

Національна академія наук України  
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П.Семененка

**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

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата геологічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі геології і прикладної мінералогії Криворізького національного університету Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник:** доктор геолого-мінералогічних наук професор  
**Євтехов Валерій Дмитрович**,  
Криворізький національний університет Міністерства  
освіти і науки України, м. Кривий Ріг,  
завідувач кафедри геології і прикладної мінералогії

**Офіційні опоненти:** доктор геологічних наук, старший науковий співробітник  
**Возняк Дмитро Костянтинович**,  
Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім.  
М.П.Семененка НАН України, м. Київ,  
завідувач відділу регіональної та генетичної мінералогії

доктор геологічних наук, професор  
**Рузіна Марина Вікторівна**,  
Національний гірничий університет Міністерства освіти  
і науки України, м. Дніпро,  
професор кафедри геології та розвідки родовищ  
корисних копалин

Захист відбудеться «18» жовтня 2016 року о 10<sup>00</sup> на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.203.01 при Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П.Семененка НАН України за адресою: 03680, м. Київ-142, пр. акад. Палладіна, 34. Тел./факс: +38 (044) 424-12-70. Електронна пошта: [office.igmr@gmail.com](mailto:office.igmr@gmail.com), [d26.203.01@gmail.com](mailto:d26.203.01@gmail.com)

З дисертацією можна ознайомитись у науковій бібліотеці Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України за адресою: 03680, м. Київ-142, пр. акад. Палладіна, 34.

Автореферат розісланий «15» вересня 2016 року

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради Д 26.203.01  
кандидат геологічних наук



І.А. Швайка

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Родовища Криворізького басейну протягом 135 років розробляються як залізорудні. Незначною мірою проводиться видобуток декількох супутніх корисних копалин: скельних розкритих 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 каменесамодіюча 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 самодіючих 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, текстурною 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; 6) *рентгенофазовий* – для уточнення діагностики мінералів ока; 7) *магнітометричний* – для підтвердження ефекту утворення мікро- та нанокристалів магнетиту в процесі епігенетичних перетворень первинного амфіболового азбесту; 8) *рентгенофлуоресцентний* – з метою встановлення закономірностей зміни хімічного складу ока при його утворенні та епігенетичних перетвореннях; 9) *силікатний хімічний* – з метою деталізації відомостей про варіативність складу ока головних мінеральних різновидів; 10) *гемологічний* – для оцінки колористичних різновидів ока як каменесамоцвітної 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 мікрофотозйомки, 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 [1, 2, 10, 11, 12, 13,] за участю автора були виконані топомінералогічні та гемологічні дослідження; узагальнені одержані результати. У роботах [3, 14, 16] автору належать формулювання ідеї; збір вихідних даних і їх опрацювання; виконання графічних робіт; написання статті та тез доповідей. У роботах [4, 6, 15, 20] автор брала участь у формулюванні мети і задач досліджень; підготовці вихідного матеріалу; вивченні мінералогічного складу ока Криворізького басейну. У роботах [5, 18, 21, 24] 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 [7] автору належить формулювання ідеї, мети і задач досліджень; збір вихідного матеріалу; аналіз результатів хімічних досліджень; узагальнення одержаних даних; написання статті. У роботах [17, 19] за участю автора був виконаний літературний огляд; аналіз попередніх досліджень; узагальнені одержані результати. У роботі [23] автору належить опрацювання результатів мінералогічних досліджень; участь у написанні тез доповідей. У роботі [26] автор виконувала збір вихідного матеріалу; графічні роботи; брала участь у формулюванні висновків та написанні тез доповідей. У роботах [27, 28, 29, 30] 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 рр.); на Міжнародних науково-технічних конференціях «Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості» (Кривий Ріг, 2011, 2012 рр.); на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Молодий науковець XXI століття» (м. Кривий Ріг, 2012 р.); на IX, X Всеукраїнських науково-практичних конференціях «Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців» (м. Кривий Ріг 2012, 2013 рр.); на II Міжнародній науково-технічній конференції «Геомеханічні аспекти та екологічні наслідки відпрацювання рудних покладів» (м. Кривий Ріг, 2012 р.); на I Міжнародному науково-практичному форуму «Індустріальний туризм: реалії та перспективи (м. Кривий Ріг, 2013 р.); на Міжнародній науковій конференції «Роль вищих навчальних закладів у розвитку геології» (70 років геологічному факультету, м. Київ, 2014 р.) на Міжнародних науково-технічних конференціях «Сталий розвиток промисловості та суспільства» Геологія та економіка мінеральної сировини. (Кривий Ріг, 2013, 2015, 2016 рр.).

