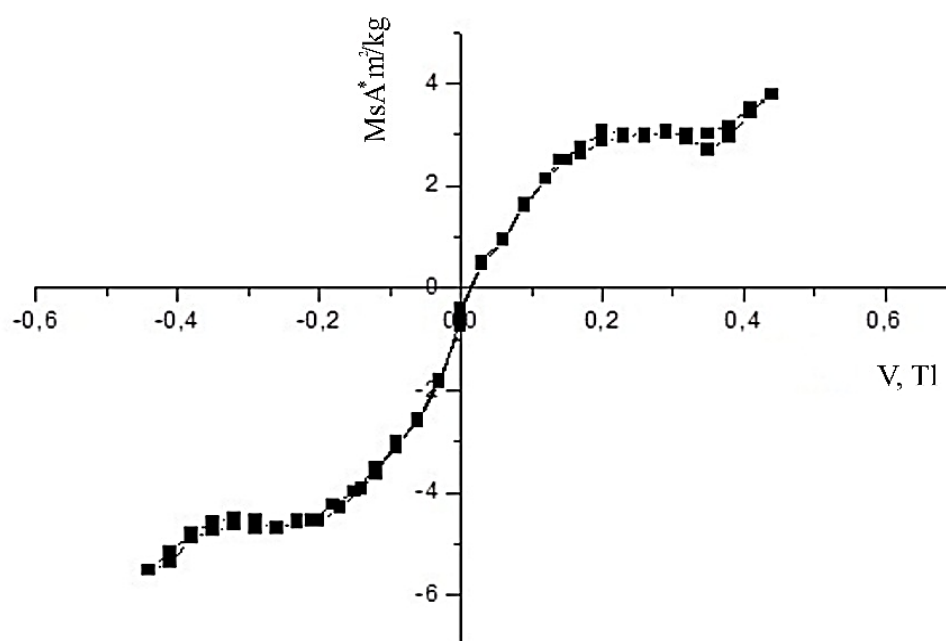


Рис. 4.12. Крива намагніченості блакитного соколиного ока.

4.1.3. Синє соколине око

Найбільш рідкісними є малопотужні прожилки синього соколиного ока, яке представляє собою окварцований паралельно- або субпаралельно-волокнистий агрегат голчастих, ниткоподібних індивідів рибекіту (крокідоліту) (рис. 4.13) [13, 14, 15, 79, 220]. Утворення жил ока цього різновиду генетично пов'язане з рибекітизацією високозалісистих магнетит-залізнослюдкових, залізнослюдко-магнетитових, магнетитових кварцитів центральних частин розрізів найбільш потужних залісистих горизонтів продуктивних товщ Ганнівського, Первомайського (п'ятий і шостий залізисті горизонти), Валявкинського (четвертий залізистий горизонт), Інгулецького (другий, четвертий, п'ятий залізисті горизонти) родовищ Криворізького басейну.

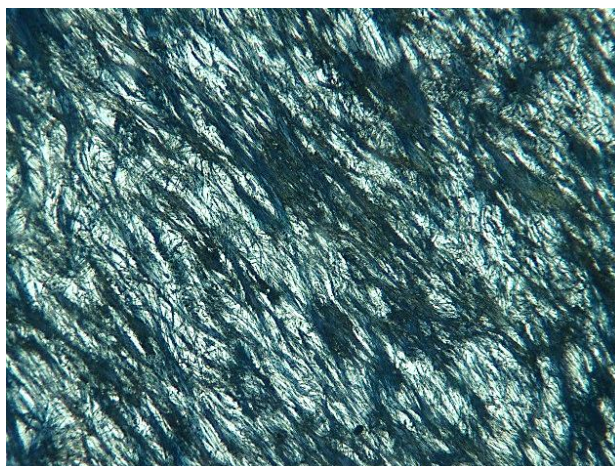


Рис. 4.13. Субпаралельно-волокниста структура рибекітового азбесту.

Синє – рибекіт; біле – кварц.

Прохідне світло; без аналізатора; збільшення 45^x.

В межах найбільш дослідженого автором Глеюватського родовища незначної (до 1 см) потужності, прожилки синього соколиного ока довжиною до 7-10 см були виявлені в центральних зонах розрізу шостого залізистого горизонту, складених залізнослюдко-магнетитовими кварцитами. Декілька таких прожилків були експоновані в центральній частині північного борту кар'єру №2 ЦГЗКу. В межах ділянки прояву синього соколиного ока були виявлені як прожилки крокідолітового азбесту, так і утворені шляхом його окварцування прожилки синього ока (рис 4.14).

За результатами мінералогічних і геологічних спостережень, черговість формування ока уявляється наступною: 1) рибекітизація залізнослюдко-магнетитових кварцитів внаслідок надходження до центральних зон шостого залізистого горизонту вуглекисло-натрієвих гідротермальних розчинів; 2) утворення в тріщинах відшарування жил крокідоліту; 3) окварцування крокідоліту під дією кремнезем-вмісних «відпрацьованих» метасоматизуючих розчинів регресивної стадії натрієвого метасоматозу.



Рис. 4.14. Синє соколине око.

Розмір зразка 11 см за максимальним виміром.

В межах ділянки прояву синього ока автором були відібрані зразки різної якості самоцвіту – від первинного крокідоліту через високоякісне око до надмірно окварцованого синього ока низької якості. Результати рентгеноструктурного дослідження крокідоліту й надмірно окварцованого ока показані на рис 4.15, 4.16.

Як видно, для первинного крокідоліту характерний бімінеральний склад: волокнистий рибекіт супроводжує незначна домішка кварцу. Мікроскопічні дослідження показали, що останні представлені дрібними до 0,05 мм ксеноморфними близькими до ізометричних кристалами в презольбандових частинах жил. Центральні частини жил складені мономінеральним крокідолітом.

Окварцування крокідоліту, як і у випадку вище описаного окварцування кумінгтонітового та магнезіюрибекітового азбесту, супроводжувалось псевдоморфізацією рибекіту голкоподібними агрегатами ізометричних індивідів кварцу. В разі надмірного окварцування утворювався практично мономінеральний агрегат виділень кварцу різної морфології (голчасті, стовпчасті, ізометричні) з рідкісними включеннями реліктового рибекіту та новоутвореними дрібними (до 0,05 мм) октаедричними кристалами магнетиту (рис.4.17). Формування останніх, як і у випадках сірого та блакитного соколиного ока, пояснюється слабкою

рухливістю заліза при окварцуванні рибекіту та індивідуалізацією його у вигляді кристалів магнетиту.

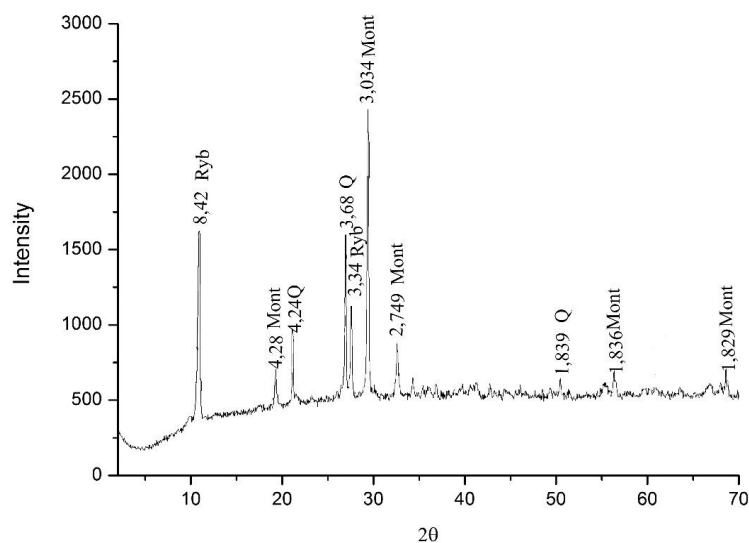


Рис. 4.15. Профіль дифракційних ліній матеріалу рибекітового азбесту.

Mont – монтморилоніт, Ryb – рибекіт, Q – кварц.

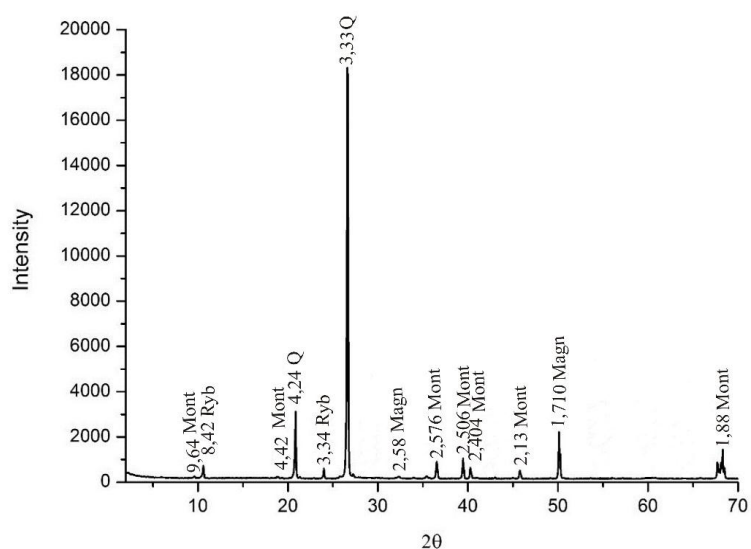


Рис. 4.16. Профіль дифракційних ліній матеріалу надмірно окварцованого рибекітового азбесту.

Mont – монтморилоніт, Ryb – рибекіт, Q – кварц, Magn – магнетит.

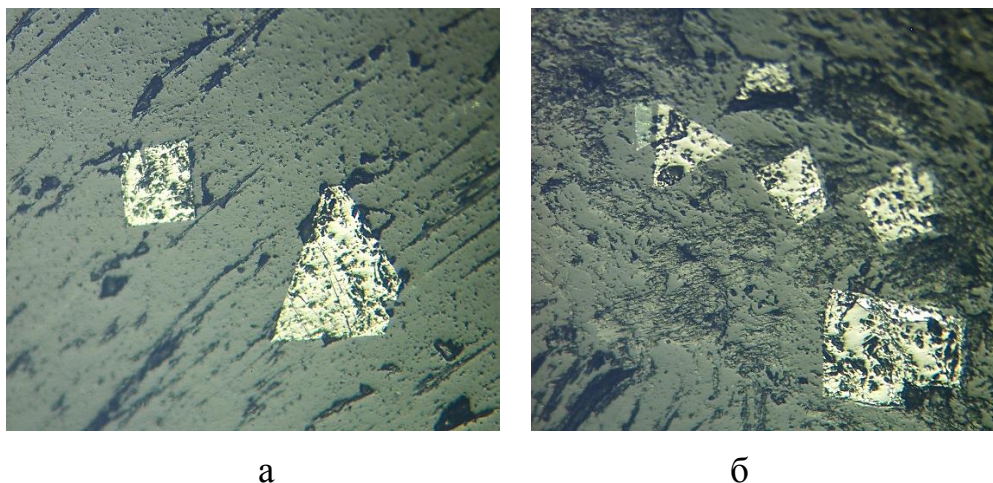


Рис 4.17. Ідіоморфні кристали магнетиту в паралельноволокнистому агрегаті інтенсивно окварцованого синього соколиного ока.

Відбите світло; без аналізатора; збільшення 70^x.

4.1.4. Тигрове око

Тигрове око є продуктом вивітрювання сірого, блакитного та синього соколиного ока. Гіпергенні зміни останнього разом з вмісними залізистими породами відбувались у декілька стадій протягом тривалого часу (від палеопротерозою до нині). В процесі вивітрювання кумінгтоніт, магнезіюрибекіт, рибекіт та більш рідкісний хлорит соколиного ока заміщувались агрегатом дисперсного гетиту і кварцу або халцедону, опалу. До складу продуктів вивітрювання входить також глинистий мінерал, представлений, переважно, монтморилонітом. При цьому зберігалась паралельно-волокниста будова первинних агрегатів ока. Сіре і блакитне соколине око, більш рідкісні синє соколине і сіро-зелене котяче око заміщувались золотисто-коричневим тигровим оком, для якого більшою мірою ніж для первинних різновидів ока характерний шовковистий блиск (рис. 4.18).

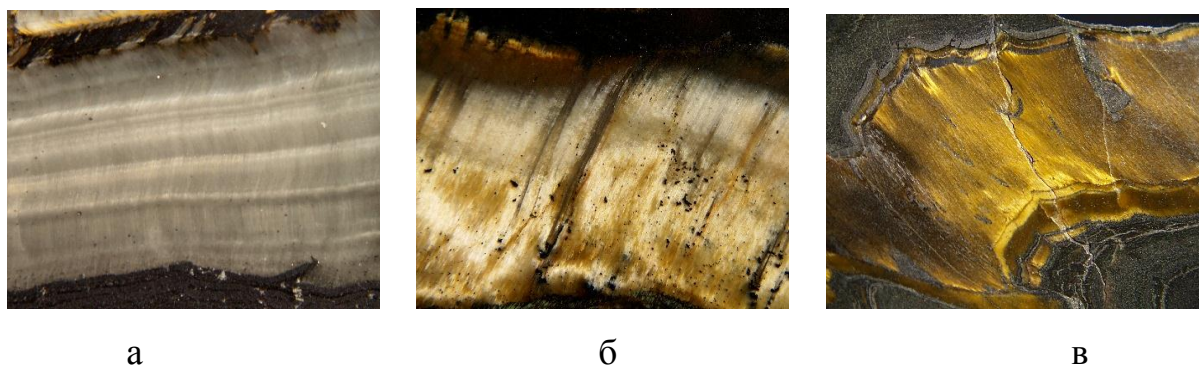


Рис. 4.18. Послідовні стадії заміщення тигровим оком первинного сірого соколиного ока.

а – первинне сіре соколине око; б – проміжна стадія його вивітрювання; в – тигрове око.

Збільшення: 4^x.

Спрямованість змін мінерального складу сірого соколиного ока при гіпергенному утворенні за його рахунок тигрового різновиду підтверджена результатами рентгеноструктурного аналізу (рис. 4.19, 4.20). На початковій стадії вивітрювання самоцвіту (рис. 4.19) фіксується поява піків гетиту та суттєве зменшення величин піків кумінгтоніту та магнетиту. Практично не змінюється інтенсивність рефлексів монтморилоніту та кварцу – стійких до впливу гіпергенних факторів. Збільшення інтенсивності вивітрювання, в наслідок чого утворюється тигрове око, супроводжується повним заміщенням кумінгтоніту (зникнення його піків) агрегатом гетиту [57, 152, 153] та кварцу, а магнетиту – гематитом (мартитом); останнє підтверджується зникненням на дифрактограмі (рис. 4.20) піків магнетиту і підвищенням інтенсивності рефлексів гематиту.

Магнітометричні дослідження засвідчили суттєве зменшення показника намагніченості насичення (в 2-3 рази) при гетитизації сірого соколиного ока (рис 4.21, 4.22). Головна причина цього – заміщення магнетиту, утвореного при

окварцуванні первинних кумінгтонітового та магнезјорібекітового азбестів (підрозділ 4.1.1, 4.1.2) в процесі гіпергенезу мартитом.

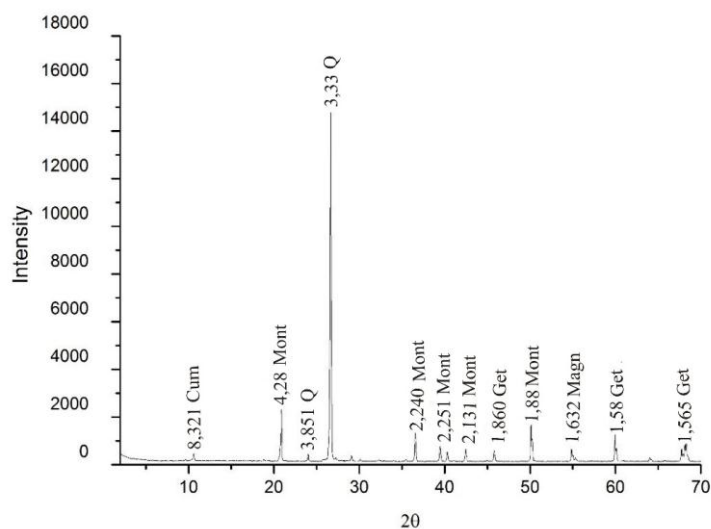


Рис. 4.19. Дифрактограма слабо гетитизованого сірого соколиного ока.

Mont – монтморилоніт, Cum – кумінгтоніт, Q – кварц, Magn – магнетит, Get – гетит.

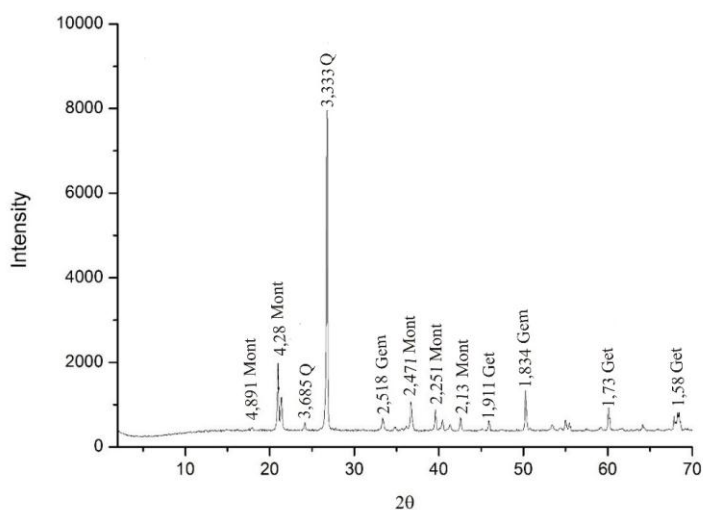


Рис. 4.20. Дифрактограма інтенсивно гетитизованого сірого соколиного ока (тигрового ока).

Mont – монтморилоніт, Q – кварц, Get – гетит.

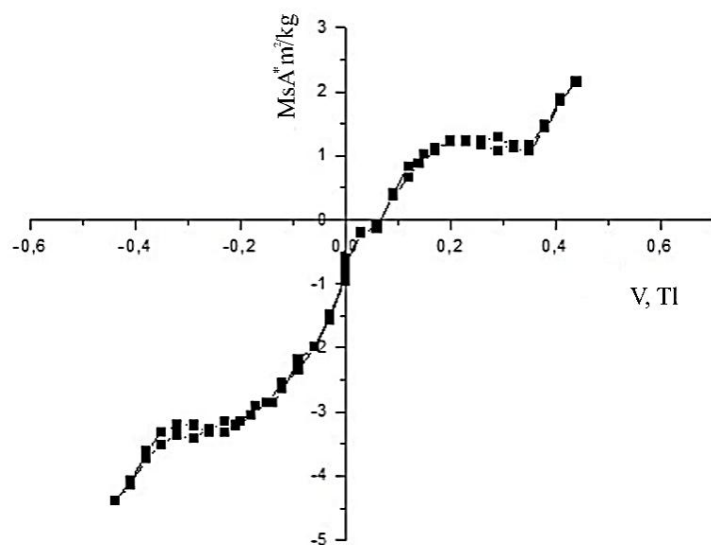


Рис. 4.21. Крива намагніченості зразка слабо гетитизованого сірого соколиного ока.

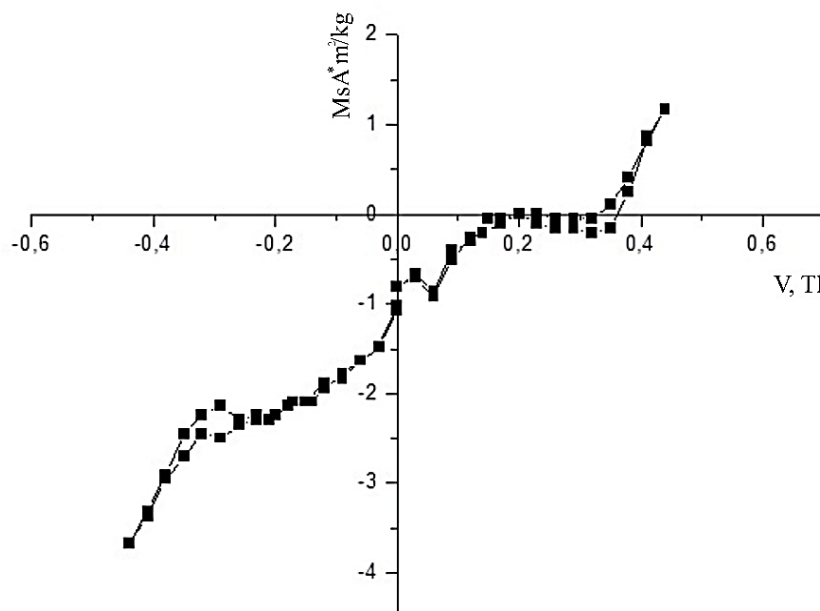


Рис. 4.22. Крива намагніченості зразка інтенсивно гетитизованого сірого соколиного ока.

Зрідка за умови недостатньої кількості води вивітрювання соколиного, котячого ока супроводжувалось утворенням дисперсного гематиту замість дисперсного гетиту. В такому разі формувалась самоцвіт вишневого, бурувато-червоного кольору – волове око (рис. 4.23).

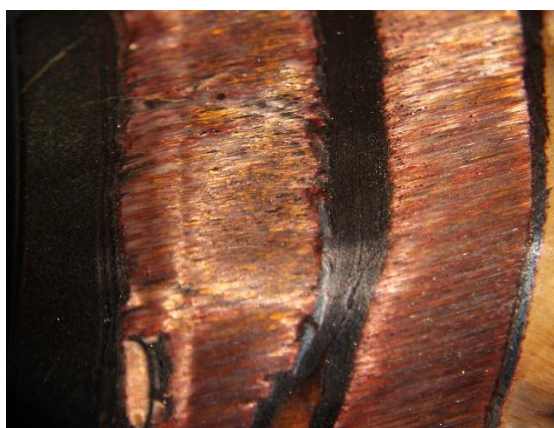


Рис. 4.23. Волове око

Збільшення 3^x.

Подальші гіпергенні зміни призводять до руйнування тигрового ока. На перших стадіях руйнівного процесу через терморозущільнення утворювались тонкі (до 0,1 мм) тріщини між окремими паралельними волокнистими індивідами кварцу. В подальшому спостерігається заповнення тріщин коломорфними агрегатами гетиту або виділеннями інших гіпергенних мінералів. Одночасно або послідовно могла відбуватись маршалітизація кварцу, який входить до складу агрегатів ока. Наслідком зазначених процесів є поступове руйнування ока. В кінцевому вигляді інтенсивно гіпергенно змінене око являє сипучий зернистий агрегат гетит-кварцового складу.

4.2. Фактори утворення жил ока

За результатами польових і лабораторних мінералогічних досліджень, автор виділила декілька факторів, які визначальним чином впливали на утворення, локалізацію, морфологію жил ока та його мінеральний склад. До головних факторів відносяться стратиграфічний, метаморфічний, тектонічний, мінералогічний, метасоматичний, гіпергенний.

4.2.1. Стратиграфічний фактор

В попередніх підрозділах зазначалось, що топомінералогічні дослідження автор проводила для всіх залізорудних родовищ Кривбасу. Основний об'єм досліджень був виконаний для Глеюватського родовища, в межах якого були виявлені найбільш крупні прояви самоцвіту.

За результатами узагальнення даних про стратиграфічну приналежність жил ока був зроблений висновок, що в розрізі залізисто-кремнистої формації вони розподілені дуже нерівномірно (рис 4.24). Практично відсутні жили в сланцевих горизонтах нижньої частини розрізу саксаганської світи (від першого до п'ятого сланцевих горизонтів). Причина цього, на думку автора дисертації, полягає у високій пластичності сланців, внаслідок чого на прогресивній стадії динамотермального метаморфізму формувались зони зім'яття замість зон тріщинуватості, в яких утворювались первинні жили кумінгтонітового або магнезіо-рибекітового азбесту.

Виключенням є шостий та сьомий сланцеві горизонти. Шостий сланцевий горизонт у межах більшості родовищ складають серицит-кварц-хлоритові сланці, подібні до таких, які складають перший-п'ятий сланцеві горизонти. Але в межах Лихманівського (Інгулецьке родовище) та Північного (Первомайське,

Ганнівське родовища) залізорудних районів Кривбасу шостий сланцевий горизонт представлений відносно крихкими магнетит-силікатними кварцитами, в яких можливість утворення жил ока була більш високою. Максимальним проявом жил характеризується сьомий сланцевий горизонт. Найбільша кількість жил у його складі виявлена в межах Глеюватського родовища; в північному і південному напрямках від нього кількість і розмір жил ока суттєво зменшується.

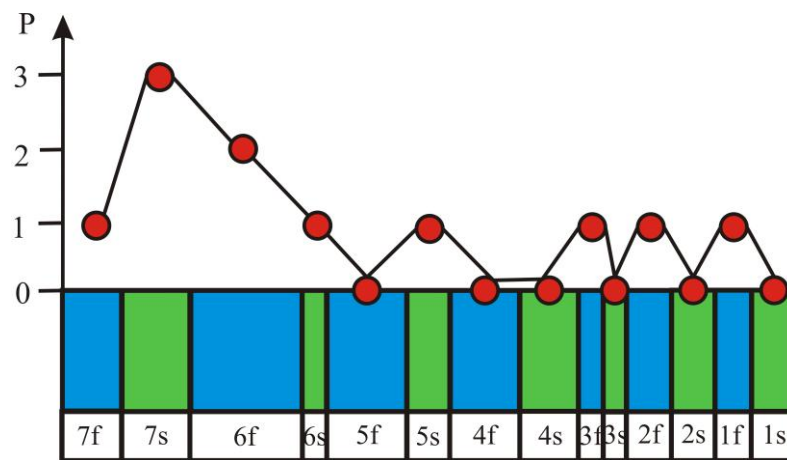


Рис 4.24. Варіативність кількості жил ока в узагальненому розрізі саксганської світи Криворізького басейну.

P – умовний показник поширення жил: 0 – відсутність жил; 1 – наявність окремих малопотужних прожилків; 2 – присутність окремих прожилків значної потужності; 3 – систематична присутність проявів ока.

Крім крихкості пластичності вмісних порід можливість утворення жил ока залежала також від мінерального та хімічного складу залізистих порід. Він формувався в процесі седиментації залізорудної товщі. Її роль у формуванні проявів ока полягала в тому, що цей процес обумовив нагромадження залізо-кремністих осадків певного хімічного складу: вони містили крім оксидів заліза та кремнезему також значну кількість оксиду магнію, необхідного для фо-

рмування силікатів, за рахунок яких утворювались зазначені вище різновиди ока [46, 47, 89, 141]. Постседиментаційні процеси діагенезу та динамотермального метаморфізму не супроводжувались помітною міграцією мінеральної речовини, що сприяло збереженню головних рис геохімічної зональності залізистих і сланцевих горизонтів.

Залізисті горизонти саксаганської світи характеризуються різним рівнем прояву мінералогічної та геохімічної зональності: повним (рис. 4.25а), виродженим (рис. 4.25б) та проміжними з різною представленістю залізистих кварцитів різного мінерального складу. Загальною для всіх залізистих горизонтів є така закономірність зміни вмісту головних хімічних компонентів:

- кількість три- і двовалентного заліза зменшується в напрямку від центру залізистого до центру сланцевого горизонту;
- вміст оксидів алюмінію, магнію, кальцію, калію, сірки, фосфору, води та інших компонентів зростає в зворотному напрямку.

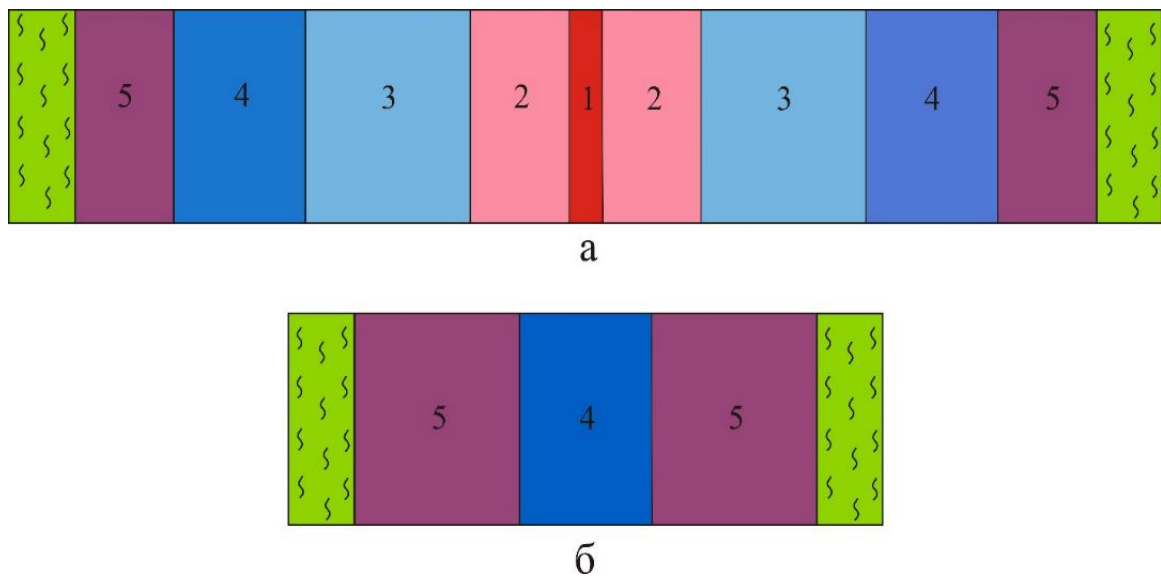


Рис. 4.25. Особливості аутигенної мінералогічної зональності залізистих горизонтів з повно проявленою (а) та виродженою (б) аутигенною мінералогічною зональністю.

Мінеральні різновиди залізистих кварцитів, які складають залізисті горизонти: 1 – магнетит-залізнослюдкові; 2 – залізнослюдко-магнетитові; 3 – магне-

титові; 4 – кумінгтоніт-магнетитові; 5 – магнетит-кумінгтонітові, магнетит-магнезіорибекітові; зелене – породи сланцевих горизонтів.

Залізисті кварцити оптимального хімічного складу, у верствах яких на прогресивній стадії динамотермального метаморфізму відбувалось утворення альпійських жил кумінгтонітового та магнезіорибекітового азбесту, за даними попередніх дослідників [35, 36, 211], характерні для периферійних зон залізистих горизонтів з повністю проявленою аутигенною зональністю, а також для залізистих і сланцевих горизонтів з виродженою зональністю (рис. 4.25).

В межах найбільш детально дослідженого автором дисертації Глеюватського родовища таким хімічним складом характеризуються так звані «малорудні» магнетит-силікатні кварцити сьомого сланцевого горизонту.

В центральних зонах залізистих горизонтів з повно проявленою аутигенною мінералогічною зональністю жили ока зустрічаються досить рідко: в залізнослюдко-магнетитових, магнетитових кварцитах, які їх складають, відсутні хімічні компоненти (в першу чергу, MgO), необхідні для утворення первинних кумінгтонітового або магнезіорибекітового азбесту. Тут іноді в межах ділянок прояву натрієвого метасоматозу зустрічаються лише дрібні прожилки крокідоліту (Ганнівське, Первомайське, Валявкінське, Інгулецьке родовища) та утворені внаслідок його окварцування прожилки синього соколиного ока. Підвищена кількість жил цього самоцвіту виявлена у верхній частині розрізу шостого залізистого горизонту, яка прилягає до зон максимального поширення жил в базальній частині розрізу сьомому сланцевому горизонту Глеюватського родовища.

Таким чином, речовинна основа майбутніх проявів ока була закладена седиментацією. Інші геологічні процеси, які проявились пізніше, обумовили безпосереднє утворення жил ока та його епігенетичні перетворення.

4.2.2. Метаморфічний фактор

Дія метаморфічного фактору обумовила утворення та локалізацію проявів ока саме в межах родовищ, залізисті породи яких зазнали динамотермального метаморфізму в термодинамічних умовах епідот-амфіболітової фації (рис.4.26).

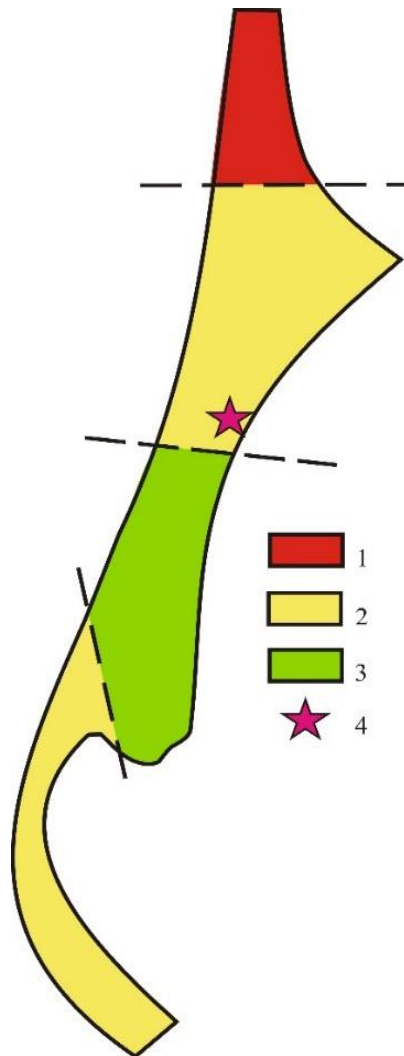


Рис. 4.26. Розподіл ділянок з різним ступенем динамотермального метаморфізму залізистих порід в межах Криворізької структури (за Р.Я.Белєвцевим [30]).

Фації динамотермального метаморфізму: 1 – епідот-амфіболітова; 2 – перехідна від зеленосланцевої до епідот-амфіболітової; 3 – зеленосланцева.

4 – положення Глеюватського родовища.

Як наголошувалось вище, соколине око формувалось шляхом окварцування кумінгтонітового або магнезіюрибекітового азбесту. Обидва мінерали є типоморфними для залізистих порід, метаморфізованих в термодинамічних умовах, які відповідають епідот-амфіболітовій фації або перехідним умовам від зеленосланцевої до епідот-амфіболітової фації. Для слабо метаморфізованих залізистих кварцитів (фація зелений сланців) кумінгтоніт і магнезіюрибекіт не характерні, жили ока у верствах таких порід практично відсутні.

Процес динамотермального метаморфізму, на думку переважної більшості дослідників Криворізького басейну, поділявся на дві стадії: прогресивну та регресивну [32, 43, 78, 158, 159]. З першою пов'язане наростання значень термодинамічних показників метаморфізму до максимуму, який зафіксований існуючими парагенетичними асоціаціями мінералів. Для вмісних по відношенню до ока магнетит-силікатних кварцитів такими є магнетит+кумінгтоніт+кварц, магнетит+магнезіюрибекіт+кварц.

На прогресивній стадії метаморфізму в зонах тріщинуватості, які супроводжували утворення розривних порушень, формувались альпійські жили, повнені мінералами, спорідненими за хімічним складом з вмісними магнетит-силікатними кварцитами. У верствах магнетит-кумінгтонітових кварцитів жили були складені кумінгтонітовим азбестом; у верствах магнетит-магнезіюрибекітових кварцитів – магнезіюрибекітовим азбестом.

З регресивною стадією метаморфізму пов'язане утворення у вмісних магнетит-силікатних кварцитах низки низькотемпературних мінералів (головним чином кварцу, а також значно меншою мірою – хлориту, селадоніту, стильпно-мелану, зрідка карбонатів (сидерофіліту, пістомезиту, кальциту та ін.)), які заміщували мінерали прогресивної стадії метаморфізму (кумінгтоніт, біотит, альмандин та ін.). На цій стадії відбувалось різною мірою проявлене окварцування кумінгтонітового та рибекітового азбесту, утворення сірого (кумінгтонітового) та блакитного (магнезіюрибекітового) ока.

Таким чином, динамотермальний метаморфізм відіграв роль фактору, який спричинив формування жил амфіболового азбесту та подальше перетворення їх на жили самоцвітів.

4.2.3. Тектонічний фактор

Вирішальну роль у формуванні жил ока відігравав також тектонічний фактор. Для ділянок поширення жил характерні прояви як плікативних, так і диз'юнктивних порушень – сингенетичних та епігенетичних.

Необхідною умовою утворення первинних жил кумінгтонітового або магнезіорибекітового азбесту було формування на прогресивній стадії динамотермального метаморфізму – внаслідок прояву розтягаючих тектонічних зусиль – згідних, субзгідних, іноді пологосічних тріщин, до яких надходили мінералогенеруючі метаморфогенні розчини. Враховуючи особливості мінерального та хімічного складу прошарків, які складають вмісні залізисті кварцити, джерелом розчинів могли бути прошарки, переважно, магнетит-силікатного, та незначною мірою кварцового складу.

Спрямування розтягаючих навантажень могло бути різним, на рис. 4.27 показані два полярних варіанти. В першому випадку (за умови нормального спрямування зусиль по відношенню до шаруватості вмісних порід) відбувалось відокремлення прошарків і утворення згідних з шаруватістю тріщин, до яких надходили колоїдні розчини залізо-магній-кремнієвого складу (рис. 4.27а). У випадку формування січних жил (за умови спрямування зусиль паралельно шаруватості порід) джерелом амфібол-генеруючих розчинів також були прошарки магнетит-силікатного складу (рис. 4.27б). Але тут у місцях перетину тріщиною рудно-силікатних або силікатних прошарків замість паралельно-волокнистих агрегатів кумінгтонітового або магнезіорибекітового азбесту формувались радіально-променисті агрегати амфіболу (рис 4.28).

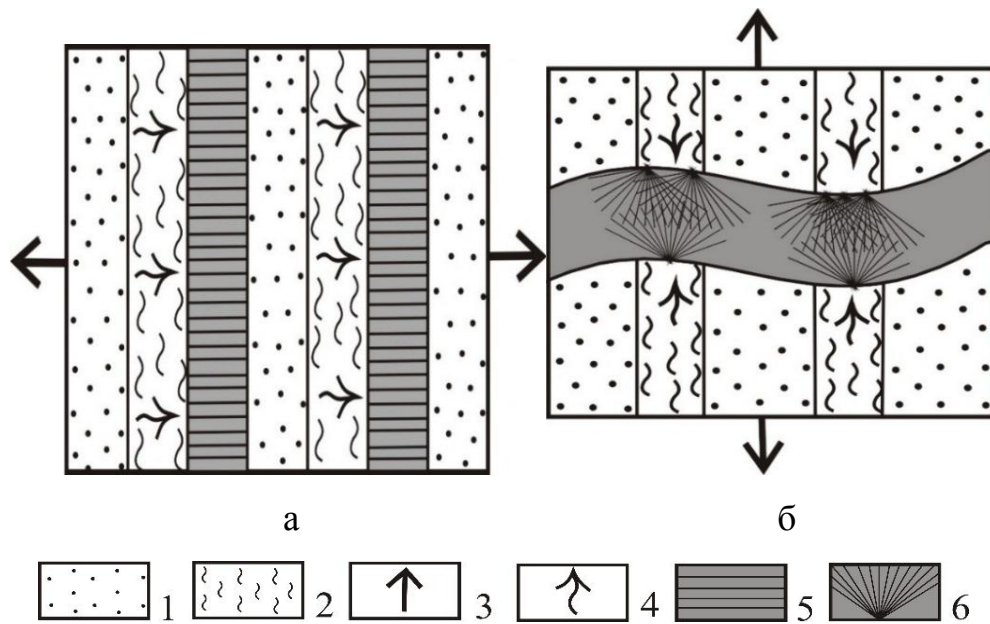
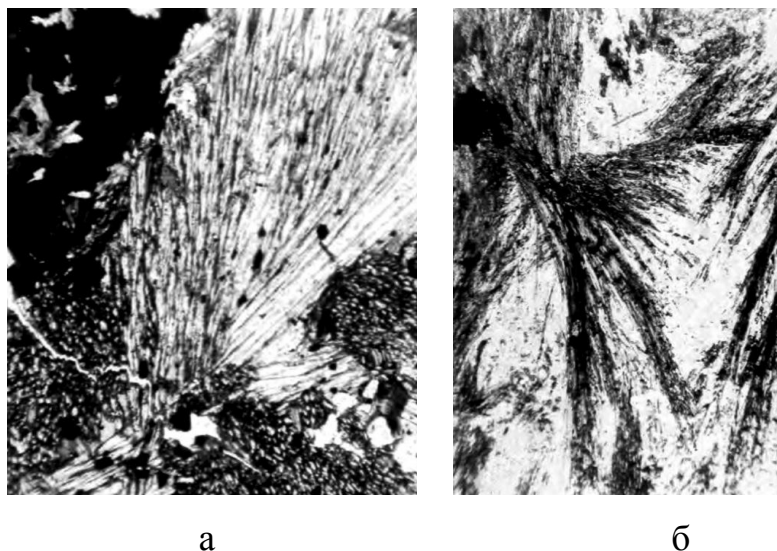


Рис. 4.27. Схеми формування паралельно-волокнистих (а) і радіально-променистих (б) агрегатів кумінгтоніту в магнетит-силікатних кварцитах.

1 – прошарки суттєво кварцового складу (роговикові); 2 – прошарки магнетит-біотит-кумінгтонітового складу (рудно-силікатні); 3 – напрямки розтягаючих тектонічних зусиль; 4 – напрямки міграції метаморфогенних флюїдів; 5 – агрегати кумінгтового азбесту; 6 – радіально-променисті агрегати голчастих кристалів кумінгтоніту.

Сформовані прожилки первинного кумінгтонітового, магнезіюрибекітового азбесту спільно з вмісними магнетит-силікатними кварцитами зазнавали тектонічних порушень – як плікативних, так і диз'юнктивних [95]. Перші проявлені різної форми складками – від простих пологих до дизгармонійних пloyчастих (рис. 4.29). При цьому паралельно-волокнисті агрегати сірого, блакитного, синього соколиного ока зазнавали згину, перекручування, що в подальшому надало самоцвітам мінливості, переливчастості забарвлення. При мікроскопічних дослідженнях (рис 4.30) це фіксуються зміною орієнтації оптичних осей волокнистих індивідів у агрегатах амфіболових азбестів.



а

б

Рис 4.28. Радіально-променисті агрегати волокнистого кумінгтоніту з січного прожилку в магнетит-кумінгтонітовому кварциті сьомого сланцевого горизонту Глеюватського родовища.

Прохідне світло; без аналізатора; збільшення 120^x.

Диз'юнктивні порушення прожилків ока представлені тріщинами без зсуву фрагментів жили, тріщинами з їх переміщенням, будинажом, кліважом, прожилками епігенетичних мінералів.



Рис. 4.29. Прояви складчастості жил тигрового ока.

Розмір зразка 14 см за максимальним виміром.

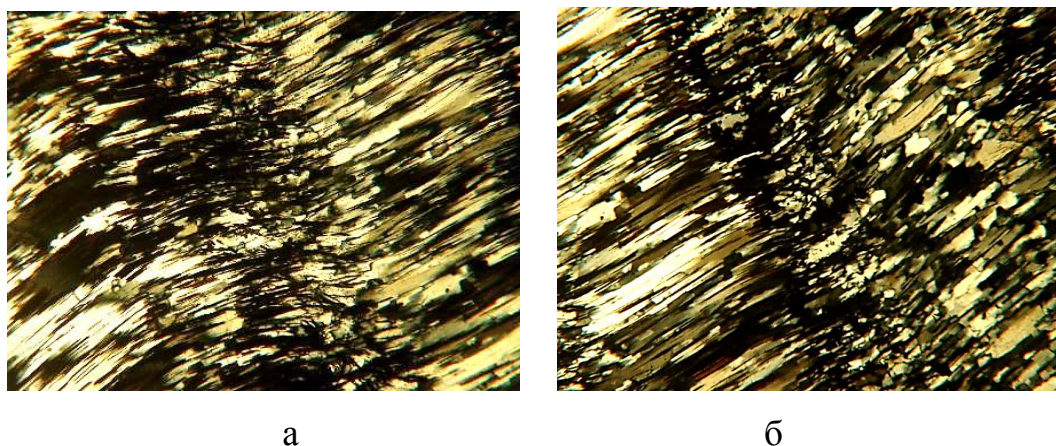


Рис. 4.30. Прояви хвилястих вигинів частково окварцованого паралельно-волокнистого агрегату кумінгтонітового азбесту.

Прохідне світло; без аналізатора; збільшення 160^x.

Тріщини, зазвичай, короткі, перетинають прожилки ока і губляться у вмісних прошарках магнетит-силікатного складу (рис 4.31); потужність їх від 0,1 до 1 мм. Зміщення фрагментів ока по тріщинах не перевищують 2-3 см, найчастіше становлять 1-5 мм. Тріщини виповнені уламками ока і фрагментами вмісних магнетит-силікатних, силікат-магнетитових, кварцових прошарків (рис 4.32).

Прожилки епігенетичних мінералів спостерігаються досить рідко, вони формувались по січних, радіальних тріщинах та тріщинах кліважу. Характеризуються потужністю від 0,1 до 3 мм, виповнені, переважно, кварцом, магнетитом, іноді карбонатом, хлоритом, селадонітом [127, 128]. Прожилки які перетинають жили тигрового ока, разом із самоцвітом зазнавали вивітрювання. В зв'язку з цим силікати, які входили до їх складу, були заміщені пелітоморфним агрегатом дисперсного гетиту, каолініту, кварцу (халцедону).



Рис. 4.31. Прояв фрагментування прожилку блакитного соколиного ока по січних тріщинах.

Розмір зразка 12 см за максимальним виміром.



а



б

Рис. 4.32. Січні тріщини в згідному прожилку тигрового та соколиного ока, виповнені переподрібненим матеріалом і фрагментами ока та вмісних магнетит-силікатних, силікат-магнетитових, кварцових прошарків.

Збільшення 4^x.

Будинаж жил ока зустрічається досить часто у зв'язку з формуванням складок волочіння або утворенням субпаралельних тріщин під впливом стискаючих зусиль. Фрагменти жил зазнавали розсування на відстань від 1 до 10 мм. Міжбудинний простір заповнювався матеріалом вмісних силікат-магнетитових, магнетит-силікатних прошарків, який був більш пластичним у порівнянні з агрегатами ока (рис.4.33). Малопотужні міжбудинні порожнини часто заповнені жильними дрібнокристалічними агрегатами кварцу, іноді магнетиту.

Утворення тріщин кліважу спостерігається досить часто у зв'язку з приуроченістю Глеюватського родовища до ділянки прояву інтенсивних тектонічних напружень у зоні Саксаганського розлому. Тріщини кліважу, зазвичай, короткі, довжина їх не перевищує 3-5 см, часто по них спостерігаються східчасті зсуви фрагментів жил ока одного відносно іншого.



Рис. 4.33. Будинування паралельних жил тигрового ока в ділянці прояву диз'гармонійної складчатості вмісних магнетит-силікатних кварцитів.

Розмір зразка 11 см за максимальним виміром.

4.2.4. Метасоматичний фактор

Метасоматичний фактор відігравав важливу роль у формуванні жил ока, супроводжував декілька етапів їх утворення.

Перший прояв метасоматозу спричинив окварцування кумінгтонітового та магнезіорибекітового азбесту, альпійські жили яких утворились на прогресивній стадії динамотермального метаморфізму залізисто-кремнистої формації. Заміщення паралельно-волокнистих агрегатів амфіболів відбувалось на регресивній стадії динамотермального метаморфізму. Метасоматоз проходив повільно, що сприяло утворенню псевдоморфоз кварцу по волокнистих кристалах кумінгтоніту (рис. 4.34) або магнезіорибекіту.