**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.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність обраної теми, сформульована мета та завдання досліджень, визначені об'єкт, предмет і методи роботи, охарактеризовані наукова новизна і практичне значення її результатів, зазначений особистий внесок автора, наведені дані про публікації, апробацію та структуру роботи.

В **першому розділі** «ГЕОЛОГІЧНИЙ НАРИС» наведені дані про геологічну будову Криворізької структури, приуроченої до межі двох різновікових мегаблоків Українського щита (УЩ) – Кіровоградського, складеного палеопротерозойськими гранітоїдами та метаморфітами, і Придніпровського, в складі якого переважають плагіогранітоїди, метакластоліти палео- та мезоархею. Криворізький басейн за особливостями геологічної будови, умовами утворення, локалізації продуктивної товщі поділяється на чотири залізорудні райони: Північний, Саксаганський, Південний, Інгулецький. В будові Криворізької структури беруть участь утворення трьох еонів – архею, протерозою та фанерозою. Мезо- та неоархейські метаморфізовані вулканогенно-кластогенні породи (гранітоїди дніпропетровського

комплексу, амфіболіти та метакластоліти конської серії) складають кристалічний фундамент структури. Протерозой представлений палеопротерозойською криворізькою серією та мезопротерозойською глеюватською світою. *Криворізька серія* поділяється на чотири світи (знизу догори): *новокриворізьку*, яка з кутовим неузгодженням залягає на конській серії, складена метакластолітами (мономінеральними та силікатними кварцитами, кварц-двослюдяними сланцями) та metabазитами (роговообманко-плагіоклазовими амфіболітами); *скелюватську*, що згідно залягає на новокриворізькій, складена метакластолітами (мусковітовими кварцитами, метаконгломератами, кварц-мусковітовими сланцями) та метасульфидитами (талк-вмісними сланцями); *саксаганську* – продуктивну залізорудну товщу басейну, яка згідно залягає на скелюватській світі; її повний розріз включає сім залізистих і сім сланцевих горизонтів, що чергуються; *гданцівську*, яка зі стратиграфічним неузгодженням залягає на саксаганській, складена метакластолітами (сланцями та мономінеральними, силікатними кварцитами), доломітовими мармуром, в базальній частині – перевідкладеними залізними рудами. *Глеюватська світа*, представлена різного складу сланцями і силікатними кварцитами, з кутовим неузгодженням залягає на криворізькій серії, формує центральну частину Криворізької структури. Утворення кайнозойської ератеми (глини, вапняки, мергелі, піски) складають осадовий чохол Криворізької структури, який субгоризонтально перекриває масив порід кристалічного фундаменту. В тектонічному відношенні Криворізька структура являє складно побудований синклінорій, фрагментований на декілька тектонічних блоків субмеридіональними, субширотними, діагональними розломами мантіїного та корового закладення.

В розділі наведена характеристика головних геологічних процесів (магматизм, метаморфізм, метасоматизм, гідротермальні явища, гіпергенез), які відбувались на різних стадіях формування Криворізької структури і які спричинили низку процесів сингенетичного та епігенетичного мінералоутворення, в тому числі формування проявів соколиного, тигрового ока. Наведений опис корисних копалин Кривбасу – головних, до яких відносяться декілька різновидів залізних руд, та понад 50 видів металевих (скандій, ванадій, германій, золото, цирконій, ітрій, лантанодид, берилій, літій, платина і платинодид, вольфрам, молібден, мідь, титан, нікель) і неметалевих (талк, 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) корисних копалин, частина яких видобувається супутньо.

В другому розділі «ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ» наведені дані про забезпечення фактичним матеріалом трьох головних напрямів роботи.