Процес відбувався локально під впливом залишкових кремнезем-вмісних метаморфічних розчинів, у зв'язку з чим перетворення всіх первинних жил амфіболових азбестів на сіре та блакитне соколине око не відбулось. Тому в межах досліджених проявів ока спостерігаються також численні жили амфіболових азбестів без помітного прояву окварцування та з проявом його початкових стадій.



Рис. 4.34. Сіре соколине око з альпійської жили в магнетит-кумінгтонітовому кварциті п'ятого залізистого горизонту Первомайського родовища.

Розмір зразка 15 см за максимальним виміром.

Як зазначалось вище, з інтервалом близько 400 млн. р. після динамотермального метаморфізму залізисто-кремниста формація зазнала впливу натрій-вмісних метасоматизуючих розчинів. Стосовно ока це мало два наслідки. По-перше, відбулась локальна рибекітизація метаморфогенного кумінгтонітового азбесту та сірого соколиного ока. Перший був перетворений на магнезіюрибекітовий азбест другої генерації. Від метаморфогенного магнезіюрибекітового азбесту першої генерації він відрізняється плямистістю та неоднорідністю забарвлення – від дуже світлого блакитного до густосинього. По-друге, в ділянках розтягаючих тектонічних зусиль, які супроводжували натрієвий метасоматоз у згідних з шаруватістю тріщинах утворювався рибекітовий азбест – крокідоліт [193, 214, 216] (рис. 4.35), для нього властива чітка стратиграфічна приуроченість до центральних зон залізистих горизонтів, складених залізнослюдко-магнетитовими, магнетитовими кварцитами.



Рис 4.35. Первинний рибекітовий азбест (крокідоліт).

Розмір зразка 10 см за максимальним виміром.

За цією ознакою крокідоліт чітко відрізняється від кумінгтонітового і магнезіорибекітового азбесту, жили яких утворювались у периферійних зонах залізистих горизонтів або у сланцевих горизонтах, складених магнетит-силікатними кварцитами.

Перетворення магнезіорибекітового азбесту-II та крокідоліту на блакитне, синє соколине відбулось на регресивній стадії натрієвого метасоматозу під впливом «відпрацьованих» метасоматичних розчинів, які характеризувались підвищеним вмістом кремнезему.

4.2.5. Гіпергенний фактор

Гіпергенний фактор обумовив перетворення всіх кольорових і мінералогічних різновидів ока гіпогенного утворення – сірого кумінгтонітового, блакитного та синього магнезіорибекітового, а також густо синього рибекітового – на золотисто-жовте, золотисто-коричнєве тигрове око (рис.4.36).



Рис 4.36. Тигрове око Глеюватського родовища.

Розмір зразка 15 см за максимальним виміром.

В процесі вивітрювання окварцованих агрегатів кумінгтонітового, магнезіорибекітового та рибекітового азбесту відбувалось заміщення волокнистих, голчастих кристалів амфіболів полімінеральним агрегатом дисперсного гетиту та кварцу, часто з домішкою глинистого мінералу, зазвичай, монтморилоніту [154]. Форма волокнистих виділень амфіболів при цьому зберігалась. Впливом гіпергенного фактору обумовлене поширення проявів тигрового ока в зонах вивітрювання жил сірого й блакитного соколиного ока.

4.2.6. Мінералогічний фактор

Вплив мінералогічного фактору на утворення, локалізацію та морфологію жил ока тісно пов'язаний і певною мірою повторює вплив вище охарактеризованих факторів – стратиграфічного, метасоматичного, гіпергенного, прояв яких мав мінералогічну складову.

Стратиграфічний, який обумовив приуроченість жил ока до певних стратиграфічних горизонтів, реалізовувався за умови відповідності складу вмісних залізистих кварцитів оптимальним показникам, які були необхідні для формування жил кумінгтонітового, магнезіорибекітового азбесту. Сутність метасоматичного фактору полягала в зміні мінерального складу раніше сформованих жил амфіболових азбестів та сірого соколиного ока під впливом метасоматизуючих гідротермальних розчинів.

Гіпергенні зміни первинного сірого, блакитного та синього соколиного ока, які обумовили їх перетворення на тигрове око, супроводжувались суттєвими змінами їх мінерального складу вихідних самоцвітів. Використання мінералогічних показників при дослідженні геологічної позиції та морфології жил ока доцільні в разі недостатньої кількості відомостей про їх стратиграфічну

прив'язку, вплив плікативних і диз'юнктивних структур, рівня метаморфічних перетворень вмісних залізистих порід.

Впливом мінералогічного фактору обумовлена присутність жил тигрового й соколиного ока у верствах магнетит-кумінгтонітових і магнетит-магнезіорибекітових кварцитів, які характеризуються підвищеним вмістом магнію, натрію та досить високим вмістом заліза. Це відповідає альпійській природі жил ока.

Такими гірськими породами, зазвичай, складені приконтаркові зони залізистих горизонтів або так звані «вироджені» залізисті й сланцеві горизонти, розрізи яких повністю складені залізистими кварцитами цих мінеральних різновидів.

Не було жодної знахідки проявів ока в товщах високоглиноземних хлорит-кварц-мусковітових, кварц-біотититових і подібних сланців, а також безплікатних магнетитових, залізнослюдко-магнетитових кварцитів.

4.3. Варіативність хімічного складу соколиного, тигрового ока

Незмінені кумінгтонітові та магнезіорибекітові азбести характеризуються хімічним складом, який відповідає складу амфіболів вмісних магнетит-силікатних кварцитів [123]. Окварцування, натрієвий метасоматоз, гіпергенез супроводжувались міграцією, винесенням і принесенням хімічних компонентів до агрегатів ока.

У зв'язку з важливістю хімічних показників ока як його типоморфних характеристик, автор дисертації дослідила головні тренди варіативності вмісту в складі самоцвіту мінералоутворювальних і другорядних хімічних компонентів.

4.3.1. Сіре соколине око

Для визначення закономірностей змін хімічного складу найбільш поширеного в Кривбасі сірого соколиного ока були відібрані три його представницькі зразки:

1. первинний кумінгтонітовий азбест;
2. сіре соколине око високої якості (з оптимальним проявом окварцування);
3. надмірно окварцзоване сіре соколине око низької якості (додаток Е).

Наочно закономірності зміни вмісту хімічних компонентів у зв'язку з окварцуванням первинного кумінгтонітового азбесту показані на рис. 4.37.

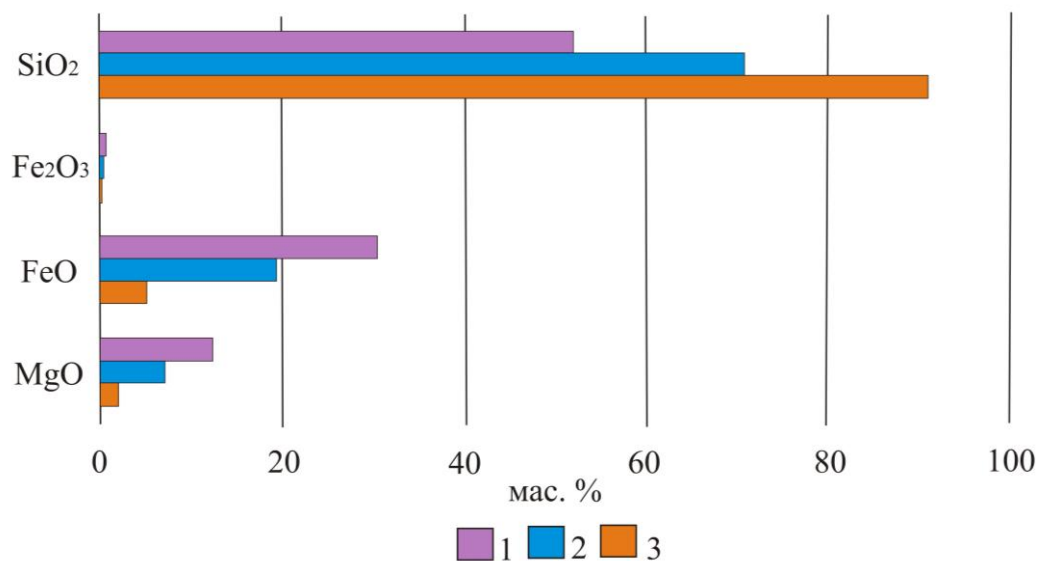


Рис 4.37. Характер зміни вмісту мінералоутворювальних хімічних компонентів в процесі окварцування первинного кумінгтонітового азбесту.

1 – кумінгтонітовий азбест; 2 – оптимально окварцований кумінгтонітовий азбест (високоякісне око); 3 – надмірно окварцований кумінгтонітовий азбест (низькоякісне око).

Результати хімічних аналізів (додаток Ж) показали, що для цього ряду мінеральних утворень характерні такі закономірні зміни вмісту мінералоутворювальних та другорядних хімічних компонентів:

- кількість кремнезему суттєво зростає (від 51,89 до 90,81 мас.%) з наростанням інтенсивності окварцування первинного кумінгтонітового азбесту;
- одночасно зменшується вміст оксидів катіонної групи: FeO від 30,56 до 5,25 мас.%; MgO від 12,32 до 1,92 мас.%;
- разом з ними в зв'язку з окварцуванням ока відбувалось винесення з його агрегатів всіх досліджених другорядних хімічних компонентів: TiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 .

4.3.2. Блакитне соколине око

Хімічний склад блакитного соколиного ока залежить від мінералогічного спрямування процесів його утворення. Вище зазначалось, що цей самоцвіт формувался внаслідок: 1) окварцування магнезіорибекітового азбесту; 2) рибекітизації кумінгтонітового азбесту з подальшим його окварцуванням; 3) рибекітизації раніше сформованого сірого соколиного ока. Автор дослідила особливості зміни хімічного складу ока для всіх трьох випадків на всіх стадіях його утворення.

Вихідним матеріалом при проведенні досліджень були: 1) кумінгтонітовий азбест з метаморфогенних альпійських жил у магнетит-кумінгтонітових кварцитах; 2) оптимально окварцований кумінгтонітовий азбест (високоякісне сіре око), 3) магнезіорибекітовий азбест з метаморфогенних альпійських жил у магнетит-магнезіорибекітових кварцитах; 4) блакитне соколине око з оптимальним рівнем окварцування метаморфогенного магнезіорибекітового азбесту (високоякісне блакитне око); 5) надмірно окварцований магнезіорибекітовий азбест (низькоякісне блакитне око).

При утворенні блакитного ока шляхом окварцування первинного магнезіорибекітового азбесту вміст хімічних компонентів змінювався подібно до утворення сірого соколиного ока.

Це можна пояснити близьким хімічним складом і будовою кристалічної ґратки первинних амфіболових азбестів та подібним геохімічним спрямуванням процесів їх окварцування. Вони полягали у винесенні катіонів (Na^+ , Mg^{+2} , Fe^{+2} , Fe^{+3} та ін.), а також принесенні та осадженні кремнезему (додаток К, рис. 4.38).

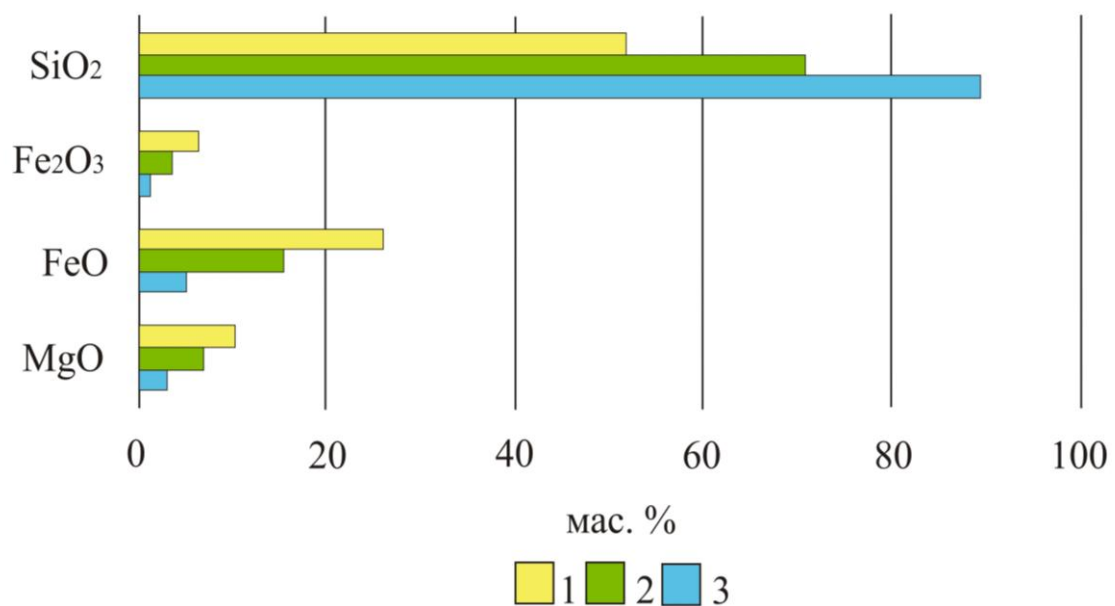


Рис. 4.38. Характер зміни вмісту мінералоутворювальних хімічних компонентів при окварцуванні метаморфогенного магнезіорибекітового азбесту.

1 – магнезіорибекітовий азбест; 2 – оптимально окварцований магнезіорибекітовий азбест (високоякісне око); 3 – надмірно окварцований магнезіорибекітовий азбест (низькоякісне око).

Другий варіант утворення блакитного ока двостадійний – шляхом рибекітизації кумінгтонітового азбесту з подальшим його окварцуванням. На пе-

ршій стадії відбувається рибекітизація метаморфогенного кумінгтонітового азбесту.

Вміст хімічних компонентів у складі обох мінеральних різновидів азбесту наведений у додатках Ж, К, характер їх зміни показаний на рис 4.39.

Як видно, рибекітизація кумінгтонітового азбесту відбувалась практично без зміни вмісту кремнезему, але супроводжувалась незначним підвищенням вмісту оксиду магнію. Кількість двовалентного заліза помітно зменшувалась, а тривалентного – зростала через окиснення заліза внаслідок високої фугітивності кисню в натрій-вмісних метасоматизуючих розчинах [79]. Особливості зміни вмісту хімічних компонентів у складі магнезіюрибекітового азбесту при подальшому його окварцуванні аналогічні показаним на рис. 4.38.

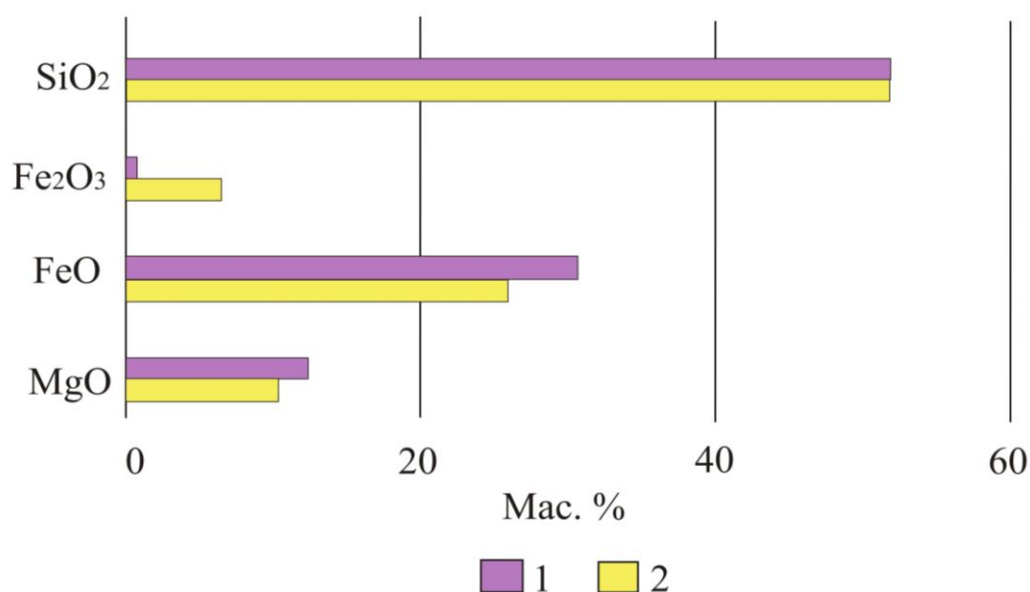


Рис. 4.39. Характер зміни вмісту мінералоутворювальних хімічних компонентів в процесі рибекітизації первинного кумінгтонітового азбесту.

1 – кумінгтонітовий азбест; 2 – магнезіюрибекітовий азбест – продукт метасоматичного перетворення метаморфогенного кумінгтонітового азбесту.

Третій варіант формування блакитного ока полягав у рибекітизації сформованого при метаморфізмі сірого соколиного ока. Наочно зміни хімічного складу самоцвіту показані на рис 4.40. (додаток Ж, К)

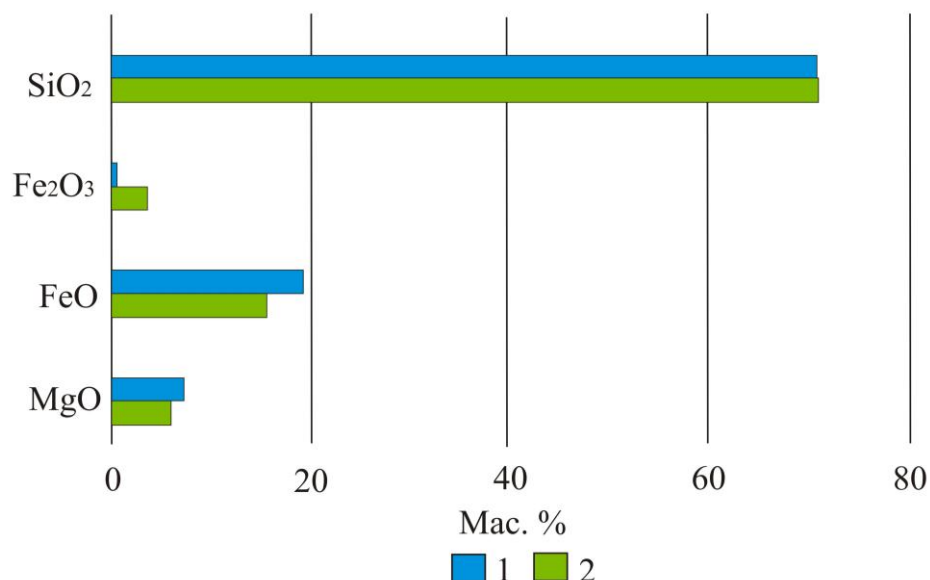


Рис. 4.40. Характер зміни вмісту мінералоутворювальних хімічних компонентів при рибекітизації метаморфогенного сірого соколиного ока.

1 – оптимально окварцований кумінгтонітовий азбест (сіре соколине око високої якості); 2 оптимально окварцований магнезіорибекітовий азбест (блакитне соколине око високої якості).

Хімічне спрямування цього процесу аналогічне спрямуванню рибекітизації кумінгтонітового азбесту.

За даними порівняльних мінералогічних досліджень двох високоякісних різновидів соколиного ока – первинного сірого та утвореного за його рахунок блакитного, – проведених для однієї із зон прояву натрієвого метасоматозу в товщі магнетит-силікатних кварцитів сьомого сланцевого горизонту, були ви-

явлені закономірні зміни оптичних показників амфіболів, які супроводжували метасоматичний процес (додаток Л, рис. 4.41).

Діаграми рис. 4.41 свідчать про зростання показників заломлення та зменшення двозаломлення кумінгтоніту сірого соколиного ока в зв'язку з наростаючою його рибекітизацією.

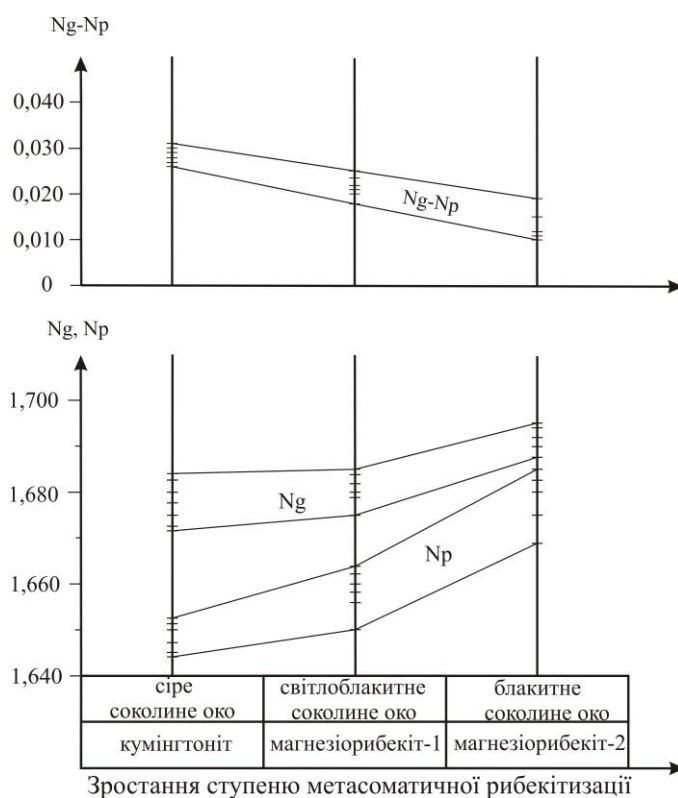


Рис. 4.41. Характер зміни оптичних показників кумінгтоніту первинного сірого соколиного ока у зв'язку зі зростанням ступеню його метасоматичної рибекітизації.

4.3.3. Синє соколине око

Утворення синього соколиного ока відбувалось шляхом окварцування

жил первинного крокідоліту під дією кремнезем-вмісних «відпрацьованих» метасоматизуючих розчинів регресивної стадії натрієвого метасоматозу.

Узагальнення результатів хімічних аналізів засвідчило, що загальна спрямованість зміни вмісту мінералоутворювальних і другорядних хімічних компонентів при окварцуванні крокідоліту з послідовним утворенням продуктів його оптимального (високоякісне синє око) та надмірного окварцування (низькоякісне синє око) аналогічна охарактеризованому вище першому варіанту утворення блакитного ока. Це пов'язано з близьким хімічним складом і будовою кристалічної ґратки первинних амфіболових азбестів та подібним геохімічним спрямуванням їх метасоматичних змін (рис. 4.42, додаток М).

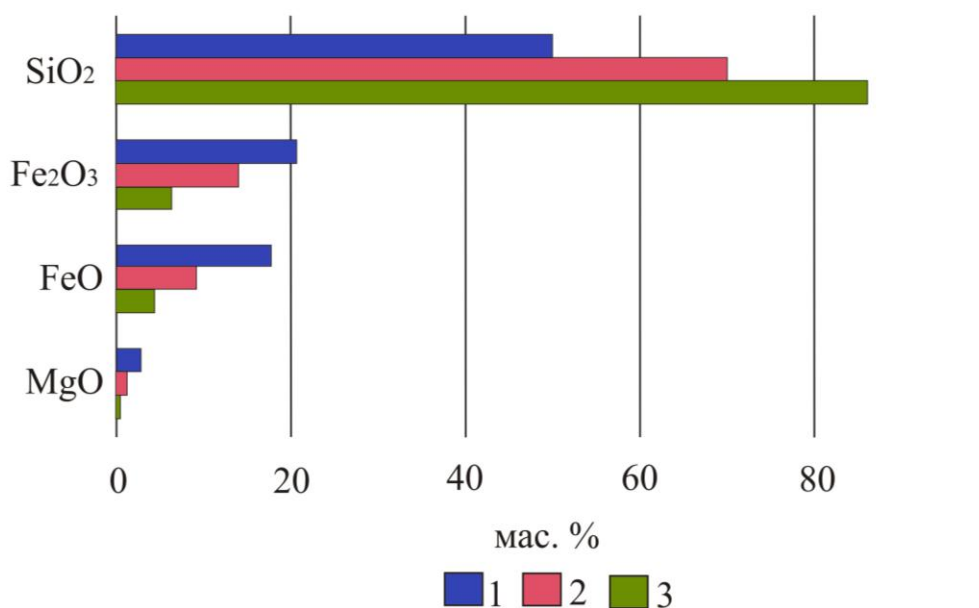


Рис 4.42. Характер зміни вмісту мінералоутворювальних хімічних компонентів при окварцуванні синього соколиного ока.

1 – крокідоліт (рибекітовий азбест); 2 – оптимально окварцований крокідоліт (високоякісне око); 3 – надмірно окварцований крокідоліт (низькоякісне око).

4.3.4. Тигрове око

Тигрове око, як наголошувалось у попередніх підрозділах, є продуктом гіпергенних змін сірого, блакитного та синього соколиного ока. Автор дисертаційної роботи проаналізувала хімічну спрямованість утворення тигрового ока в процесі вивітрювання найбільш поширеного різновиду самоцвіту – сірого соколиного ока. Для цього були відібрані три зразки: 1) первинне (гіпергенне незмінене) сіре соколине око; 2) оптимально гетитизоване сіре соколине око (високоякісне тигрове око); 3) надмірно гетитизоване сіре соколине око (тигрове око низької якості).

Результати хімічних аналізів (рис. 4.43, додаток Н), показали наступне.

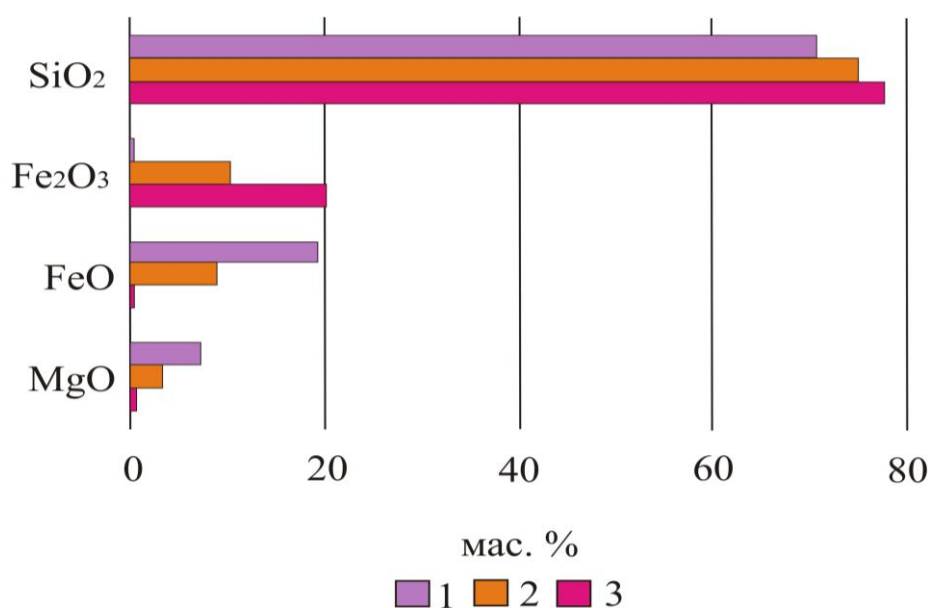


Рис. 4.43. Характер зміни вмісту мінералоутворювальних хімічних компонентів при утворенні тигрового ока внаслідок гіпергенних перетворень первинного сірого соколиного ока.

1 – сіре соколине око; 2 – оптимально гетитизоване сіре соколине око (високоякісне тигрове око) 3 – надмірно гетитизоване сіре соколине око (тигрове око низької якості).

Вміст активних катіонів (магнію, кальцію, натрію, калію) в процесі вивітрювання сірого соколиного ока суттєво зменшується, що властиво для всіх силікатів залізисто-кремнистої формації. Гіпергенне руйнування кристалічної ґратки кумінгтоніту вивільняє ці катіони і вони виносяться гіпергенними розчинами за межі кори вивітрювання.

Закисне залізо перетворювалось на окисне внаслідок високої фугітивності кисню в метеорних розчинах. Вміст FeO в складі ока дослідженого мінерального ряду зменшився від 19,31 до 0,52 мас.%, натомість кількість Fe₂O₃ підвищилась з 0,52 до 19,03 мас.%. Перерахунок показників вмісту оксидів на загальний вміст заліза свідчить, що гіпергенні зміни ока супроводжувались поступовим винесенням заліза з кристалічної ґратки кумінгтоніту, яка зазнавала руйнування: розрахункова кількість Fe_{заг.} в складі первинного сірого соколиного ока становила 15,38 мас.%; в складі високоякісного тигрового ока – 14,16 мас.%; в складі надмірно гетитизованого ока – 13,71 мас.%.

Вміст кремнезему від первинного соколиного ока через тигрове око до його надмірно гетитизованого різновиду незначною мірою зростає, становить, відповідно, 70,71; 74,76 та 77,51 мас.%. Це можна пояснити винесенням активних катіонів і заліза при відносній стійкості кремнезему до розчинної дії метеорних вод.

Розділ 5

ПРИКЛАДНА ГЕМОЛОГІЯ СОКОЛИНОГО І ТИГРОВОГО ОКА

5.1. Декоративні особливості соколиного та тигрового ока Криворізького басейну й інших регіонів планети

В сучасному ювелірному та каменерізному виробництві використовуються понад 500 видів кольорового каменю. Серед них близько 50 різновидів каменесамецвітної сировини, прояви яких присутні в складі продуктивної залізорудної та вмісних товщ родовищ Криворізького басейну.

Тигрове та соколине око посідає чільне місце серед каменесамецвітної сировини Криворізького басейну через яскравість, мінливість його забарвлення, особливості структури й текстури, досконалість полірування. Не останню роль відіграє оригінальність самоцвіту: він є досить рідкісним, як зазначалось вище, поширений лише в декількох родовищах та рудопроявах планети.

Прояви соколиного та тигрового ока, що відомі в інших регіонах планети, користуються помітним поширенням в товщах порід залізисто-кремнистої формації залізорудних басейнів і районів Індії та Південно-Африканської республіки; окремі точки мінералізації виявлені в залізорудних товщах Курської магнітної аномалії, родовищ Карелії та Кольського півострова, Алдарського щита (Російська Федерація), залізорудних районів Канади, Сполучених Штатів, Бразилії, Австралії. Відомі також дрібні прояви тигрового ока, які генетично і про-

сторово не пов'язані з залізисто-кремнистою формацією докембрію. Зразки соколиного та тигрового ока визнані експертами як одні з провідних представників виробного каменю. Найкращий в світі за декоративними показниками, визнали тигрове око, котрий відкрив М.Клаптон на берегах рік Оранжевої та Ваал у Південній Африці у 1815 р. Самоцвіти цього родовища продовжують займати чільне місце серед виробів з ока на виставках та ярмарках каменю.

В процесі прикладних мінералогічних досліджень автор виконала порівняння тигрового, соколиного ока Криворізького басейну з аналогічними самоцвітами інших регіонів, в першу чергу зі зразками родовища Грікваленд Південно-Африканської республіки, оскільки, останній користується найбільшою популярністю серед виробників та колекціонерів каменю.

Бралось до уваги, що цінність та якість виробів з каменю обумовлена, в першу чергу, їх декоративними властивостями – кольором, рисунком, а також якістю полірування, ступенем просвічування та ін. Автор дисертації відібрала для порівняння декоративних властивостей ока родовища Грікваленд та Криворізького басейну 12 представницьких зразків (додаток П).

Результати порівняння показали, що за більшістю мінералогічних і гемологічних характеристик самоцвіти Криворізького басейну і Південно Африканської Республіки суттєво відрізняються. В узагальненому вигляді відмінність самоцвітів показана в табл. 5.1

Таблиця 5.1.

Порівняльні мінералогічні та гемологічні показники ока
Глеюватського родовища та родовища Грікваленд

Мінералогічні та гемологічні показники	Родовища	
	Глеюватське	Грікваленд
головні мінерали	кумінгтоніт	—
	магнезіюрибекіт	магнезіюрибекіт
	рибекіт	рибекіт
	хлорит	—
	гетит	гетит

	гематит	—
	кварц	кварц
колір	світлосірий	—
	блакитний	блакитний
	синій	синій
	зеленувато-сірий	—
	золотисто-коричневий	золотисто-коричневий
	бурувато-червоний	—
структура	паралельно-волокниста	паралельно-волокниста
	зернисто-волокниста	—
текстура	простих жил	простих жил
	сідловидних жил	—
	паралельних жил	паралельних жил
	брекчієво-цементацийних жил	—
	східчастих жил	—
	плойчастих жил	—
ступінь просвічування виробів	непросвітлювальні	непросвітлювальні
	слабко просвітлювальні	
якість полірування	досконала	досконала
	недосконала	—

Результати порівняльних досліджень показали, що за низкою мінералогічних та гемологічних характеристик самоцвіти подібні, але між ними є і суттєві відмінності.

Криворізьке око характеризується більшою мінералогічною різноманітністю. В його складі присутні як головні (амфіболи, кварц, гетит), так і домішкові (хлорит, гематит) мінерали, які надають самоцвіту колористичної різноманітності, або навіть визначають його основний колір: хлорит у складі котячого ока, гематит у складі волового ока. Око родовища Грікваленд бідніше за мінеральним складом, звідси більша одноманітність його забарвлення.

Різнманітнішими є також структура й текстура криворізького ока. Окрім характерної для обох родовищ паралельно-волокнистої структури, у зразках ока Глеюватського родовища часто фіксується комбінована плямиста структура, обумовлена присутністю серед паралельно-волокнистих агрегатів ока гранобластових агрегатів епігенетичного кварцу. Така структура надає оку додаткової

візерунчастості, кольорової варіативності. Око родовища Грікваленд більш одноманітне за структурою – паралельно-волокнистою (рис.5.1).



а



б

Рис. 5.1. Тигрове око: а – Глеюватське родовище Криворізького басейну, б – родовище Грікваленд ЮАР.

Розмір зразків за максимальним виміром 11 см.

Текстура самоцвіту з Грікваленду, зазвичай, поперстково-прожилкова, жили прості з паралельними зальбандами; фіксується прояви серій з двох-трьох паралельних жил. Око Глеюватського родовища, як і інших родовищ Кривбасу, надзвичайно різноманітне за текстурою. Крім простих жил, аналогічних жилам родовища Грікваленд, тут досить поширені сідловидні, брекчієво-цементацийні,

східчасті, пloidчасті. Це значно урізноманітнює фактуру самоцвіту, надає фантазійності виробам з нього.

Позитивною рисою ока Криворізького басейну є наявність у зразках окремих його різновидів напівпрозорих включень. Утворення їх, як зазначалось вище, пов'язане з локальним надмірним окварцюванням амфіболових азбестів у зв'язку з епігенетичними метасоматичними змінами. Переливчастість ока в таких місцях послаблюється, але самоцвіт набуває більшої кольорової та візерунчатої різноманітності. Око родовища Грікваленд відрізняється рівномірною непросвічуваністю.

Якість полірування самоцвітів обох родовищ досконала, вироби, зазвичай, характеризуються яскравим відблиском, відсутністю дефектів поліровки. Зразки ока Криворізького басейну, відібрані з ділянок з відносно слабким проявом епігенетичного окварцювання характеризуються присутністю реліктових агрегатів амфіболового азбесту. Вони відносно слабо сприймають полірування, тому при обробці потребують попередньої цементації з використанням епоксидних смол або інших закріплювачів.

Порівняльний аналіз самоцвітів показав, що око Криворізького басейну вигідно відрізняється різнобарвністю, структурною і текстурною різноманітністю, колоритністю загального рисунку, що обумовлює високий естетичний рівень художніх виробів.

5.2. Класифікація ока

Нагромадження даних про гемологічну сировину, в тому числі про соколине, тигрове око є основою для розробки її класифікації – як узагальненої, так і детальної геологічної, генетичної, мінералогічної, гемологічної, економічної та ін.

5.2.1. Класифікації кольорового каменю попередніх дослідників та позиція в них соколиного й тигрового ока

Найбільш відомі класифікації дорогоцінного, виробного, колекційного каменю, які знайшли використання в мінералогічних, гемологічних дослідженнях і в практичній роботі по обробці каменю, належать О.Є.Ферсману [184-189], В.А.Шуману [197], Г.Банку [23], Є.Я.Києвленку [110, 111], В.І.Соболевському [172], П.М.Баранову [24-26], Л.С.Путоловій [161]. Окремі відомості про систематику дорогоцінного, виробного, колекційного каменю містяться в роботах багатьох інших дослідників [3, 16, 53, 64, 68, 73-75, 100, 104, 108, 109, 112, 121, 125, 133, 137, 142, 147, 148, 163, 170, 173, 192, 195, 196, 202-210, 212-215].

Визначальними показниками, які використовувались при розробці класифікацій, були: 1) цінність кольорового каменю; 2) його положення в кристалохімічній класифікації мінералів; 3) морфологія індивідів і агрегатів самоцвітів; 4) твердість за Ф.Мосом, ступінь просвічування та інші фізичні властивості; 5) генезис; 6) територіальне поширення.

Найбільш визнаними й поширеними є класифікації за цінністю кольорового каменю. У відповідності з однією з найперших з них К.Клуге, всі кольорові камені поділяються на дорогоцінні («шліфовані») та напівдорогоцінні. Серед дорогоцінних виділені камені першого (алмаз, корунд, хризоберил, шпінель); другого (циркон, берил, топаз та ін.) і третього (кордієрит, хризоліт, аксиніт та ін.) класів. Напівдорогоцінні камені поділені на два класи: четвертий (кварц, халцедон, опал та ін.) та п'ятий (гагат, нефрит, мармур та ін.). Послідовники К.Клуге певною мірою ґрунтувались на його класифікації.

О.Є.Ферсман та М.Бауер в цілому повторили класифікацію К.Клуге. Відмінність полягає в змінених назвах таксонів кольорового каменю і розширеному переліку його різновидів. Більш цінний камінь віднесений до категорії доро-

гоцінного, який розділений на камінь трьох порядків: першого (алмаз, рубін, ізмурд та ін.); другого (топаз, аквамарин, берил та ін.) і третього (гранат, кордієрит, бірюза та ін.). Самоцвіти третього порядку за вартісною ознакою поділені на чотири групи. До категорії менш цінних самоцвітів віднесений виробний камінь, поділений на три порядки виробної сировини: перший (нефрит, лазурит, родоніт та ін.); другий (серпентин, обсидіан, мармуровий онікс та ін.) та третій (гіпс, порфір, кварц та ін.). На відміну від К.Клуге, О.Є.Ферсман і М.Бауер виділили ще одну – третю категорію самоцвітів – дорогоцінні камені органогенного походження (перли, корали, бурштин, гагат). Таким чином, класифікація О.Є.Ферсмана і М.Бауера ґрунтується не тільки на вартісному, але й на генетичному показниках.

В.І.Соболевський, як і К.Клуге поділив самоцвіти на дві категорії: 1) дорогоцінний камінь і 2) кольоровий камінь. До першої категорії були віднесені самоцвіти трьох класів: першого (алмаз, смарагд, александрит та ін.), другого (топаз, аквамарин, фенакіт та ін.) та третього (бірюза, хризопраз, бурштин та ін.). До категорії кольорового каменю віднесені самоцвіти двох класів: першого (малахіт, родоніт, нефрит та ін.) та другого (офіт, селеніт, яшма та ін.).

Значний внесок у розвиток класифікацій кольорового каменю мали роботи Є.Я.Києвленка [110, 111]. В 1973 він переглянув і уточнив раніше розроблені класифікації, враховуючи собівартість кольорового каменю. За вартісними показниками та напрямками використання, Є.Я.Києвленко поділив самоцвіти на три категорії: 1) ювелірний (дорогоцінний) камінь; 2) ювелірно-виробний камінь; 3) виробний камінь. Наслідуючи О.Є.Ферсмана, виділив чотири порядки ювелірного каменю: перший (алмаз, смарагд, рубін, синій сапфір); другий (александрит, сапфір інших кольорів, благородний чорний опал, благородний жадеїт); третій (демантоїд, шпінель, благородний опал іншого кольору, аквамарин, топаз, родоніт, турмалін); четвертий (хризоліт, циркон, берил, кунцит, бірюза, гранат та ін.). До другої категорії віднесені самоцвіти першого (лазурит, жадеїт, нефрит, бурштин, малахіт, чароїт та ін.) і другого (агат, родоніт, амазоніт, гема-

тит-кривавик та ін.) порядків. Категорія виробного каменю включає яшму, мармуровий онікс, гагат, селеніт, агальматоліт та ін.

Пізніше [110] Є.Я.Кієвленко в уточненій класифікації кольорового каменю більш повною мірою врахував умови його утворення, а також розглянув колористику, фізичні властивості, здатності до полірування та інших видів обробки самоцвітів як результат впливу умов їх утворення. Були виділені три генетичні групи самоцвітів (ендогенні, метаморфогенні, екзогенні), а в їх складі по декілька генетичних класів та формаційних типів. До ендогенної групи віднесені самоцвіти 14 формаційних типів, об'єднаних у 4 генетичні класи: магматичні (алмаз, піроп, хризотил, лабрадор, сапфір, альмандин, топаз та ін.); пегматитові (кольорові турмаліни, берил, альмандин, аквамарин, графічний пегматит, амазоніт, адуляр та ін.); пневматоліт-гідротермальні (смарагд, рубін, александрит, аквамарин, рубін, сапфір, шпінель та ін.); гідротермальні (аметист, цитрін, димчастий кварц, благородний опал, топаз, смарагд та ін.). До метаморфогенної групи автор відніс самоцвіти одного генетичного класу – метаморфогенні (альмандин, рубін, сапфір, яшма, родоніт, гематит-кривавик). Екзогенна група включає 11 формаційних типів у складі 4 генетичних класів самоцвітів: діагенетичні (гагат, бурштин); гіпергенні (благородний опал, хризопраз, бірюза, малахіт, опал, лазурит); розсіпні (яшмоїди, агат, нефрит та інші, які мають різний генезис, але зустрічаються у складі алювіальних, делювіальних, гляціальних та інших розсіпів); біогенні (перли, перламутр, благородні корали).

До найбільш детальних відноситься класифікація самоцвітів А.І.Цюрупи (1973 р.), до якої в якості самостійного виду виробного каменю були включені соколине та тигрове око. В якості провідної ознаки, за якою класифіковані самоцвіти, автор використав їх твердість за Ф.Моосом, як додаткова ознака була використана ступінь просвічування каменю. В класифікації виділені три типи кольорового каменю, які в свою чергу поділяються на підтипи, а ті – на групи. До першого типу А.І.Цюрупа відніс ювелірні камені, поділивши їх на чотири підтипи: прозорі камені (алмаз, корунд, берил, турмалін); непрозорі сяючі камені (гематит-кривавик, гематит-гетитова та криptomеланова скляна голова, пі-

рит, кобальтин та ін.); просвітлювальні камені (сердолік, хризопраз, хлоропал, агат, моховик, онікс, халцедон, напівопал, благородний опал, місячний камінь, іризуючий обсидіан); непрозорі матові камені (бірюза, варисцит, корал, перли). Другий тип об'єднує ювелірно-виробні камені трьох підтипів: в'язкі камені (нефрит, жадеїт та ін.); камені середньої в'язкості (лазурит, родоніт, амазоніт, скам'яніла деревина, пегматит, яшма, біломорит, авантюрин, перламутр, нирки халцедону, щітки аметисту, дендрити міді, а також соколине та тигрове око); камені малої та середньої твердості (малахіт, азурит, змієвик). До третього типу А.І.Цюрупа відніс виробні камені трьох підтипів: самоцвіти з твердістю понад 5 (обсидіан, яшма, перидотит, ліственіт, лабрадорит); самоцвіти з твердістю від 3 до 5 (арагонітовий та кальцитовий онікс, флюорит, мармур, ангідрит, змієвик); самоцвіти з твердістю нижче 3 (алебастр, селеніт, галіт, графіт, пірофіліт, стеатит та ін.).

Класифікацію А.І.Цюрупи деталізувала та вдосконалила Л.С.Путолова [161]. Автор систематизувала самоцвіти за їх твердістю та ступенем просвітлювання, враховувались також форми індивідів і агрегатів мінералів. За твердістю виділила п'ять видів самоцвітів: вищий (твердість 10), I (понад 7,5), II (7,5-6,5), III (менше 6,5-5) та IV (менше 5), об'єднаних у три типи. До першого типу віднесені алмаз (вищий вид), рубін (I), циркон (II), апатит (III), сфалерит (IV), а також місячний камінь, лабрадор, пірит, «кварц-волохатик», енстатитове котяче око, благородний жадеїт, хризопраз, благородний опал, перли та ін. До другого типу – уваровіт, аметист, нефрит, чароїт, бурштин, малахіт, везувіан, жадеїт, авантюриновий кварц, моховий агат та ін. До самоцвітів цього типу Л.С.Путолова віднесла соколине та тигрове око. Третій тип об'єднує виробні просвітлювальні та непросвітлювальні камені – кольоровий кварц, яшма, графічний пегматит, біломорит, мармуровий онікс, родохрозит та ін.

Зі зростанням об'ємів видобутку і обробки кольорового каменю, розширенням спектру його різновидів з'явилась потреба в розробці класифікації самоцвітів яка б ґрунтувалась, в тому числі, на економічних показниках. До найбільш показних можна віднести класифікацію С.В.Шевченка, П.М.Баранова та

М.М.Фощія [195]. При її розробці автори врахували умови утворення, критерії якості, напрямки використання а також запаси (ресурси) та інвестиційну привабливість 22 видів кольорового каменю з близько 20 родовищ і регіонів України [167, 174, 192]. Соколине, тигрове та котяче, око автори за територіальною ознакою віднесли до Криворізько-Кременчуцького залізорудного району, за генетичною – до самоцвітів метаморфічного та гідротермально-метаморфічного походження.

Головними критеріями якості визначені текстурний рисунок, колір, потужність хроматичних смуг. Запаси ока, на думку авторів класифікації, становлять понад 500 т. Головні сфери використання – каменерізна, ювелірна, колекційна, наукова. Інвестиційна привабливість визначається можливістю супутнього видобутку ока при розробці родовищ залізної руди.

Таким чином, соколине, котяче та тигрове око внесені не до всіх класифікацій самоцвітів. В класифікаціях, які містять відомості про око, позиція цього самоцвіту визначається умовами його утворення (Л.С.Путолова); фізичними властивостями – твердістю, позорістю, ступенем просвітлювання (А.І.Цюрупа); загальними геологічними та мінералогічними критеріями, які визначають якість самоцвіту (С.В.Шевченко та ін.); економічними показниками – запасами сировини, інвестиційною привабливістю (С.В.Шевченко та ін.).

5.2.2. Класифікація ока Криворізького басейну

Однією з задач дисертаційної роботи була перша спроба розробки класифікації ока за мінеральним складом та якістю полірування для більш повної геолого-мінералогічної та гемологічної оцінки цього унікального криворізького самоцвіту.

Класифікація ока за мінеральним складом та умовами утворення. Як зазначалось вище, в Криворізькому басейні зустрічаються декілька колористичних різновидів ока які відрізняються за мінеральним складом і умовами утво-

рення. Ці два показники автор враховувала при розробці класифікації (табл. 5.2).

Таблиця 5.2.