1. Топомінералогічні дослідження, які виконувались у дві стадії. На першій були проведені 14 мінералогічних маршрутів загальною довжиною близько 150 км з детальним вивченням природних і техногенних відслонень по всьому простягання залізорудної товщі від північного (Ганнівське родовище) до південного (Інгулецьке родовище) флангу Криворізької структури. За результатами цих робіт, було

встановлено, що прояви ока (загальною кількістю 91) присутні в розрізах залізисто-кремнистої формації практично всіх родовищ басейну. Але найбільш поширені вони в межах Глеюватського родовища та родовища шахти ім. М.В.Фрунзе, розташованих у центральній частині Саксаганського залізрудного району. Роботи другої стадії проводились у межах визнаного за результатами робіт першого етапу пріоритетним Глеюватського родовища, яке розроблялось кар'єром №2 Центрального гірничозбагачувального комбінату (ЦГЗКу). Виконувались пошуково-знімальні роботи, а для виявлених проявів ока проводилась стратиграфічна та маркшейдерська прив'язка, зарисовка, фотографування (близько 500 знімків), макроскопічні, мінералогічні описи та відбір проб (158 зразків).

2. Мінералого-генетичні дослідження. З матеріалу всіх відібраних проб ока були виготовлені 145 прозорих та 117 полірованих шліфів. За допомогою бінокулярних, петрографічних, мінераграфічних мікроскопів з використанням стандартних методик проводилась ідентифікація мінералів ока та вмісних залізистих порід, досліджувались особливості їх структури й текстури. Були зроблені близько 550 мікрофотознімків. Для уточнення ідентифікації мінеральних видів використовувався рентгенофазовий метод (РФА). Утворення епігенетичного магнетиту при окварцуванні первинних амфіболових азбестів було підтверджено результатами магнітометричного аналізу. Хімічний аналіз ока виконувався методом рентгенфлуоресцентного аналізу (РФЛА) та повного силікатного хімічного аналізу.

3. Гемологічні дослідження проводились за трьома основними напрямками. Роботи першого полягали 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. Дослідження другого напрямку полягали в аналізі одержаних топомінералогічних, генетичних, гемологічних даних та розробці гемологічної класифікації ока на прикладі найбільш поширеного в Кривбасі його різновиду – сірого соколиного ока. До третього напрямку відносилась розробка мінералогічних рекомендацій, спрямованих на підвищення ефективності використання колористичних різновидів самоцвіту, покращення його обробки при виготовленні художніх виробів, а також проведення практичних робіт у відповідності з розробленими рекомендаціями.

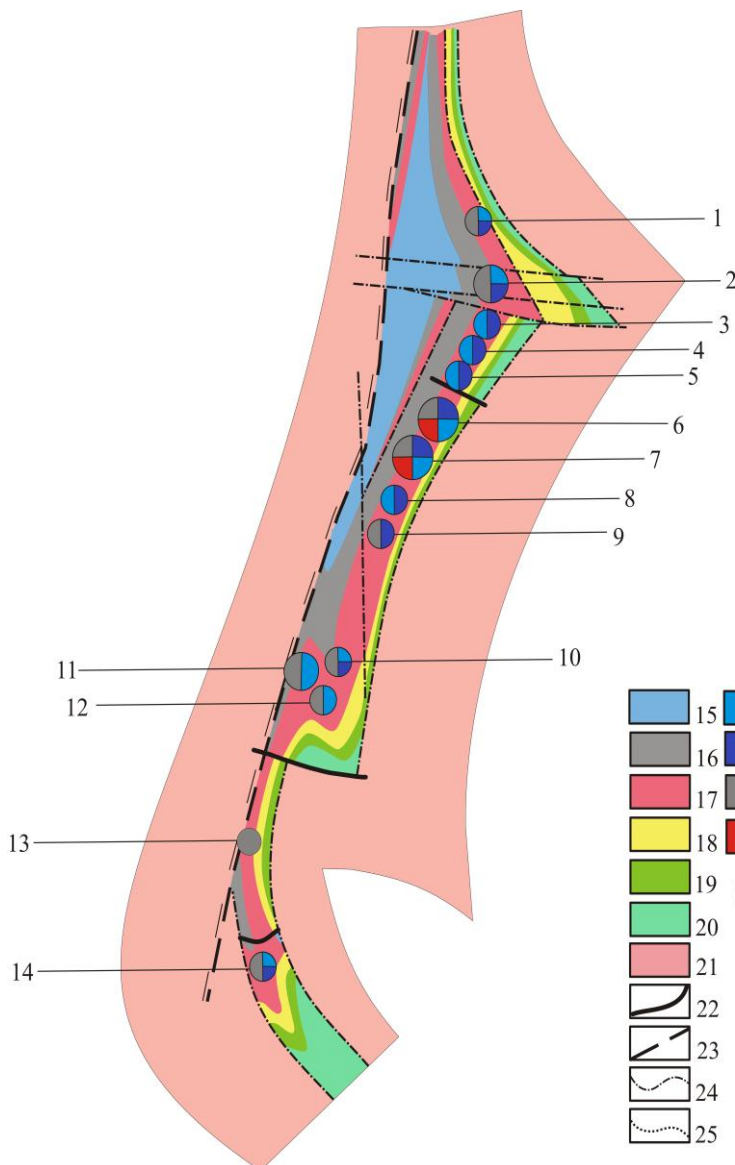
В третьому розділі «ТОПОМІНЕРАЛОГІЯ ОКА» проаналізована історія мінералогічного дослідження проявів соколиного та тигрового ока Криворізького басейну. Першу знахідку тигрового ока в 1956 р. зробив В.Ф.Петрунь при описі зразків керну розвідувальних свердловин родовища шахти ім. М.В.Фрунзе, якими були перебудурені магнетит-силікатні кварцити сьомого сланцевого горизонту із зони контакту з шостим залізистим горизонтом. В 1975 р. співробітниками геологічної служби ЦГЗКу жили тигрового ока були виявлені в товщі малорудних залізистих кварцитів східного борту кар'єру №1, яким розробляється Глеюватське родовище бідних залізних руд. На початку 90-х років у зв'язку з розкривними роботами в кар'єрі № 2 ЦГЗКу, в якому видобувались гематитові кварцити Глеюватського родовища, були виявлені численні прояви ока різного забарвлення – золотисто-коричневого, а з часом також сірого, блакитного, синього. За висновком фахівців