Мінералого-генетична класифікація ока Криворізького басейну

Визначальний мінерал	Мінералогенеруючі процеси		
	динамотермальний метаморфізм	натрієвий метасоматоз	гіпергенез
кумінгтоніт	сіре соколине око		
актиноліт	котяче око		
хлорит	котяче око		
магнезіорибекіт	блакитне соколине око	блакитне соколине око	
рибекіт		синє соколине око	
дисперсний гетит			тигрове око
дисперсний гематит			волове око

В класифікації всі різновиди ока за мінеральним складом і умовами утворення поділені на три групи: 1) первинних за умовами утворення метаморфогенних (сіре й блакитне соколине та котяче); 2) епігенетичних гіпогенних, утворення яких пов'язане з натрієвим метасоматозом (блакитне та синє соколине); 3) епігенетичних гіпергенних (тигрове, волове).

Класифікація ока за якістю полірування була складена для найбільш поширеного колористичного різновиду самоцвіту – сірого соколиного ока, беручи до уваги, що аналогічним чином можна класифікувати також інші різновиди ока. Враховувалось, що загальний термін «якість полірування» поєднує в собі дзеркальний блиск поверхні каменю, відсутність дефектів полірованої поверхні, насиченість кольору, контрастність малюнку та є одним з головних критеріїв якості самоцвіту.

В першу чергу якість полірування залежить від мінерального складу самоцвіту. Як зазначалось вище, сіре соколине око є продуктом метасоматичної псевдоморфізації паралельно-волокнистих агрегатів кумінгтоніту кварцом. Та-

ким чином, характерною особливістю самоцвіту є його бімінеральний склад. Якість його поліровки залежить від інтенсивності окварцування первинного кумінгтонітового азбесту.

Автор дослідила 26 зразків сірого соколиного ока Глеюватського родовища, відібраних у північно-західному забої кар'єру №2 ЦГЗКу. Для визначення мінерального складу самоцвіту, в першу чергу для встановлення кількісного співвідношення кумінгтоніту та кварцу були виготовлені 52 прозорих і полірованих шліфів. Для матеріалу кожної проби за 5-бальною системою визначалась якість самоцвіту (табл. 5.3) у відповідності зі здатністю його до полірування (що прямо залежить від інтенсивності окварцування кумінгтоніту) та втратою оптичного ефекту ока при надмірному окварцуванні.

Таблиця 5.3.

Шкала якості самоцвіту в балах

№№ проби	Вміст, об'ємн. %		Оцінка якості, бали
	кварц	кумінгтоніт	
1	3	97	1
2	31	69	3
3	49	51	4
4	5	95	1
5	38	62	3
6	64	36	5
7	46	54	4
8	12	88	2
9	55	45	5
10	18	82	2
11	42	58	4
12	53	47	5
13	57	43	5

14	85	15	3
15	62	38	5
16	73	27	4
17	67	33	4
18	78	22	3
19	95	5	1
20	84	16	1
21	97	3	1
22	69	31	4
23	99	1	1
24	22	78	3
25	88	12	2
26	92	8	1

За даними табл. 5.2. була побудована діаграма відповідності якісних показників самоцвіту певним рівням окварцування первинного кумінгтонітового азбесту (рис. 5.2).

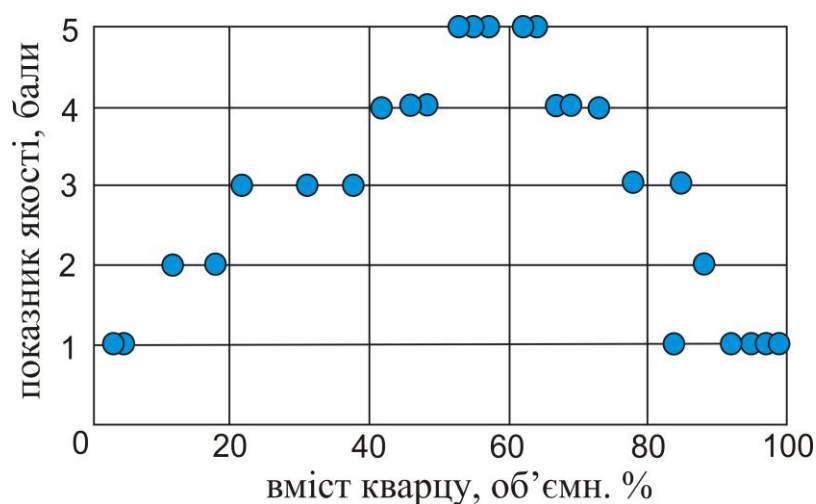


Рис. 5.2. Діаграма залежності показника якості полірування ока від ступеню окварцування амфіболу.

Як видно, у відповідності з одержаними даними, фігуративні точки самоцвіту утворили дев'ять груп, мінералогічна й гемологічна характеристика сірого соколиного ока яких наведена в табл. 5.4. За його показниками якості поліровки виділені п'ять гемологічних сортів.

Таблиця 5.4.

Гемологічна класифікація соколиного ока Криворізького басейну

Групи фігуративних точок на рис. 5.1	Мінералогічні характеристики	Гемологічні показники	Вміст, об'ємн. %		Показники якості поліровки, бали	Гемологічні сорти ока
			кварц	кумінгтоніт		
1	паралельно-волокниста будова (амфіболовий азбест)	не сприймає полірування	0-5	95-100	1	V
2	наявність окремих агрегатів окварцованого амфіболу, дрібна плямистість	досконала полірованість агрегатів окварцованого амфіболу (соколиного ока) у волокнистих агрегатах амфіболу	5-20	80-95	2	IV
3	наявність окремих включень волокнистого амфіболу, який не зазнав окварцування, серед високоякісного ока	досконала полірованість крупних включень ока у волокнистих агрегатах амфіболу	20-40	60-80	3	III
4	практично повне окварцування паралельно-волокнистих агрегатів амфіболу з окремими дрібними субпаралельними їх включеннями	досконала полірованість ока з окремими дрібними субпаралельними включеннями не полірованого амфіболу	40-50	50-60	4	II
5	повне окварцування агрегатів амфіболу, який присутній у псев-	досконала полірованість ока	50-65	35-50	5	I

	доморфозах кварцу в якості реліктових голчастих, ниткоподібних виділень					
6	інтенсивне окварцування агрегатів амфіболу з появою дрібних виділень мономінерального кварцу	досконала полірованість ока з дрібними включеннями масивних агрегатів кварцу	65-75	25-35	4	II
7	інтенсивне окварцування агрегатів амфіболу з появою крупних виділень мономінерального кварцу	досконала полірованість ока з крупними включеннями масивних агрегатів кварцу	75-85	15-25	3	III
8	практично повне окварцування агрегатів амфіболу з присутністю окремих дрібних скупчень реліктових голчастих і ниткоподібних виділень амфіболу	досконала полірованість масивних агрегатів кварцу з окремими дрібними включеннями ока	85-95	5-15	2	IV
9	повне заміщення ока масивними агрегатами кварцу	досконала полірованість масивних агрегатів кварцу без проявів ефекту ока	95-100	0-5	1	V

Соколине око **першого сорту** характеризується оптимальним рівнем окварцування кумінгтоніту. Між новоутвореними псевдоморфозами кварцу збереглась частина паралельно-волокнистих агрегатів кумінгтоніту, що надає самоцвіту переливчастості, сірого, іноді жовтуватого-сірого кольору. Око цього сорту відрізняється найбільш високим рівнем поліровки.

Самоцвіти **другого** та інших сортів поділені в класифікації на дві гілки, які відрізняються недостатнім або надмірним окварцуванням кумінгтоніту в порівнянні з соколиним оком першого сорту. За умови недостатнього окварцування для самоцвіту цього сорту характерною є присутність дрібних паралельно орієнтованих включень неполірованого кумінгтонітового азбесту. За умо-

ви надмірного окварцювання – наявність серед досконалого ока субпаралельних включень мономінерального кварцу – добре полірованого але масивної будови з практично повною відсутністю ефекту переливчастості. Кількість некондиційних включень кумінгтонітового азбесту або мономінерального кварцу не перевищує 25% від загальної площі полірованого зразка.

Для сірого соколиного ока **третього сорту** характерна наявність значної кількості неполірованих включень волокнистого амфіболу, який не зазнав окварцювання або присутність серед досконалого ока субпаралельно орієнтованих плямистих включень мономінерального кварцу. Кількість некондиційних включень досягає 50%.

Четвертому сорту відповідають зразки соколиного ока з переважанням некондиційних включень – їх кількість досягає 75% від загальної площі полірованої поверхні. Для слабо окварцованих різновидів кумінгтонітового азбесту характерною є присутність серед неполірованих його агрегатів окремих включень досконало полірованого соколиного ока. Для надмірно окварцованих – наявність плямистих включень високоякісного ока серед масивних та слабо орієнтованих агрегатів мономінерального кварцу або окремих голчастих, ниткоподібних реліктів кумінгтоніту в масивних агрегатах кварцу.

До **п'ятого сорту** відносяться амфіболовий азбест, який не сприймає поліровки, з окремими включеннями соколиного ока або мономінеральний кварц з реліктовою слабо проявленою переливчастістю. Кількість некондиційних включень коливається від 75 до 100%.

Соколине око четвертого і п'ятого сортів не полірується без попередньої обробки поверхні, підготовленої до полірування, закріплювачами (каніфоль, синтетичні смоли тощо).

Мінералогічні та гемологічні підходи, використані при розробці класифікації сірого соколиного ока, можна використати для систематизації інших видів ока (синє, блакитне соколине, котяче, тигрове, волове), а також інших видів гемологічної сировини.

Визначення показників якості полірування та сортів соколиного, тигрового ока необхідне для прогнозування ефективності обробки самоцвіту, ступеню полірування його поверхні, якості художніх виробів.

5.3. Вироби з тигрового та соколиного ока

Культура виготовлення декоративно-художніх виробів з каменю має давню історію: від простих намист, браслетів, сережок, деталей приладів, технічних пристроїв, годинників, до високохудожніх ювелірних виробів, шкатулок різних форм, рельєфних картин, підсвічників, статуеток, мозаїк, настільних наборів тощо.

Сучасні методи обробки каменю (розпилювання, свердління, сколювання, шліфування, полірування) були винайдені людиною ще в палеоліті. З часом більшість операцій була механізована, але принцип залишився незмінним – постадійна обробка менш твердого каменю більш твердим природним каменем або штучним матеріалом.

В наш час розвиток науки про камінь, його багатий асортимент, сучасні автоматизовані технології та нові ефективні абразивні матеріали дозволяють митцям-каменерізам вдосконалювати свою майстерність, зберігаючи вікові традиції – збагачувати культурне надбання новими художніми виробами.

В поточний час у світі посилюється цікавість до коштовного, декоративного та колекційного каменю. Свідченням тому є збільшення кількості наукових, загальноосвітніх і популярних публікацій, виставок природного каменю та виробів з нього. Не залишаються осторонь науковці і майстри-каменерізи Кривого Рогу, незважаючи на те, що видобуток і обробка самоцвітів у регіоні розвинені недостатньо.

5.3.1. Рекомендації щодо покращення технологічного процесу виготовлення виробів з ока

В Кривому Розі існує декілька малих підприємств з обробки каменесамодіючої сировини, в тому числі соколиного й тигрового ока та виготовлення з неї декоративних і ювелірних виробів. Повною мірою технологія обробки каменю розроблена та ефективно працює протягом багатьох років у майстерні, засновником якої є В.Д.Блоха. Виконаний автором дисертації аналіз роботи майстерні дозволив з урахуванням даних, одержаних при складанні дисертації, розробити рекомендації, спрямовані на вдосконалення процесу обробки каменю. У відповідності з ними, технологічний процес розділений на чотири етапи (підготовчий, заготівельний, основний і завершальний) та включає десять операцій.

Операції **підготовчого етапу** майстри виконують не завжди, здебільшого, за браком часу. Але для виготовлення високоякісного виробу таку роботу слід проводити. Її можна поділити на три операції. Перша полягає в створенні ескізу виробу (рис. 5.3), в якому враховується уявлення майстра про розмір, форму виробу, головні та другорядні деталі. Вони фіксуються на рисунку або схемі, бажано в кольорі.

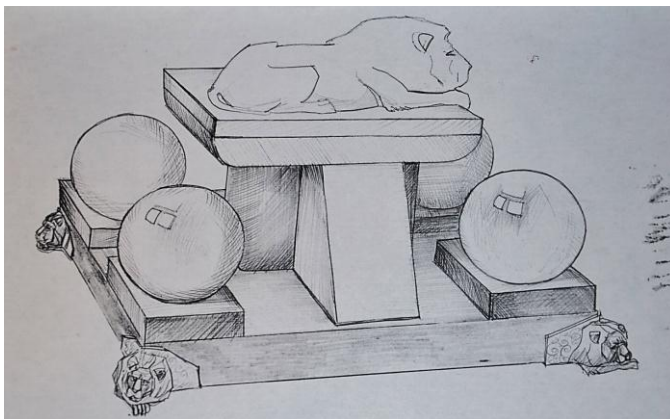


Рис. 5.3. Ескіз виробу.

Другою операцією є складання планшетного ескізу – зображення виробу в трьох проекціях (у плані, вигляді збоку та зверху) та, бажано, в аксонометрії. Планшетний ескіз виконується в чорно-білому варіанті або в кольорі. Третя операція (за необхідності) – виготовлення об'ємної моделі виробу з пластиліну, гіпсу, глини, дерева або її макетування (дерево, картон, папір). Підготовчий етап або створення ескізу передбачає спільну роботу з замовником. Враховуються його побажання та технологічні можливості каменеобробного обладнання. Приймається до уваги також загальна естетичність, технологічність, економічність виготовлення виробу.

Заготівельний етап об'єднує четверту (вибір сировини за якістю) та п'яту (розмітка та розпилювання блоків) операції. Вони значною мірою визначають декоративну та художню привабливість майбутніх виробів. Для кожного з них кам'яний матеріал обирається індивідуально (рис. 5.4). Особливе значення мають геометричні, технологічні та декоративні особливості сировини. Щоб вірно оцінити колір і малюнок, зріз каменю, зазвичай, змочують водою, в цьому випадку він виглядає подібно полірованому. Перед розпилюванням вихідного зразка важливо визначити його колористичні, текстурні, структурні особливості, міцність, характер варіативності цих показників.



а



б

Рис. 5.4. Вибір зразка тигрового ока.

Розмітка проводиться на основі ескізу з припуском на обробку каменю, врахуванням його фізичних властивостей та з обранням оптимального напрямку зрізу. Наприклад, при розпилюванні зразків тигрового та соколиного ока важливо не тільки брати до уваги їх колір та рисунок, але і правильно визначити напрям розпилу, який забезпечить найбільш яскравий ефект мінливості забарвлення самоцвіту.

Ця вимога важлива також для інших мінералів і гірських порід з незвичайними оптичними властивостями (іризація, переливчастість, гра кольорів тощо). Розпилювання зразка за розміткою (рис. 5.5) проводиться для отримання заготовки майбутнього виробу. Використовують декілька видів алмазних пил, діаметр яких залежить від розміру штуфів та мети розпилювання. Пили найбільшого діаметру використовують для розпилювання каменю на блоки, меншого – на пластини.



а



б

Рис. 5.5. Розпилювання штуфа.

Основний етап – безпосереднє виготовлення виробу – складається з трьох операцій. Шоста операція (формування або обдирання) – це процес обробки заготовки з використанням абразивних матеріалів. Метою є надання

виробу попередньої («грубої») форми (рис. 5.6). Роботи виконуються з максимальною обережністю, оскільки помилки можуть стати причиною руйнування заготовки виробу, незважаючи на те, що попередні операції були виконані якісно. Формоутворення може бути як механічно-ручним так і механізованим. При механічно-ручному – заготовки обробляють з використанням водних суспензій абразивних порошків або абразивних кіл, виготовлених з карбіду кремнію та інших природних і штучних матеріалів. Саме цей спосіб найчастіше обирають майстри-каменерізи для обробки самоцвітів.

В процесі шліфування слід частіше оглядати камінь, фіксувати недоліки обробки каменю, корегувати хід роботи. Якщо на абразивному колі з'являються білі плями – це означає, що кам'яний пил не змивається, і треба посилити подачу води. Про це ж свідчить підвищення температури каменю. При сильному перегріванні камінь може розколотись.



Рис. 5.6. Обдирання заготовки з метою надання їй необхідної форми.

Сьома операція – доведення – нескладний процес, який полягає в терті каменю об плоску поверхню з нанесеним на неї абразивним матеріалом (рис. 5.7). Рух каменю та планшайби відбувається в протилежних напрямках, при цьому зерна абразиву обертаються між поверхнями. Метал планшайби порівняно м'який і прогинається під тиском частинок абразиву. Значно більш твердий камінь не прогинається, тому шар за шаром сношується. Поверхня каменю вкривається дрібними подряпинами. Якщо її промити водою, вона набуває ма-

тованого вигляду. При правильній обробці поверхні матовість однорідна, що, зазвичай, свідчить про готовність каменю до полірування. Якщо доводку не закінчено, на поверхні каменю спостерігаються крупні подряпини, сколи, ділянки з різним проявом матового блиску. В цьому випадку слід довести процес до кінця.



Рис. 5.7. Доведення заготовки кулі.

Восьма, кінцева операція основного етапу – полірування. Блискучі гладенькі поверхні властиві відполірованому каменю, утворюються внаслідок контакту виробу з полірувальним колом, вкритим м'яким матеріалом (повсть, шкіра, тканина, дерево, свинець та ін.), на який наноситься суспензія абразиву. Для полірування застосовують верстати з горизонтальним або вертикальним шпінделем (рис. 5.8).



Рис. 5.8. Різні методи полірування виробів.

Сутність полірування полягає у зменшенні розміру подряпин на поверхні виробу до настільки незначного, що вони стають непомітними, поверхня набуває дзеркального блиску. Якість і час полірування залежить від міцності каменю та від властивостей абразиву.

Після завершення полірування поверхню каменю необхідно ретельно протерти, оскільки залишки полірувального порошку можуть маскувати дефекти (подряпини, недосконало відполіровані частини поверхні).

Завершальний етап проводиться за потреби, включає дві операції. Дев'ята операція – збирання виробу. Якщо в остаточному вигляді виріб складається з декількох деталей, операція складання повинна бути чітко продуманою та послідовною, виконуватись з максимальною обережністю (рис. 5.9).



Рис. 5.9. Виріб у зібраному вигляді.

Гвинтові з'єднання не повинні зруйнувати виріб при стисненні; площа склеювання має бути достатньою для забезпечення надійного з'єднання деталей; отвори під штифти – відповідати їх діаметру та ін.

Десята операція (контроль якості) – перевірка зовнішнього вигляду виробу – повинна здійснюватись відповідно до вимог державних стандартів, технічних умов тощо. Огляд здійснюється візуально при денному світлі або з використанням електричної лампи денного світла. Основні розміри необхідно перевіряти інструментально.

Впровадження розроблених рекомендацій сприяло поліпшенню умов роботи каменерізів, підвищенню якості виробів, що підтверджено експериментально.

5.3.2. Види виробів з соколиного та тигрового ока

За способами обробки вироби з кольорового каменю, в тому числі з тигрового, соколиного ока можна поділити на прості, які виготовляються з однієї заготовки, та комбіновані, що виготовляють з декількох складових частин.

Прості вироби поділяються на плоскогранні, осесиметричні (тіла обертання), лінійно-профільні, огранені, різьблені та виготовлені методом галтування (одержання декоративної гальки).

Серед *Плоскогранних* виробів виділяють площинні, які мають одну або дві паралельно розташовані плоскі оброблені поверхні (рис. 5.10), та багатогранні, що мають форму паралелепіпеда, призми, піраміди, куба або іншого багатогранника.

Всі грані таких виробів виготовляються з використанням однотипного обладнання: плоскошліфувальних і плоскополірувальних верстатів.



Рис. 5.10. Сувенірна колекція самоцвітів Криворізького басейну як зразок плоскогранних виробів з однією обробленою поверхнею.

Розмір зразків за максимальним виміром близько 7 см.

Осесиметричні вироби виготовляються у вигляді тіл обертання (циліндрів, конусів, куль (рис. 5.11), кілець, бочкоподібних, параболічних, еліпсоїдних тіл) за допомогою спеціальних токарних і колошліфувальних верстатів, універсальних оброблювальних центрів.



Рис. 5.11. Кулі з тигрового ока.

Діаметр куль 10 см.

При виготовленні таких виробів загальним є спосіб обробки, при якому заготовкам, встановленим у шпинделі верстата, надається обертальний рух, а обробка проводиться фіксованим в одній позиції абразивним інструментом. При виготовленні тіл обертання необхідне виконання низки попередніх підготовчих операцій, метою яких є надання заготовкам форми, близької до кінцевого продукту. Найбільш зручною заготовкою для кулі є куб з ребрами, рівними діаметру майбутнього виробу з урахуванням припусків для чистової обробки.

Лінійно-профільні вироби виготовляються за допомогою спеціальних фрезерних верстатів з використанням інструменту, профіль якого відповідає профілю виробу (рис. 5.12)



Рис. 5.12. Метелики з тигрового та соколиного ока.

Розміри зразків за максимальним виміром 5 см, 7 см, 5 см.

Огранені вироби поділяються на фасетні та гладкі. Комбінація фасетного та гладкого гранування називається змішаною. Фасетне гранування призначене, здебільшого, для прозорих каменів. Для тигрового, соколиного та котячого ока використовують гранування у вигляді кабошону (рис. 5.13) – найбільш поширеної форми гладкого гранування.



Рис. 5.13. Кабошон з тигрового ока.

Розмір зразка за максимальним виміром 3 см.

Звичайний кабошон найчастіше в плані має форму овалу. Кабошони з непрозорих каменів виготовляють опуклими з одного боку і з плоскою нижньою поверхнею; зі слабко забарвлених каменів – з увігнутою нижньою поверхнею. Формоутворення і шліфування кабошонів здійснюється на шліфувальному колі з набором концентрично розташованих канавок різного розміру, а полірування – на стандартному полірувальному колі.

Вироби, які відносяться до художнього *різьблення*, поділяються на площинні, при виготовленні яких обробляється одна площина (геми), і об'ємні – кам'яні мініатюри, в яких деталі опрацьовуються в трьох вимірах (рис. 5.14).

Геми, в свою чергу, поділяються на камеї та інтальйо. Камеї мають опуклі портретні або сюжетні зображення, інтальйо – увігнуті. Загальним для них, окрім високохудожнього сюжету, є чіткість опрацювання мікродеталей, яка досягається за допомогою бормашин, алмазних борів тощо.

Отримання декоративної гальки (рис. 5.15) виконується за допомогою абразивних і полірувальних матеріалів у обертових барабанах.



Рис 5.14. Виріб «Кролик» із тигрового ока
Розмір зразка за максимальним виміром 16 см.



Рис 5.15. Декоративна галька з тигрового ока
Розмір зразків за максимальним виміром 3 см.

До *комбінованих* відносяться вироби, елементи яких виготовляють різними способами та які потім поєднуються в один виріб. До таких відносяться, рельєфні картини, шахи (рис. 4.16), годинники (рис.4.17), підсвічники (рис. 4.18), шкатулки різних форм (рис.4.19), статуетки, мозаїки, сувеніри у вигляді видатних історичних постатей, комах (рис. 4.20), птахів (рис. 4.21а), рослин (рис.4.21б), планет, інших природних об'єктів, настільні набори (рис. 4.), тощо.

Складні вироби можуть поєднувати плоскогранні, лінійно-профільні та осесиметричні елементи, а прикрасами можуть бути огранені або отримані методом художнього різьблення, а також литі, ковані або карбовані металеві компоненти.



Рис. 4.16. Шахи зі вставками тигрового ока.

Розмір виробу за максимальним виміром 20 см.



Рис 4.17. Годинник з тигрового ока.

Розмір виробу за максимальним виміром 16 см.



Рис 4.18. Підсвічники з соколиного та тигрового ока.
Розмір виробів за максимальним виміром 12 см, 10 см.



Рис. 4.19. Шкатулки з тигрового ока.
Розміри виробів за максимальним виміром 14 см, 12 см, 10,5 см.



Рис. 4.20. Виріб «Метелик» з соколиного ока.

Розмір виробу за максимальним виміром 12 см.



а



б

Рис. 4.21. Вироби «Птах» та «Дерево» із вставками куль з тигрового ока.

Розмір виробів за максимальним виміром 20 см, 15 см.



Рис. 4.22. Настільні подарункові набори з елементами з тигрового ока.
Розмір виробів за максимальним виміром 20 см, 17 см.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі наведені дані про закономірності локалізації проявів, морфології індивідів і агрегатів, варіативності мінерального, хімічного складу, гемологічних показників соколиного та тигрового ока Криворізького басейну. На підставі одержаних даних зроблені наступні висновки.

1. Прояви ока присутні в розрізах продуктивних і вмісних залізорудних товщ практично всіх родовищ Криворізького басейну. Оптимальні умови для їх формування створились у центральній частині Саксаганського залізорудного району в межах Глеюватського родовища магнетитових кварцитів ЦГЗКу та родовища багатих залізних руд шахти ім. М.В.Фрунзе, де прояви ока мають систематичний характер. В розрізах залізорудних товщ інших родовищ басейну трапляються лише поодинокі малопотужні прожилки ока. Основний об'єм мінералогічних досліджень автор виконала в забоях кар'єру №2 ЦГЗКу, яким розробляється Глеюватське родовище.

2. Систематичні дослідження морфології проявів ока показали, що вони представлені згідними з шаруватістю, рідше пологосічними, іноді складної форми жилами. Найбільш поширені прості, паралельні, сідловидні, брекчієво-цементацийні, східчасті, пloidчасті жили.

3. У формуванні соколиного та тигрового ока Кривбасу брали участь практично всі геологічні процеси, проявлені в Криворізькій структурі: седиментація, динамотермальний метаморфізм, натрієвий метасоматоз, тектогенез, гіпергенез. Вихідним матеріалом при утворенні **сірого соколиного ока** був кумі-

нгтонітовий азбест альпійських жил у верствах магнетит-кумінгтонітових кварцитів, який на регресивній стадії динамотермального метаморфізму зазнав оквацування. Жили **блакитного соколиного ока** утворились аналогічно, але за рахунок альпійських жил магнезіорибекітового азбесту у верствах магнетит-магнезіорибекітових кварцитів; крім того вони утворювались шляхом псевдоморфізації кумінгтонітового азбесту магнезіорибекітом з подальшим окварцуванням або внаслідок епігенетичної рибекітизації раніше утвореного сірого соколиного ока. **Синє соколине око** є продуктом окварцування жил крокідоліту з рибекітових метасоматитів у товщах високозалізистих магнетитових, залізнослюдко-магнетитових кварцитів. **Тигрове око** формувалось внаслідок гіпергенних змін сірого, блакитного та синього соколиного ока; відбувалась псевдоморфізація кумінгтоніту, магнезіорибекіту, рибекіту соколиного ока агрегатом дисперсного гетиту та кварцу або халцедону, опалу з домішкою глинистого мінералу, зазвичай, монтморилоніту. При цьому зберігалась паралельно-волокниста будова первинних агрегатів ока.

4. Головними факторами, які визначили особливості утворення, локалізації, морфології жил, структури та мінерального складу агрегатів ока, були наступні:

- стратиграфічний, який обумовив нерівномірність поширення жил ока в розрізі залізисто-кремнистої формації: відсутність їх у сланцевих горизонтах нижньої частини розрізу саксаганської світи (від першого до шостого сланцевих горизонтів), незначне поширення в розрізах залізистих горизонтів та максимальне – в складеному магнетит-силікатними кварцитами сьомому сланцевому горизонті;

- метаморфічний, дією якого спричинена локалізація проявів ока в межах родовищ, залізисті породи яких зазнали динамотермального метаморфізму в умовах саме епідот-амфіболітової фації;

- тектонічний, що відіграв вирішальну роль в утворенні первинних жил кумінгтонітового, магнезіорибекітового, рибекітового азбесту в тріщинах, які

заповнювались мінералогенеруючими розчинами у відповідності з механізмом альпійського процесу;

- мінералогічний, який обумовив присутність жил ока у верствах речовинно споріднених магнетит-кумінгтонітових, магнетит-магнезіорибекітових кварцитів (сіре, блакитне соколине око) або залізнослюдко-магнетитових, магнетитових кварцитів (синє соколине око);

- метасоматичний, роль якого полягала в псевдоморфному окварцуванні первинних метаморфогенних кумінгтонітового або магнезіорибекітового азбесту на регресивній стадії динамотермального метаморфізму, а також у окварцуванні крокідоліту на регресивній стадії натрієвого метасоматозу; метасоматичний характер мала також рибекітизація метаморфогенного сірого соколиного ока з утворенням плямистого блакитного соколиного ока;

- гіпергенний, що спричинив перетворення всіх мінералогічних різновидів ока гіпогенного походження – сірого кумінгтонітового, блакитного магнезіорибекітового та синього рибекітового – на золотисто-жовте, золотисто-коричнєве тигрове око.

5. Порівняння хімічного складу мінеральних різновидів ока дозволило виявити основні тренди варіативності вмісту в його складі мінералоутворювальних і другорядних хімічних компонентів. Для сірого, блакитного та синього соколиного ока (від первинного кумінгтонітового, магнезіорибекітового, рибекітового азбесту через оптимально окварцовані до надмірно окварцованих різновидів) одночасно зі зростанням вмісту кремнезему спостерігається зменшення вмісту оксидів катіонної групи (в порядку відповідно до інтенсивності виносу): Na_2O , K_2O , CaO , MgO , FeO , Al_2O_3 , TiO_2 . Гіпергенне перетворення соколиного ока на тигрове супроводжувалось винесенням оксидів активних катіонів (натрію, калію, кальцію, магнію), перетворенням закисного заліза на окисне та незначним зростанням вмісту кремнезему.

6. За результатами досліджень розроблена гемологічна класифікація найбільш поширеного колористичного різновиду самоцвіту – сірого соколиного ока, в якій виділені п'ять його сортів. Якість самоцвіту (здатність його до полі-

рування та збереження оптичного ефекту ока) визначена за бальною системою в залежності від ступеню окварцування первинного кумінгтонітового азбесту. Класифікація впроваджена в практичну роботу каменеоброблювальних підприємств Криворізького басейну, використовується для систематизації зразків сірого соколиного та інших видів ока (блакитного та синього соколиного, тигрового, котячого, волового), для оптимізації технологій їх обробки та способів виготовлення художніх виробів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Акименко Н.М., Белевцев Я.Н., Горошников Б.И. и др. Геологическое строение и железные руды Криворожского бассейна / Ред. Я.Н.Белевцев // Москва: Госгеолтехиздат, 1957.— 280 с.
2. Александров И.В. Об особенностях эволюции пород криворожской серии при щелочном метасоматозе // Геохимия.— 1959.— №4.— С. 364-377.
3. Андерсон Б. Определение драгоценных камней // Москва: Мир, 1983.— 458 с.
4. Андрейчак В.О. Морфологія жил соколиного й тигрового ока Криворізького басейну // Проблеми теоретичної і прикладної мінералогії, геології, металогенії гірничодобувних регіонів. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції (Кривий Ріг, 22-24 листопада 2012 р.) // Кривий Ріг, 2012.— С. 55-57.
5. Андрейчак В.О. Варіативність хімічного складу соколиного, тигрового ока Криворізького басейну // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету— 2015.— №2.— С 29-34.
6. Андрейчак В.О., Євтехов В.Д. Головні етапи утворення проявів гемологічної та колекційної сировини Криворізького басейну // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького технічного університету.— 2010.— №1-2.— С. 73-77.

7. Андрейчак В.О., Євтехов В.Д. Локалізація тигрового та соколиного ока Глеюватського родовища (Криворізький басейн) // Мінералогічний збірник.– 2012а.– №62.– С. 275-277.

8. Андрейчак В.О., Євтехов В.Д. Сучасний рівень вивченості тигрового, соколиного і котячого ока Криворізького басейну // Сучасні технології розробки рудних родовищ. Збірник наукових праць за результатами II Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 23-24 березня 2012 р.) // Кривий Ріг, 2012б.– С. 69-72.

9. Андрейчак В.О., Євтехов В.Д. Локалізація проявів соколиного і тигрового ока Криворізького басейну / Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців. Матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної конференції (Кривий Ріг, 22-24 березня 2012 р.) // Кривий Ріг, 2012в.– С. 85-89.

10. Андрейчак В.О., Євтехов В.Д. Історія дослідження тигрового, соколиного й котячого ока Криворізького басейну // Молодий науковець XXI століття. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, магістрантів і молодих дослідників (Кривий Ріг, 5 квітня 2012 р.) // Кривий Ріг, 2012г.– С. 123-124.

11. Андрейчак В.О., Євтехов В.Д. Генетична мінералогія соколиного, котячого й тигрового ока Криворізького басейну / Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості. Геологія, прикладна мінералогія, екологія. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 25-28 травня 2012 р.) // Кривий Ріг, 2012д.– С. 38-40.

12. Андрейчак В.О., Євтехов В.Д. Геологічна позиція проявів соколиного, котячого й тигрового ока Криворізького басейну / Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості. Геологія, прикладна мінералогія, екологія. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 25-28 травня 2012 р.) // Кривий Ріг, 2012є.– С. 61-64.

13. Андрейчак В.О., Євтехов В.Д. Стадійність утворення соколиного і тигрового ока Криворізького басейну / Геомеханічні аспекти та екологічні наслідки

відпрацювання рудних покладів. Збірник наукових праць II Науково-практичної конференції (Кривий Ріг, 21-22 грудня 2012 р.) // Кривий Ріг, 2012ж.– С. 116-118.

14. Андрейчак В.О., Євтехов В.Д. Поширення тигрового та соколиного ока у межах Криворізького басейну / Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців. Матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції (Кривий Ріг, 21-23 березня 2013 р.) Кривий Ріг, 2013.– С. 81-84.

15. Андрейчак В.О., Євтехов В.Д. Тигрове й соколине око – різновиди гемологічної сировини Криворізького басейну / Роль вищих навчальних закладів у розвитку геології. Матеріали Міжнародної наукової конференції (Частина I) // Київ, 2014а.– С. 65-66.

16. Андрейчак В.О., Євтехов В.Д. Мінералогічна і гемологічна класифікація виробного та колекційного каменю Криворізького басейну. Сіре соколине око Проблеми теоретичної і прикладної мінералогії, геології, металогенії гірничодобувних регіонів. Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції (Кривий Ріг, 27-29 листопада 2014 р.) // Кривий Ріг, 2014б.– С. 81-86.

17. Андрейчак В.О., Євтехов В.Д. Класифікація виробів з тигрового та соколиного ока Криворізького басейну за способами виготовлення. Сталий розвиток промисловості та суспільства. Геологія та економіка мінеральної сировини. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 22-25 травня 2015 р.) // Кривий Ріг, 2015а.– С. 88-92.

18. Андрейчак В.О., Євтехов В.Д. Технологія виготовлення виробів з кольорового каменю Криворізького басейну / Сучасні технології розробки рудних родовищ. Еколого-економічні наслідки діяльності підприємств ГМК // Збірник наукових праць за результатами роботи III міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 19 червня 2015 р.) // Кривий Ріг, 2015б.– С. 64-67.

19. Андрейчак В.О., Євтехов В.Д. Прояви соколиного та тигрового ока Криворізького басейну // Науковий вісник НГУ.– 2015в.– №2.– С. 38-45.

20. Андрейчак В.О., Євтехова А.В., Євтехов В.Д. Мінералогія соколиного, котячого й тигрового ока Криворізького басейну // Записки мінералогічного товариства.– 2012.– Том 9.– С.155-158.

21. Аникеева Н.Ф. Эволюция некоторых метаморфических горных пород Кривого Рога / Петрографический сборник ВСЕГЕИ // Москва: Госгеолтехиздат, 1955.– №1.– С. 91-130.

Архипов А.С., Бучинська Н.І. Голчастий гетит з Криворіжжя // Доповіді АН УРСР. Серія Б.– 1972.– №12.– С. 25-38.

22. Балицкий В.С. Особенности растворимости и переноса кремнезема в гидротермальных растворах различного состава / Проблема метаморфогенного рудообразования. Тезисы докладов Межведомственного научного совещания по метаморфогенному рудообразованию (Киев, май 1969 г.) // Киев: Наукова думка, 1969.– С. 218-221.

23. Банк Г. В мире самоцветов // Москва: Мир, 1979.– 300 с.

24. Баранов П.Н. Геммологія: діагностика, дизайн, оброблення, оцінювання самоцвітів // Дніпропетровськ: Метал, 2002.– 208 с.

25. Баранов П.М., Бартоломеу А.Д.П. Декоративно-мінералогічна характеристика Рафалівського родовища // Коштовне та декоративне каміння.– 2002.– №3.– С. 26-28.

26. Баранов П.М., Шевченко С.В. Алгоритм геолого-геммологической оценки самоцветов // Науковий вісник НГУ.– 2004.– №11.– С. 38-40.

27. Баранов П.М., Шевченко С.В. Камнесамоцветное сырье и его значение для экономики Украины // Геолог Украины.– 2006.– №1.– С. 26-29.

28. Баранов П.М., Козар Н.А., Шевченко С.В. Геммологические объекты юго-восточной части Украинского щита и их геммологическая оценка // Матеріали І науково-практичної наради «Дорогоцінні, виробні і облицювальні камені України» (Гурзуф, 2007 р.).– Гурзуф, 2007.– С. 7-15.

29. Баранов П.Н., Лузанов П.М., Ткаченко Е.К. Технология изготовления декоративно-художественных изделий из природного камня // Днепрпетровск: Национальный горный университет, 2012.– 44 с.

30. Белевцев Р.Я. Метаморфическая зональность Криворожского бассейна // Геологический журнал.— 1970.— №4.— С. 25-38.

31. Белевцев Р.Я. О горизонтальной и вертикальной метаморфической зональности Криворожского бассейна / Геологическое строение и перспективы рудоносности Кривого Рога на больших глубинах // Киев: Наукова думка, 1973.— С. 91-95.

32. Белевцев Р.Я., Беляев О.Я., Ветренников В.В. и др. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Метаморфизм // Киев: Наукова думка, 1989.— 148 с.

33. Белевцев Я.Н. Геологическая структура и металлогения Криворожского железорудного бассейна / Геология и генезис руд Криворожского железорудного бассейна. Труды совещания // Киев: Изд. АН УССР, 1955.— С. 34-67.

34. Белевцев Я.Н. Условия образования метаморфогенных месторождений / Проблема метаморфогенного рудообразования. Тезисы докладов Межведомственного научного совещания по метаморфогенному рудообразованию. Киев, май 1969 г. // Киев: Наукова думка, 1969.— С.19-23.

35. Белевцев Я.Н., Коптюх Ю.М. Особенности формирования железисто-кремнистых формаций докембрия по данным изучения изотопного состава серы в сульфидах // Геологический журнал.— 1974.— №3.— С. 41-48.

36. Белевцев Я.Н., Бернадская Л.Г., Усенко И.С. Об амфиболовом асбесте из Кривого Рога // Доклады АН СССР.— 1955.— Том 104, №3.— С. 470-473.

37. Белевцев Я.Н., Бура Г.Г., Дубинкина Р.П. и др. Генезис железных руд Криворожского бассейна // Киев: Изд. АН УССР, 1959.— 308 с.

38. Белевцев Я.Н., Жуков Ф.И., Скобелев В.М. и др. Особенности формирования докембрийских пород Криворожского железорудного бассейна по данным изотопного состава серы в сульфидах // Геологический журнал.— 1978.— № 1.— С. 1-19.

39. Белевцев Я.Н., Каляев Г.И., Глевасский Е.Б. и др. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Тектоника // Киев: Наукова думка, 1988.— 204 с.

40. Белевцев Я.Н., Вайло А.В., Ветренников В.В. и др. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Структуры месторождений и рудных районов // Киев: Наукова думка, 1989.— 156 с.
41. Белевцев Я.Н., Кравченко В.М., Кулик Д.А. и др. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Генезис железных руд // Киев: Наукова думка, 1991.— 215 с.
42. Белевцев Я.Н., Кулик Д.А., Коржнев М.Н. и др. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Железонакопление в докембрии // Киев: Наукова думка, 1992.— 228 с.
43. Белевцев Я.Н., Тохтуев Г.В., Стрыгин А.И. и др. Геология криворожских железорудных месторождений // Киев: Изд. АН УССР, 1962.— Т.1 — 484 с., Т.2 — 567 с.
44. Белик Д.М., Кутин В.В., Решетняк В.В. Зональность разнопорядковых элементов криворожской железорудной свиты // Известия АН СССР. Серия геологическая.— 1984.— №2.— С. 79-85.
45. Берри Л., Мейсон Б., Дитрих Р. Минералогия: Теоретические основы. Описания минералов. Диагностические таблицы— Москва: Мир, 1987— 592с.
46. Бибикова Е.В., Тугаринов А.И., Зыков С.И. О возрасте седиментации криворожской толщи / Труды 2-й сессии Комиссии по определению абсолютного возраста геологических формаций // Москва: Изд. АН СССР, 1963.— С. 163-171.
47. Блоха В.Д. Стратиграфічний та мінералогічний контроль прояву тигрового ока Криворіжжя / Проблеми геологічної науки і освіти в Україні. Матеріали наукової конференції, присвяченої 50-річчю геологічного факультету. Львів, 19-21 жовтня 1995 р. // Львів: Львівський державний університет ім. Івана Франка, 1995.— С. 197-198.
48. Блоха В.Д. О поделочных камнях Кривбасса // Відомості Академії гірничих наук України.— 1997.— №4— С 45-46.

49. Блоха В.Д. Тигровый глаз Криворожья / Бюллетень I международной конференции «Декоративные и драгоценные камни». Киев, 2-5 апреля 1999 г. // Киев, 1999.– С. 82.

50. Блоха В.Д. О первой находке соколиного глаза в породах Горишних-Плавнинского месторождения // Коштовне і декоративне каміння.– 2000.– №2 (20).– С. 23-24.

51. Блоха В.Д., Андрейчак В.О. Декоративні особливості тигрового та соколиного ока Криворіжжя // Коштовне та декоративне каміння.– 2011.– №4 (66). С. 14-15.

52. Блоха В.Д., Крапівка В.О., Качкан В.В. Особливості мінерального складу соколиного і тигрового ока Криворізького басейну / Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості. Геологія, прикладна мінералогія, екологія. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 25-28 травня 2011 р.) // Кривий Ріг, 2011.– С. 25-27.

53. Буруковская Т.Г. Отвори сердце камню. Петрозаводск: Карелия, 1985–120 с.

54. Валеев О.К., Евтехов В.Д. Градиенты терморазуплотнения пород железисто-кремнистых формаций и их роль в процессах рудообразования / Металлогения докембрия и метаморфогенное рудообразование. Тезисы докладов XII Всесоюзного металлогенического совещания (Киев, май 1990 г.) // Киев, 1990.– Часть 2.– С. 88-89.

55. Васильев А.В. Оптимизация формы огранённого камня как путь к совершенствованию его красоты // Вестник Геммологии– 2002– №2 (5) – С 33-41.

56. Верхогляд В.М., Есипчук К.Е., Щербак Н.П. и др. Стратиграфические схемы докембрийских образований Украинского щита для геологических карт нового поколения. Графические таблицы.– Киев: «Геопрогноз», 1993– 120 с.

57. Галабурда Ю.А. Про умови утворення голчастого гетиту в Криворізькому басейні // Доповіді АН УРСР Серія Б.– 1973.– №10.– С. 970-9973

58. Галабурда Ю.А., Грицай Ю.Л., Педан М.В. Решение некоторых генетических вопросов минералогии Криворожских месторождений методом изучения включений минералообразующей среды // Минералогический сборник. – 1975. – №29, вып. 1. – С. 14-22.

59. Гершойг Ю.Г. Гидротермальные жилы Криворожского бассейна // Советская геология. – 1940. – №8. – С. 7-15.

60. Гершойг Ю.Г. Признаки и особенности слоистости железистых роговиков и джеспилитов Кривого Рога / Проблемы образования железистых пород докембрия // Киев: Наукова думка, 1969. – С. 207-216.

61. Гинзбург А.И. О гипергенных процессах в Криворожском бассейне / Геология и генезис руд Криворожского железорудного бассейна // Киев: Изд. АН УССР. – 1955. – С. 232-240.

62. Гинзбург А.И. Прикладная минералогия на современном этапе // Разведка и охрана недр. – 1978. – №10. – С. 11-15.

63. Григорьев Д.П., Жабин А.Г. Онтогенез минералов. Индивиды // Москва: Наука, 1975. – 340 с.

64. Грицай О.Ю. Декоративні відміни халцедонових утворень Криворізького басейну / Проблеми геологічної науки і освіти в Україні. Матеріали наукової конференції, присвяченої 50-річчю геологічного факультету. Львів, 19-21 жовтня 1995 р. // Львів: Львівський державний університет ім. Івана Франка, 1995. – С. 196-197.

65. Грицай Ю.Л., Педан М.В., Дмитриев Э.В., Шапошников В.А. Цикличность в породах железистых горизонтов средней свиты Кривбасса / Перспективы развития богатых железных руд Криворожского железорудного бассейна на глубину // Киев: Наукова думка, 1975. – С. 19-26.

66. Гуров Е.П., Василишин И.С., Гурова Е.П. О новой находке тигрового глаза на Украине / Минералогический вестник // Киев: Наукова думка, 1976 – С48-49.

67. Глаголев А.А. Метаморфизм докембрийских пород КМА // Москва: Наука, 1966. – 158 с.

68. Годовиков А.А., Рипинен О.И., Моторин С.Г. Агаты // Москва: Недра, 1987– 368 с.
69. Гурский Д.С., Есипчук К.Е., Калинин В.И. и др., Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Том. 1. Металлические полезные ископаемые // Киев-Львов: Центр Европы, 2005.– 784 с.
70. Джонс М.П. Прикладная минералогия // Москва: Недра, 1991.– 392 с.
71. Дмитриев Э.В., Кравченко В.М. Процессы глубинного выветривания и зональность их проявления в Саксаганском районе Кривого Рога // Геология рудных месторождений.– 1965.– №5.– С. 76-90.
72. Додатко О.Д., Дорфман Я.З. Про кори вивітрювання порід залізисто-кременистої формації Криворіжжя // Доповіді АН УРСР. Серія Б.– 1973.– №5.– С. 395-398.
73. Дронова Н. Д. Оценка ювелирных изделий // Москва: Металлургия, 1996– 208 с.
74. Дронова Н. Д. Ювелирные изделия. Справочник – энциклопедия: Классификация. Описание. Оценка // Москва: Издательский дом «Ювелир», 1996– 352 с.
75. Евдокимов М.Д. Чароит – уникальный минерал уникального месторождения. Мир камня.– 1995 – №7,8.– С. 1-6.
76. Евтехов В.Д. Генетическая и прикладная минералогия натриевых метасоматитов железисто-кремнистых формаций Украинского щита (по природным и экспериментальным данным) / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук // Львов: Львовский госуниверситет, 1992.– 39 с.
77. Евтехов В.Д. Альтернативная минерально-сырьевая база железорудных месторождений Кривбасса / Разработка рудных месторождений // Кривой Рог: Криворожский технический университет, 1997а.– С. 121-125.
78. Євтехов В.Д. Етапи формування комплексної мінерально-сировинної бази залізорудних родовищ Криворізько-Кременчуцького лінеamentу // Відомості Академії гірничих наук України.– 1997б.– № 4.– С. 111-114.

79. Євтехов В.Д. Об особенностях состава и свойств рибекитов Северного Криворожья // Доклады АНУССР. Серия Б.– 1980.– №5.–С. 13-15.

80. Євтехов В.Д., Паранько І.С. До проблеми розвитку мінерально-сировинної бази Криворізького басейну // Мінеральні ресурси України.– 1999а.– №2.– С. 7-11.

81. Евтехов В.Д., Паранько И.С. Самоцветное и коллекционное сырье Криворожского бассейна / Бюллетень I международной конференции «Декоративные и драгоценные камни». Киев, 2-5 апреля 1999 г. // Киев, 1999б.– С. 76-84.

82. Евтехов В.Д., Паранько И.С., Евтехов Е.В. Альтернативная минерально-сырьевая база Криворожского железорудного бассейна // Кривой Рог: Криворожский технический университет, 1999.– 70 с.

83. Евтехов В.Д., Зарайский Г.П., Балашов В.Н., Валеев О.К. Экспериментальное исследование натриевого метасоматоза в железистых кварцитах докембрия / Метасоматиты докембрия и их рудоносность // Москва: Наука, 1989.– С. 248-259.

84. Евтехов В.Д., Мачадо О.Т., Чуприй С.В. и др. Топоминералогия коры выветривания пород пятого, шестого железистых и шестого сланцевого горизонтов Ингулецкого месторождения // Геолого-минералогічний вісник.– 2000.– №1-2 (3-4).– С. 144-148.

85. Євтехов В.Д., Андрейчак В.О. Прояви соколиного і тигрового ока в гірничих виробках і відвалах Криворізького басейну: туристичний аспект / Індустріальний туризм – реалії та перспективи. Матеріали I Міжнародно-практичного форуму // Кривий Ріг, 2013.– С. 85-88.

86. Евтехова А.В. Альпийский процесс минерагенеза в породах железисто-кремнистой формации Кривбасса / Тезисы докладов научно-технической конференции «Проблемы развития Криворожского железорудного бассейна // Кривой Рог: Криворожский технический университет, 2002а.– С. 54.

87. Євтехова Г.В. Морфологія і умови утворення альпійських жил залізісто-кременистої формації Криворізького басейну // Геолого-мінералогічний вісник.— 2002б.— №2 (8).— С. 51-60.

88. Євтехова Г.В. Металогенічна роль альпійського мінералоутворення у породах залізісто-кременистої формації Криворізького басейну / Сучасні проблеми геологічної науки // Київ: Збірник наукових праць Інституту геологічних наук.— 2003.— С. 51-52.

89. Євтехова Г.В. Зональність альпійських жил залізородної товщі Криворізького басейну. I. Метаморфогенні жили // Геолого-мінералогічний вісник.— 2004.— №1 (11).— С. 55-64.

90. Євтехова Г.В. Зональність альпійських жил залізородної товщі Криворізького басейну. II. Жили натрієвих метасоматитів // Геолого-мінералогічний вісник.— 2005а.— №1(13).— С. 68-74.

91. Евтехова А.В. Генетические разновидности альпийских жил железисто-кремнистой формации Криворожского бассейна / Творча спадщина В.І.Вернадського і сучасність (Вернадські читання). Доповіді і повідомлення 4-ї Міжнародної наукової конференції. Донецьк, 21-25 квітня 2005 р. // Донецьк: Донецький національний технічний університет.—2005б.— С. 112-114.

92. Евтехова А.В. Морфологические разновидности альпийских жил из железородной толщи Криворожского бассейна // Збірник наукових праць Національного гірничого університету.— 2005.— №23.— С. 80-90.

93. Євтехова Г.В. Геологічні дослідження альпійських утворень залізородної товщі Криворізького басейну // Геолого-мінералогічний вісник.— 2005.— №2 (14).— С.127-136.

94. Євтехова Г.В. Незвичайний різновид альпійських жил залізісто-кременистої формації // Геолого-мінералогічний вісник.— 2006.— №2 (16).— С. 79-81.

95. Євтехова Г.В., Паранько І.С. Вплив диз'юнктивних процесів на локалізацію альпійських жил Криворізького басейну // Записки Українського мінералогічного товариства.— 2006.— Т. 3.— С. 54-56.

96. Євтехова Г.В., Євтехов Є.В., Бублик Ю.М. та ін. Альпійські жили – джерело самоцвітної і колекційної сировини Криворізького басейну // Коштовне та декоративне каміння.– 2005.– №3 (41).– С. 35-38.

97. Епатко Ю.М. Генетические особенности глубинных зон окисления Криворожского железорудного бассейна // Геологический журнал.– 1984.– №3.– С. 114-229.

98. Епатко Ю.М., Додатко А.Д., Эльянов М.Д. Сравнительная характеристика площадных кор выветривания и глубинных зон окисления железисто-кремнистых пород Украинского щита // Доклады АН УССР. Серия Б.– 1982.– №12.– С. 12-15.

99. Жабин А.Г. Границы зерен в агрегатах / Онтогенические методы изучения минералов // Москва: Наука, 1970.– С. 11-28.

100. Жабин А.Г. Жизнь минералов // Москва: Сов. Россия, 1976.– 224 с.

101. Жабин А.Г. Отношения минералов. Агрегаты // Москва: Наука, 1979.– 275 с.

102. Жариков В.А., Алехин Ю.В., Рысикова В.Т. Некоторые физико-химические закономерности фильтрации растворов через горные породы / Роль физико-химических свойств горных пород в локализации эндогенных месторождений // Москва: Наука, 1973.– С. 7-25.

103. Занкевич Б.О. Структурна еволюція Криворізько-Кременчуцької залізорудної зони Українського щита у протерозої / Автореф. докт. дис. // Київ, 1996.– 44 с.

104. Здорик Т. Б., Фельдман Л. Г. Минералы и горные породы. (Ювелирные камни и драгоценные металлы). Энциклопедия природы России. // Москва: АБФ, 1998 – 752 с.

105. Иванов И.П. Проблемы экспериментального изучения минеральных равновесий метаморфических и метасоматических процессов / Труды Института физики твердого тела АН СССР // Москва: Изд. АН СССР, 1970.– 248 с.

106. Каляев Г.И. Тектоника докембрия Украинской железорудной провинции // Киев: Наукова думка, 1965.– 190 с.

107. Каниболоцкий П.М. Петрогенезис пород и руд Криворожского железорудного бассейна. // Черновцы: Изд. АН УССР, 1946.— 312 с.
108. Кантор Б.З. Коллекционирование минералов. Москва: Недра, 1982.— 174 с.
109. Кантор Б.З. Минерал рассказывает о себе. Москва: Недра, 1985.— 135 с.
110. Киевленко Е.Я., Сенкевич Н. Н., Гаврилов А.П. Геология месторождений драгоценных камней. Москва: Недра, 1982— 279 с.
111. Киевленко Е.Я., Чупров В.И., Драмшева Е.Е. Декоративные коллекционные минералы. Москва: Недра, 1987— 223 с.
112. Корнилов Н. И., Солодова Ю. П. Ювелирные камни. — Москва: Недра, 1986.— 284 с.
113. Крапівка В.О., Євтехов В.Д. Гемологічна сировина Криворізького басейну / Гірничо-металургійний комплекс: досягнення, проблеми та перспективи розвитку-2010. Прикладна екологія, мінералогія і раціональне використання надр. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 25-28 травня 2010 р.) // Кривий Ріг, 2010.— С. 21-22.
114. Крапівка В.О., Євтехов В.Д. Умови утворення гемологічної і колекційної сировини Криворізького басейну // Записки мінералогічного товариства.— 2011а.— Том 8.— С.133-135.
115. Крапівка В.О., Євтехов В.Д. Основні етапи утворення проявів гемологічної і колекційної сировини Криворізького басейну // Сучасні технології розробки рудних родовищ. Збірник наукових праць за результатами роботи Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 22-23 квітня 2011 р.) // Кривий Ріг, 2011б.— С. 60-61.
116. Крапівка В.О., Євтехов В.Д. Головні відміни гемологічної сировини Кривбасу // Сучасні технології розробки рудних родовищ. Збірник наукових праць за результатами роботи Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 22-23 квітня 2011 р.) // Кривий Ріг, 2011в.— С. 63-64.

117. Крапівка В.О., Євтехов В.Д. Гемологічна і колекційна сировина Криворізького басейну / Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості. Геологія, прикладна мінералогія, екологія. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 25-28 травня 2011 р.) // Кривий Ріг, 2011г.– С. 6-7.

118. Крапівка В.О., Євтехов В.Д. Воробйова М.В. Умови утворення гемологічної і колекційної сировини Криворізького басейну // Проблеми теоретичної і прикладної мінералогії, геології, металогенії гірничодобувних регіонів. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції (Кривий Ріг, 24-26 листопада 2010 р.) // Кривий Ріг, 2010.– С. 5-9.

119. Крапівка В.О., Євтехов В.Д. Воробйова М.В. Етапи формування проявів гемологічної і колекційної сировини Криворізького басейну / Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості. Геологія, прикладна мінералогія, екологія. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 25-28 травня 2011 р.) // Кривий Ріг, 2011.– С. 61-62.

120. Кулик Д.А. Динамика раннеметаморфического рудообразования в железисто-кремнистых формациях докембрия / Металлогения докембрия и метаморфогенное рудообразование // Киев: Наукова думка, 1993.– С. 175-183.

121. Куликов Б.Ф. Словарь камней-самоцветов // Ленинград: Недра, 1982. – 158 с.

122. Кушеев В.В. Причины растворения кварца и выноса кремнезема при образовании метаморфогенных железных руд Криворожского бассейна / V совещание по проблеме «Метаморфогенное рудообразование низких фаций метаморфизма складчатых областей фанерозоя» (тезисы докладов) // Ужгород, 1986.– Часть II.– С. 127.

123. Лазаренко Е.К. Основы генетической минералогии // Львов: Изд. Львовского госуниверситета.– 1963.– 410 с.

124. Лазаренко Е.К., Гершойг Ю.Г., Бучинская Н.И. и др. Минералогия Криворожского бассейна // Киев: Наукова думка, 1977.– 544 с.

125. Лебединский В. И. В удивительном мире камня. Москва: Недра, 1985 – 224 с.

126. Лукієнко О.І. Структурна геологія з основами структурно-парагенетичного аналізу // Київ: Київський університет, 2002.– 369 с.
127. Макаров В.Н. Хлориты из железисто-кремнистых и некоторых других рудных формаций // Ленинград: Наука, 1971.– 116 с.
128. Макаров В.Н., Макарова Э.И. Асбестовидный селадонит из железистых пород Ингулецкого месторождения (Кривбасс) // Геологический журнал.– 1970.– №4.– С. 138-140.
129. Мартыненко Л.И. Генетическая характеристика текстур и структур кварцево-железистых пород // Ученые записки Черновицкого госуниверситета. Серия геолого-географических наук.– 1953.– Том X.– Вып. 3.– С. 15-35.
130. Мартыненко Л.И., Попов Е.А., Татунь Г.Т. и др. Основные закономерности коры выветривания железистых пород Кривого Рога // Геология рудных месторождений.– 1971.– №5.– С. 87-97.
131. Мельник Ю.П. Генезис докембрийских полосчатых железистых формаций // Киев: Наукова думка, 1986.– 234 с.
132. Методы минералогических исследований. Справочник / Ред. А.И. Гинзбург // Москва: Недра, 1985.– 480 с.
133. Митчелл Р. С. Названия минералов. Что они означают? Пер. с англ. Москва: Мир, 1982.– 248 с.
134. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов // Москва: Госгеолтехиздат, 1957.– 870 с.
135. Нагайцев Ю.В. Миграция мобилизованного при метаморфизме рудного вещества / Метаморфогенное рудообразование низких фаций метаморфизма складчатых областей фанерозоя. Материалы V межведомственного совещания // Киев: Наукова думка, 1988.– С. 197-205.
136. Наумов Г.Б., Яснош Н.Е. Динамика метаморфизма и метаморфогенного рудообразования / Металлогения докембрия и метаморфогенное рудообразование. Тезисы докладов XII Всесоюзного металлогенического совещания. Киев, май 1990 г. // Киев, 1990.– Часть 1.– С. 207-208.

137. Нетеча М.В., Шевченко С.В., Баранов П.Н. Геммологическая характеристика декоративных джеспилитов Украинского щита // Науковий вісник НГУ.– 2006.– №1.– С. 40-42.

138. Овчинников Л.Н. Вода – главнейший агент метаморфизма и рудообразования / Металлогения докембрия и метаморфогенное рудообразование. Тезисы докладов XII Всесоюзного металлогенического совещания. Киев, май 1990 г. // Киев, 1990.– Часть 2.– С. 7-8.

139. Павлишин В.И. Генетические и прикладные аспекты учения о типоморфизме минералов // Минералогический журнал.– 1984.– №5.– С. 16-23.

140. Павлишин В.И., Геворкьян С.В., Возняк Д.К. Типоморфные особенности кварца Украины по данным ИК-спектроскопии (на примере кварца камерных пегматитов, гидротермальных жил и редкометальных метасоматитов) / Региональная и генетическая минералогия // Киев: Наукова думка, 1978.– С. 26-48.

141. Панских Е.А., Кулиш Л.И., Меркурьев К.М. Постседиментационные преобразования железисто-кремнистых пород и марганцевых руд Дальнего Востока СССР / Проблема метаморфогенного рудообразования. Тезисы докладов III межведомственного рабочего координационного совещания. Киев, май 1979 г. // Киев: Наукова думка, 1979.– С. 39-41.

142. Панченко В.І., Василишин І.С., Павлишин В.І. Кольорове камінні України // Мінеральні ресурси України.– 1995.– №1.– С. 22-23.

143. Паранько И.С. Некоторые особенности развития Криворожской структуры // Геологический журнал.– 1993.– №4.– С. 112-133.

144. Паранько І.С. Формації і стратиграфія Криворізької структури // Відомості Академії гірничих наук України.– 1997.– № 4.– С. 54-58.

145. Паранько І.С., Бутирін В.К. Розломно-блокова тектоніка Криворізької структури // Геолого-мінералогічний вісник.– 2004.– №1.– С. 5-13.

146. Педан М.П., Мищенко В.С. Комплексное использование минеральных ресурсов // Киев: Наукова думка, 1981.– 270 с.

147. Петров В.П. Рассказы о поделочном камне.— Москва: Наука, 1982.— 104 с.
148. Петров В.П. Рассказы о драгоценных камнях.— М.:Наука, 1985.— 175 с.
149. Петров В.Г. Моделирование тектоно-метаморфогенного роста кварцевых жил / V совещание по проблеме «Метаморфогенное рудообразование низких фаций метаморфизма складчатых областей фанерозоя». Тезисы докладов // Львов, 1986.— Часть II.— С. 14-15.
150. Петрунь В.Ф. О тигровом глазе и гриквалендите из Кривого Рога // Записки Всесоюзного минералогического общества.— 1960— № 5.— С. 564-570.
151. Петрунь В. Ф. До знахідки «тигрового ока» на Україні // Доповіді АН УРСР.— 1961.— № 1.
152. Пирогов Б.И. Онтогенез и особенности геммологии Криворожского тигрового глаза // Москва: РИЦ. ВИМС. Годичная сессия Москва МО «120 лет со дня рождения академика А.Е. Ферсмана»— 2003.— С. 92-93.
153. Пирогов Б.И. Генезис и особенности геммологии тигрового глаза Кривого Рога / Новые идеи в науках о Земле // Москва— 2003—Т. 2—С. 110.
154. Пирогов Б.И. Геолого-генетические факторы, определяющие геммологические особенности проявлений тигрового глаза в железистых кварцитах Кривого Рога. / Кварц. Кремнезем // Сыктывкар— 2004.— С.321-322.
155. Плотников А.В. Тектоническое строение и развитие Криворожского рудного района как зоны глубинного разлома // Геотектоника.— 1994.— №2.— С. 33-48.
156. Половинкина Ю.Ир. Натровый метасоматоз как закономерность в образовании месторождений железистых кварцитов // Записки Всесоюзного минералогического общества.— 1949.— №1.— С. 52-58.
157. Половинкина Ю.Ир. Куммингтонит и щелочные амфиболы Кривого Рога // Минералогический сборник.— 1953.— №7.— 167-186.
158. Предовский А.А. Некоторые геологические и геохимические условия формирования метаморфогенно-гидротермальных рудообразующих систем /

Проблема метаморфогенного рудообразования. Тезисы докладов Межведомственного научного совещания по метаморфогенному рудообразованию. Киев, май 1969 г. // Киев: Наукова думка, 1969.– С. 27-30.

159. Прокин В.А. Критерии отличия метаморфогенных месторождений / Металлогения докембрия и метаморфогенное рудообразование. Тезисы докладов XII Всесоюзного металлогенического совещания. Киев, май 1990 г. // Киев, 1990.– Часть 2.– С. 12-13.

160. Проскуряков О.А., Баранов П.Н., Шевченко С.В., Матюшкина О.П. Закономерности наращивания и развития минерально-сырьевой базы камнесамоцветного сырья Украины // Коштовне та декоративне каміння.– 2013. №– 3. – С. 25-29.

161. Путолова Л.С. Самоцветы и цветные камни– Москва: Недра, 1991.– 192 с.

162. Румянцев В.Н. Механизм массопереноса и концентрирования минерального вещества при формировании метаморфогенно-гидротермальных месторождений / Метаморфогенное рудообразование низких фаций метаморфизма складчатых областей фанерозоя. Материалы V межведомственного совещания // Киев: Наукова думка, 1988.– С. 121-130.

163. Самсонов Я. П., Туринге А. П. Самоцветы СССР /под редакцией В. И. Смирнова /. Москва: Недра, 1984– 335 с.

164. Свитальский Н.И., Фукс Э.К., Половинкина Ю.Ир. и др. Железорудное месторождение Кривого Рога / Труды Всесоюзного геолого-разведочного объединения НКТП СССР // Москва-Ленинград: Государственное научно-техническое геолого-разведочное издательство, 1932.– 283 с.

165. Семененко Н.П., Половко Н.И., Жуков Г.В. и др. Петрография железисто-кремнистых формаций Украинской ССР // Киев: Изд. АН УССР, 1956.– 536 с.

166. Семененко Н.П., Половко Н.И., Грицков Я.М. и др. Геология железисто-кремнистых формаций Украины / Киев: Изд. АН УССР, 1959.– 688 с

167. Семененко Н.П., Бордунов И.Н., Половко Н.И. и др. Железисто-кремнистые формации Украинского щита // Киев: Наукова думка, 1978.— Т.2.— 368 с.

168. Семенченко Ю. В., Агафонова Т. Н., Солонинко И. С. и др. Цветные камни Украины. Киев: Будівельник, 1974— 187 с.

169. Синкенкес Дж. Руководство по обработке драгоценных и поделочных камней:— Москва: Мир, 1989—423 с.

170. Смит Г. Драгоценные камни: Пер с англ. Москва: Мир, 1984— 558.

171. Снісар В.П., Калініченко А.М. Типізація рудотворних процесів і питання про джерело гідротермального флюїду / Проблеми геологічної науки і освіти в Україні. Матеріали наукової конференції, присвяченої 50-річчю геологічного факультету. Львів, 19-21 жовтня 1995 р. // Львів: Львівський державний університет ім. Івана Франка, 1995.— С. 126-127.

172. Соболевский В. И. Замечательные минералы. Москва: Просвещение, 1983— 191 с.

173. Солодова Ю. П. и др. Определитель ювелирных и поделочных камней: Справочник. Москва: Недра, 1985— 223 с.

174. Сребродольский Б. И. Загадки минералогии. Москва: Наука, 1987— 160 с.

175. Стебновская Ю.М., Гриненко Н.А. Генетические признаки рудных минералов железисто-кремнистых образований зеленокаменных структур Среднего Приднепровья (Украинский щит) / Металлогения докембрия и метаморфогенное рудообразование // Киев: Наукова думка, 1993.— С. 183-190.

176. Стрыгин А.И. Типы метаморфизма железистых пород Криворожского бассейна / Геология и горное дело. Сборник научных трудов Научно-исследовательского горнорудного института (НИГРИ). Серия геологическая // Москва: Госнаучтехиздат, 1959.— №2.— С. 115-131.

177. Стригін О.І. Характер залежності гідротермально-метасоматичного парагенезису мінералів від складу вихідних порід при альбітизації порід криво-

різької серії / Матеріали з мінералогії України // Київ: Вид. АН УРСР, 1960.— Вип. 6.— С. 117-127.

178. Стрыгин А.И. Петрология и рудные формации докембрия Украинского щита // Киев: Наукова думка, 1978.— 259 с.

179. Стрыгин А.И., Казаков Л.Р. Источники рудного вещества в ультра-метаморфических и метасоматических месторождениях глубинных зон метаморфизма / V совещание по проблеме «Метаморфогенное рудообразование низких фаций метаморфизма складчатых областей фанерозоя» (тезисы докладов) // Ужгород, 1986.—Часть II.— С. 128-129.

180. Тохтуев Г.В., Губкина И.Н. Текстуры горных пород и руд Кривого Рога / Геология и горное дело. Сборник научных трудов Научно-исследовательского горнорудного института (НИГРИ). Серия геологическая// Москва: Госнаучтехиздат, 1959.— №2.— С. 34-43.

181. Тохтуев Г.В., Чубарь Г.Г. Изменение вещественного состава железистых кварцитов в различных элементах складчатой структуры / Перспективы развития богатых железных руд Криворожского бассейна на глубину. Материалы совещания. Кривой Рог, 1975 // Киев: Наукова думка, 1975.— С. 79-83.

182. Точилин М.С. Трещинная тектоника и метаморфогенное рудообразование / Проблема метаморфогенного рудообразования. Тезисы докладов Межведомственного научного совещания по метаморфогенному рудообразованию. Киев, май 1969 г. // Киев: Наукова думка, 1969.— С. 51-54.

183. Федорченко В.С. Минеральный состав и текстурно-структурные особенности докембрийских железистых пород низкой ступени метаморфизма (фации зеленых сланцев) / Проблемы образования железистых пород докембрия // Киев: Наукова думка, 1969.— С. 168-177.

184. Ферсман А. Е. Занимательная минералогия. // Львов: Время, 1933—199 с.

185. Ферсман А. Е. Очерки по истории камня. // Москва: Издательство АН СССР, 1954— 371 с.

186. Ферсман А. Е. Путешествие за камнем. // Москва: Изд. АН СССР, 1960.– 392 с.
187. Ферсман А. Е. Очерки по истории камня. // Москва: Издательство АН СССР– Т. II 1961 – 371 с.
188. Ферсман А. Е. Рассказы о самоцветах. // Москва: Наука, 1974– 254 с.
189. Ферсман А. Е. Очерки по минералогии и геохимии. // Москва: Наука, 1977– 192 с.
190. Филатов В. В. Самоцветные глаза земли // Мир камня. №10, 1996 с. 35– 36.
191. Фонарев В.И. Минеральные равновесия железистых формаций докембрия: экспериментальные, термодинамические и петрологические данные // Москва: Наука, 1987.– 296 с.
192. Хефлик В., Баранов П.Н., Натканец-Новак Л., и др. Минералогические особенности кварцевого кошачьего глаза из Криворожских железорудных месторождений // Науковий вісник НГУ.– 2008– №8.– С. 68-72.
193. Чумакова С.П., Тохтуев Г.В., Скуридин С.А. Жильный крокидолит из шахты им. Калинина в Кривом Роге / Теоретические и генетические вопросы минералогии и геохимии // Киев: Изд. АН УССР, 1963.– С. 121-124.
194. Щербак Н.П., Белевцев Я.Н., Фоменко В.Ю. и др. Железисто-кремнистые формации европейской части СССР. Стратиграфия // Киев: Наукова думка, 1988.– 200 с.
195. Шевченко С., Баранов П., Фоцій М. / Самоцвіти України: гемологічне оцінювання і перспективи використання. // Вісник Національної академії наук України.– 2009.– № 5.– С. 36-49.
196. Шнюков Е. Ф. Мир минералов // Киев: Наук. думка, 1986.– 174 с.
197. Шуман В. Мир камня // Москва: Мир, 1986.– 262 с
198. Электронная микроскопия в минералогии / Ред. Г.-Р. Венк и др. // Москва: Мир, 1979.– 544 с.
199. Юшкин Н.П. Теория и методы минералогии // Ленинград: Наука, 1977.– 291 с.

200. Юшкин Н.П. Топоминералогия // Москва: Недра, 1982.– 288 с. 296.
201. Ярошук М.А., Куделя В.К. Сульфидная минерализация в железисто-кремнистых породах Криворожья // Минералогия осадочных образований.– 1976.– № 3.– С. 41-46.
202. Ayres D.E. Genesis of iron-bearing minerals in banded iron formation, mesobands in the Dales Gorge member, Hamersley group, Western Australia // Econ. Geol.– 1972.– 67, №8.– P. 1214-1233.
203. Bruce L. Harding. Faceting Limits. 1975, Gems & Gemology, vol. 15, 3, p.78.
204. Chadwick B., Garrioch N.H.G., Ramakrishnan M., Viswanatha M.N. Mineral composition, textures and deformation in Late Arhean banded iron-formation rich in magnesioriebeckite and aegirine, Bababudan, Karnataka, Southern India // J. Geol. Soc. India.– 1986.– 28, № 2-3.– P. 189-200.
205. Chatterjee A. Mineralogy and stability relations of magnesioriebeckitic amphiboles from metamorphosed iron-formations of Bailadila, Bastar Dt., M.P. // Quart. J. Geol. Mining and Metallurg. Soc. India.– 1969.– 41, № 1.– P. 25-35.
206. Gutzmer et al (2004): New Interpretation of the Origin of Tiger's-Eye: Comment and Reply. Geology 32.1.– P. 44-45.
207. James H.L. Sedimentary facies of iron formation // Econ. Geol.– 1954.– 49, №3.– P. 235-293.
208. Jaroslav Hyrsl, Gerhard Niedermayr Magic World: Inclusions in Quartz / Geheimnisvolle Welt: Einschlüsse im Quarz Bode Verlag GmbH, Haltern, 2003– P.– 81-4.
209. Heaney P.S., Fisher D.M. New interpretation of the origin of tiger'seye // Geology– 2003– P. 323-326.
- 210 Krapivka V. Gemological raw material of Kryvyi Rig basin / Іноземна мова як засіб мобільності майбутніх фахівців у контексті болонської декларації. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції // Кривий Ріг, 2010.– С. 135-136.
211. Klein C. Cumingtonite-grunerite series: a chemical, optical and X-ray study. Amer. Miner.– 1964– P. 963-982.

212. Klein C. Mineralogy and petrology of metamorphosed Wabush iron formation, Southwestern Labrador // J. Petrol.– 1966.– 7, № 2.– P. 246-305.

213. Leshner C.M. Mineralogy and petrology of the Sokoman iron-formation near Ardua lake, Quebec // Can. J. Earth Sci.– 1978.– 15, № 4.– P. 480-500.

214. Sikorska Magdalena Badania katodoluminescencyjne minerałów. Instrukcje i metody badań geologicznych, PIG – 2005– P. 59, 70.

215. Tyler S.A. Development of Lake Superior salt iron ores from metamorphosed iron-formation. Bull. Geol. Soc. Am– P. 60-101.

216. Van Amringe E.V. Crocidolite and Tiger's eye.– «Mineralogist»– 1954. – P 9-22.

217. <http://www.quartzpage.de/eyes.html>

218. <http://www.mindat.org/min-3960.html>

219. <http://www.webmineral.com>

220. <http://www.ima-mineralogy.org>

221. <http://www.gia.edu>

222. <http://www.minrec.org>

223. <http://www.rocksandminerals.org>

ДОДАТКИ

Перелік досліджених проб ока

№	Індекси проб	Родовища	Мінералогічне визначення	Стратиграфічна прив'язка	Маркшейдерська прив'язка	
					кар'єри / шахти	гіпсометричні гори-зонт, м
1	Гнв-1	Ганнівське	сіре соколине око	5f	кар'єр	-45
2	Гнв-2	Ганнівське	сіре соколине око	5f	кар'єр	-45
3	Гнв-3	Ганнівське	сіре соколине око	5f	кар'єр	-60
4	Гнв-4	Ганнівське	блакитне соколине око	5f	кар'єр	-60
5	Гнв-5	Ганнівське	синє соколине око	5f	кар'єр	-90
6	Гнв-6	Ганнівське	синє соколине око	5f	кар'єр	-90
7	Прв-7	Первомайське	блакитне соколине око	7s	кар'єр	-5
8	Прв-8	Первомайське	блакитне соколине око	7s	кар'єр	-20
9	Прв-9	Первомайське	блакитне соколине око	7s	кар'єр	-35
10	Прв-10	Первомайське	блакитне соколине око	7s	кар'єр	-35
11	Прв-11	Первомайське	блакитне соколине око	7s	кар'єр	-35
12	Прв-12	Первомайське	синє соколине око	6f	кар'єр	-50
13	Прв-13	Первомайське	синє соколине око	6f	кар'єр	-50
14	Прв-14	Первомайське	сіре соколине око	5f	кар'єр	-65
15	Лнн-15	шх. ім. В.І.Леніна	блакитне соколине око	7s	шахта	-600
16	Гвр-16	шх. «Гвардійська»	блакитне соколине око	7s	шахта	-720
17	Ювл-17	шх. «Ювілейна»	блакитне соколине око	7s	шахта	-810
18	Юв-18	шх. «Ювілейна»	блакитне соколине око	7s	шахта	-810
19	Фрн-19	шх. ім. М.В.Фрунзе	тигрове око	7s	шахта	-850
20	Фрн-20	шх. ім. М.В.Фрунзе	сіре соколине око	7s	шахта	-850
21	Фрн-21	шх. ім. М.В.Фрунзе	блакитне соколине око	7s	шахта	-850
22	Блш-22	шх. «Більшовик»	блакитне соколине око	7s	шахта	-790
23	Рдн-23	шх. «Родіна»	сіре соколине око	5f	шахта	-880
24	Род-24	шх. «Родіна»	блакитне соколине око	5f	шахта	-880
25	Пвн-25	шх. «Північна»	сіре соколине око	5f	шахта	-810
26	Клн-26	шх. ім. М.І.Калініна	сіре соколине око	5f	шахта	-500
27	Влв-27	Валявкинське	сіре соколине око	4f	кар'єр	-60
28	Влв-28	Валявкинське	сіре соколине око	4f	кар'єр	-75
29	Влв-29	Валявкинське	сіре соколине око	4f	кар'єр	-90
30	Влв-30	Валявкинське	блакитне соколине око	4f	кар'єр	-90
31	Влв-31	Валявкинське	блакитне соколине око	4f	кар'єр	-90
32	Влв-32	Валявкинське	блакитне соколине око	4f	кар'єр	-105
33	Рхм-33	шх. «Рахманівська»	сіре соколине око	5f	шахта	-450
34	Рхм-34	шх. «Рахманівська»	сіре соколине око	5f	шахта	-450
35	Рхм-34	шх. «Рахманівська»	сіре соколине око	5f	шахта	-450
36	Інг-36	Інгулецьке	сіре соколине око	2f	кар'єр	-180
37	Інг-37	Інгулецьке	сіре соколине око	2f	кар'єр	-210

136	ГЛВ-136	Глеюватське	тигрове око	7s	кар'єр	+15
137	ГЛВ-137	Глеюватське	тигрове око	7s	кар'єр	+15
138	ГЛВ-138	Глеюватське	тигрове око	7s	кар'єр	+15
139	ГЛВ-139	Глеюватське	тигрове око	7s	кар'єр	+15
140	ГЛВ-140	Глеюватське	тигрове око	7s	кар'єр	+15
141	ГЛВ-141	Глеюватське	тигрове око	7s	кар'єр	+15
142	ГЛВ-142	Глеюватське	тигрове око	7s	кар'єр	+15
143	ГЛВ-143	Глеюватське	тигрове око (дуже вивіт- рене)	7s	кар'єр	+30
144	ГЛВ-144	Глеюватське	тигрове око (дуже вивіт- рене)	7s	кар'єр	+30
145	ГЛВ-145	Глеюватське	тигрове (дуже вивітрене) око	7s	кар'єр	+30
146	ГЛВ-146	Глеюватське	тигрове око (дуже вивіт- рене)	7s	кар'єр	+30
147	ГЛВ-147	Глеюватське	тигрове око (дуже вивіт- рене)	7s	кар'єр	+30
148	ГЛВ-148	Глеюватське	тигрове око (дуже вивіт- рене)	7s	кар'єр	+45
149	ГЛВ-149	Глеюватське	тигрове око (дуже вивіт- рене)	7s	кар'єр	+45
150	ГЛВ-150	Глеюватське	тигрове око (дуже вивіт- рене)	7s	кар'єр	+45
151	ГЛВ-151	Глеюватське	тигрове око (дуже вивіт- рене)	7s	кар'єр	+45
152	ГЛВ-152	Глеюватське	тигрове око (дуже вивіт- рене)	7s	кар'єр	+45
153	Грв-153	Грікваленд	тигрове око	-	-	-
154	Грв-154	Грікваленд	тигрове око	-	-	-
155	Грв-155	Грікваленд	тигрове око	-	-	-
156	Грв-156	Грікваленд	синє соколине око	-	-	-
157	Грв-157	Грікваленд	синє соколине око	-	-	-
158	Грв-158	Грікваленд	блакитне соколине око	-	-	-

П Р О Т О К О Л
осмотра места отбора пробы "Тигрового глаза"
на карьере № 2 ЦГОК"а.

19.07.1994 года

г. Кривой Рог

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

от ЦГОК"а

главный геолог комбината

Ермаков В.Н.

геолог карьеров № 1-2

Блоха М.А.

от концерна "Укррудпром"

Главный геолог

Кузьменко А.Б.

от Криворожской ГРЭ

Начальник геологической партии

Бутырин В.К.

от арендного предприятия

"Кварцамоцеты"

Ревизионные работы по дого-

вору

Гук А.А.

В результате рассмотрения планируемого места отбора пробы "Тигрового глаза", которая расположена на гор.+70м в м.о. 149-151 карьера № 2, установлено, что зачисткой вскрыта зона проявления "Тигрового глаза" в коренном залегании.

По результатам осмотра места планируемого отбора пробы и обмена мнениями, - р е ш и л и:

1. Криворожской ГРЭ совместно с ЦГОК"ом провести ручную разборку и документацию зоны "Тигрового глаза" до 29.07.1994 года.

2. Указать, что бурение ревизионных скважин в кол-ве 2 шт. выполнить с того же горизонта глубиной до 25м.

3. Точные места заложения скважин определить по результатам разборки.

От арендного предприятия
"Кварцамоцеты"

Гук А.А.

От концерна "Укррудпром"
Гл. геолог

КУЗЬМЕНКО А.Б.

Начальник
геологической пар-
тии Криворожской ГРЭ

0 Бутирин В.К.

От ЦГОК"а
Главный геолог

ЕРМАКОВ В.Н.

П Р О Т О К О Л
технического совещания при главном инженере Криворожского
Центрального горно-обогатительного комбината по выполнению
решения Госреддрагмета от 07.04.94 года за № 197 - 3.

г.Кривой Рог

13 апреля 1994 года.

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

От Государственного комитета Украины по редким, и драгоценным
металлам и драгоценным камням:

Начальник управления

КОМЕЛЬ И.М.

Зам.начальника управления

ЛАЗУРЕНКО В.И.

От арендного предприятия
"Кварцсамоцветы"

Зам.генерального директора
по геологии

ВАСИЛИШИН И.С.

От Криворожской ГРЭ

Главный геолог

РЕШЕТНЯК В.В.

От концерна "Укррудпром"

Главный геолог

КУЗЬМЕНКО А.Б.

От Ц Г О К а

И.о.главного инженера

МЯСОЕДОВ В.М.

Зам.главного инженера
по горным работам

ГАБЕЛЬЧЕНКО Н.И.

Главный геолог

ЕРМАКОВ В.Н.

2.

С Л У Ш А Л И: .

Информацию главного геолога КГРЭ РЕШЕТНЯКА В.В.

В Ы С Т У П И Л И:

КОШЕЛЬ И.М., КУЗЬМЕНКО А.Б., ГАБЕЛЬЧЕНКО Н.И.,
ЕРМАКОВ В.Н..

Р Е Ш И Л И:

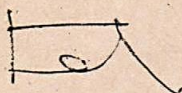
1. Центральному ЦОК"у совместно с Криворожской ГРЭ до 20 апреля 1994 года определить оптимальный объем работ и заключить договор на проведение ревизионных работ на проявлениях "тигрового глаза".

2. Срок проведения работ определить до 1.06.94г..

3. До 15.06.94г. ЦОК"у и Криворожской ГРЭ, АП "Кварцсамоцветы" представить в Госреддрагмет Украины докладную записку по результатам проведенных работ и предложения.

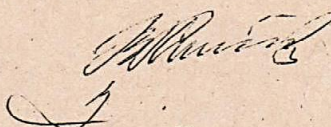
4. К 1.07.94г. Криворожской ГРЭ и ЦОК"у представить в Госреддрагмет коллекцию минералов типа "тигровый глаз"

Начальник управления
Госреддрагмет Украины ,



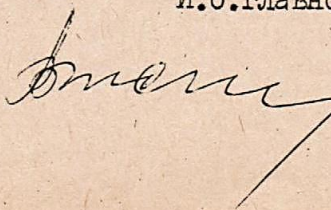
КОШЕЛЬ И.М.

Главный геолог
Криворожской ГРЭ



РЕШЕТНЯК В.В.

И.о.главного инженера ЦОК"а



МЯСОЕДОВ В.М.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по геологическому строению месторождения участка № 6.

Месторождение железистых кварцитов участка № 6 (карьер № 2 ЦГОКа) расположено в Саксаганском районе Криворожского железорудного бассейна. Этот район представляет собой полную складку, антиклинальный перегиб которой, получил название Саксаганской антиклинали, а синклинальный - собственно Саксаганской синклинали.

Месторождение участка № 6 приурочено к восточному крылу Саксаганской синклинали.

Простираание пород северо-восточное 30 градусов. Падение западное - 55-65 градусов.

Породы, слагающие месторождение участка № 6 представлены метаморфическими образованиями нижнего протерозоя и перекрыты кайнозойскими отложениями мощностью до 40 метров.

Полезными ископаемыми месторождения являются мармитовые и магнетитовые кварциты VI и VII железистых горизонтов.

Разведка месторождения производилась в 2 этапа 1950-1955гг. и 1968-1973гг.

В 1955г. по результатам геологоразведочных работ периода 1950-1955гг. был составлен и утвержден в ГКЗ СССР геологический отчет (Протокол ГКЗ № 506 от 19.05.55г.)

На базе утвержденных запасов ГКЗ с 1968г. открыт карьер № 2 ЦГОКа по добыче окисленных руд.

Разведка периода 1968-1972гг. выполнена с целью переоценки балансовых запасов месторождения и обеспеченностью ЦГОКа реальной сырьевой базой (протокол ЦКЗ № 24 от 25.04.74г.).

Пятый железистый горизонт сложен в основном железно-слюдково-мармитовыми, мармитовыми, гетито-гематито-мармитовыми и мармито-магнетитовыми кварцитами. До настоящего времени ЦГОКом не отработывался.

Добыча полезного ископаемого ведется из VI железистого горизонта, который представлен мармитовыми, гетито-гематито-мармитовыми и магнетитовыми кварцитами.

В всячем боку VI железистого горизонта залегает мощная толща VII сланцевого, который представлен карбонатно-магнетито-силикатными кварцитами и сланцами с кристаллами магнетита, а в зоне окисления - гетито-гематитовыми кварцитами, обожженными, выщелоченными.

В ходе эксплуатационных работ во вскрышных породах на западном борту карьера № 2 на контакте VI железистого и VII сланцевого горизонтов геологической службой комбината были выявлены проявления "тигрового глаза" т.е. псевдо-морфоза железистого минерала гетита по анфибол - асбесту.

Амфибол - асбест развивается в замках и крыльях продольных складок волочения. Узлы продольных впадок представляют собой образования размерами 2-5 метров по мощности вкост простирания и до 40 метров по падению и простиранию. Складчатые узлы расположены в пространстве кр не не равномерно. В замках и крыльях складок волочения не везде наблюдаются замещения амфибол-асбеста гематитом.

На выше указанных стадиях геологоразведочных работ масштабы проявления " тигрового глаза " не изучались.

Для геологоэкономической оценки проявления " тигрового глаза " необходимо проведение поисково-оценочных работ, по результатам которых необходимо выполнить ТЭС целесообразности проведения дальнейших работ.

На стадии поисково - оценочных работ необходимо изучить:

1. Характер распределения в пространстве поперечных складок волочения и их размеры.
2. Изучить объемы проявления амфибол-асбеста в замках и крыльях складок.
3. Изучить степень замещения гематитом - амфибол - асбеста.
4. Оценить качество "тигрового глаза " и его запасы.

Поисково оценочные работы необходимо проводить колонковым бурением с западного борта карьера № 2. Объем бурения - 10000 п.м. оценочная стоимость работ - 10-15 млн. руб. (в ценах марта 1994г.) в настоящее время такие работы не планируются.

Складирование пустых пород в отработанное пространство карьера № 2 не повлияет на проведение поисково-оценочных работ.

Приложение: 1. Совмещенный план карьера № 2.

2. Геологические разрезы. - 3 шт.

Главный геолог
Криворожской ГРЭ

Доктор геолого-минералогических наук

В.В. Решетняк

Согласовано:

Профессор, доктор геолого-минералогических наук (Криворожский горно-рудный институт)

Б.И. Пирогов

Перелік проб ока,
для яких виконувались спеціальні мінералогічні дослідження

Різновиди ока	Індекси проб	Стадія окварцування ока
сіре соколине око	Глв-102	вихідний кумінгтонітовий азбест (без проявів окварцування)
	Глв-86	оптимально окварцоване сіре соколине око
	Глв-69	надмірно окварцоване сіре соколине око
блакитне соколине око	Глв-104	вихідний магнезіюрибекітовий азбест (без проявів окварцування)
	Глв-81	оптимально окварцоване блакитне соколине око
	Глв-68	надмірно окварцоване блакитне соколине око
синє соколине око	Глв-101	вихідний рибекітовий азбест (без проявів окварцування)
	Глв-78	оптимально окварцоване синє соколине око
	Глв-61	надмірно окварцоване синє соколине око
тигрове око	Глв-103	сіре соколине око
	Глв-135	оптимально гетитезоване сіре соколине око (високоякісне тигрове)
	Глв-152	надмірно гетитезоване сіре соколине око (тигрове око низької якості)

Хімічний склад (мас.%) сірого соколиного ока

Хімічні компоненти	Хімічний склад (мас. %)		
	Сіре соколине		
	1	2	3
SiO ₂	51,89	70,71	90,81
TiO ₂	0,014	0,006	0,003
Al ₂ O ₃	0,84	0,54	0,11
Fe ₂ O ₃	0,71	0,52	0,15
FeO	30,56	19,31	5,25
MnO	0,074	0,021	0,013
MgO	12,32	7,27	1,92
CaO	0,46	0,23	0,08
Na ₂ O	0,21	0,12	0,02
K ₂ O	0,09	0,05	0,02
P ₂ O ₅	0,061	0,021	0,008

1 – кумінгтонітовий азбест; 2 – окварцований різновид кумінгтонітового азбесту (високоякісне око); 3 – надмірно окварцований кумінгтонітовий азбест.

Хімічний склад (мас.%) блакитного соколиного ока

Хімічні компоненти	Хімічний склад (мас. %) різновидів ока		
	Блакитне соколине		
	1	2	3
SiO ₂	51,63	71,08	89,31
TiO ₂	0,021	0,012	0,004
Al ₂ O ₃	0,91	0,42	0,13
Fe ₂ O ₃	6,37	3,56	1,14
FeO	25,89	15,51	5,07
MnO	0,087	0,043	0,022
MgO	10,27	6,97	2,24
CaO	0,49	0,28	0,09
Na ₂ O	1,31	0,49	0,18
K ₂ O	0,08	0,05	0,02
P ₂ O ₅	0,091	0,042	0,009

1 – магнезіюрибекітовий азбест; 2 – окварцований магнезіюрибекітовий азбест (високоякісне око); 3 – надмірно окварцований магнезіюрибекітовий азбест.

Оптичні показники амфіболів
сіре соколине око

№	Ng	Np	Ng-Np
1	1,675	1,647	0,028
2	1,680	1,650	0,030
3	1,673	1,644	0,029
4	1,683	1,652	0,031
5	1,678	1,653	0,026
6	1,684	1,653	0,031
7	1,684	1,645	0,027

світлоблакитне соколине око

№	Ng	Np	Ng-Np
1	1,675	1,650	0,025
2	1,685	1,663	0,022
3	1,680	1,656	0,024
4	1,682	1,664	0,018
5	1,684	1,660	0,020
6	1,679	1,658	0,021

блакитне соколине око

№	Ng	Np	Ng-Np
1	1,688	1,669	0,019
2	1,692	1,680	0,012
3	1,695	1,685	0,010
4	1,690	1,675	0,015
5	1,694	1,683	0,011

Хімічний склад (мас.%) синього соколиного ока

Хімічні компоненти	Хімічний склад (мас. %) різновидів ока		
	Синє соколине		
	1	2	3
SiO ₂	50,07	70,02	86,49
TiO ₂	0,093	0,47	0,23
Al ₂ O ₃	0,47	0,26	0,14
Fe ₂ O ₃	20,67	14,13	6,39
FeO	17,67	9,32	4,47
MnO	0,064	0,038	0,019
MgO	2,78	1,21	0,45
CaO	0,27	0,14	0,06
Na ₂ O	5,61	2,91	0,95
K ₂ O	0,07	0,04	0,01
P ₂ O ₅	0,096	0,048	0,016

1 – рибекітовий азбест (крокідоліт); 2 – окварцований рибекітовий азбест (високоякісне око); 3 – надмірно окварцований рибекітовий азбест.

Хімічний склад (мас.%) тигрового ока

Хімічні компоненти	Хімічний склад (мас. %) різновидів ока		
	Тигрове		
	1	2	3
SiO ₂	70,71	74,76	77,51
TiO ₂	0,006	0,003	0,001
Al ₂ O ₃	0,54	0,31	0,18
Fe ₂ O ₃	0,52	10,37	20,03
FeO	19,31	8,89	0,52
MnO	0,021	0,014	0,004
MgO	7,27	3,43	0,69
CaO	0,23	0,11	0,01
Na ₂ O	0,12	0,07	0,01
K ₂ O	0,05	0,02	0,01
P ₂ O ₅	0,021	0,015	0,011

1 – сіре соколине око; 2 – оптимально гетитезоване сіре соколине око (високоякісне тигрове око); 3 – надмірно гетитезоване сіре соколине око (тигрове око низької якості)

Перелік проб, відібраних для порівняння декоративних властивостей ока родовища Грікваленд та Криворізького басейну

№	Індекс проб	Родовище	Мінералогічне визначення
1	Глв-62	Глеюватське	блакитне соколине око
2	Глв-64	Глеюватське	сіре соколине око
3	Глв-65	Глеюватське	синє соколине око
4	Глв-105	Глеюватське	тигрове око
5	Глв-122	Глеюватське	тигрове око
6	Глв-118	Глеюватське	тигрове око
7	Грв-153	Грікваленд	тигрове око
8	Грв-154	Грікваленд	тигрове око
9	Грв-155	Грікваленд	тигрове око
10	Грв-156	Грікваленд	синє соколине око
11	Грв-157	Грікваленд	синє соколине око
12	Грв-158	Грікваленд	блакитне соколине око