підприємства «Союзкварцсамоцвіти» прояви ока Глеюватського родовища були визнані перспективними та такими, що мають високу гемологічну цінність.

Соколине й тигрове видобувається у небагатьох регіонах світу (Західній Австралії, США (штат Каліфорнія), Чехії, Шрі-Ланці, Мексиці, Китаї, Росії) у досить невеликих об'ємах. Найбільшим поширенням і помітними масштабами видобутку самоцвіту відзначаються Україна (Криворізький басейн), Південно-Африканська республіка (прояви поблизу міста Грик'юатаун (Griquatown) в долині р. Оранжева та Південно-Східна Індія (родовища залізорудного басейну Сінгхбум).

Власні дослідження автора дисертації показали, що прояви та точки мінералізації ока присутні у розрізах продуктивних і вмісних залізорудних товщ практично всіх родовищ Криворізького басейну (рис.1).



**Рис. 1.** Схематична карта поширення тигрового й соколиного ока в межах Криворізької структури.

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

Середній протерозой: 15 — глеюватська світа; нижній протерозой: 16-19 — криворізька серія: 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 мантійного закладення, 24 — розломи мантійно-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.

Але оптимальні геологічні та термодинамічні умови для формування проявів ока створились лише в Центральній частині Саксаганського залізорудного району, де розташовані родовища Глеюватське та шахти ім. М.В.Фрунзе, для всіх інших родовищ басейну були виявлені лише окремі точки мінералізації. В якості універсальних закономірностей всіх родовищ були визначені: 1) приуроченість проявів ока до зон диз'юнктивних порушень; 2) локалізація проявів ока, переважно, у верствах так званих «малорудних» магнетит-силікатних кварцитів.

За результатами топомінералогічних досліджень, виконаних для Глеюватського родовища, локалізацію проявів ока контролювали два головних чинника – стратиграфічний і тектонічний. Найбільшим поширенням вони користуються в товщі магнетит-силікатних кварцитів сьомого сланцевого горизонту поблизу від контакту з шостим залізистим горизонтом. В розрізі останнього трапляються лише поодинокі малопотужні прожилки ока. Вплив тектонічного фактору проявлений розташуванням ділянок з підвищеною кількістю жил до лаштункоподібно розташованих дрібних розривних порушень системи Саксаганського розлому, який розділяє антиклінальну і синклінальну частини Саксаганської залізорудної смуги.

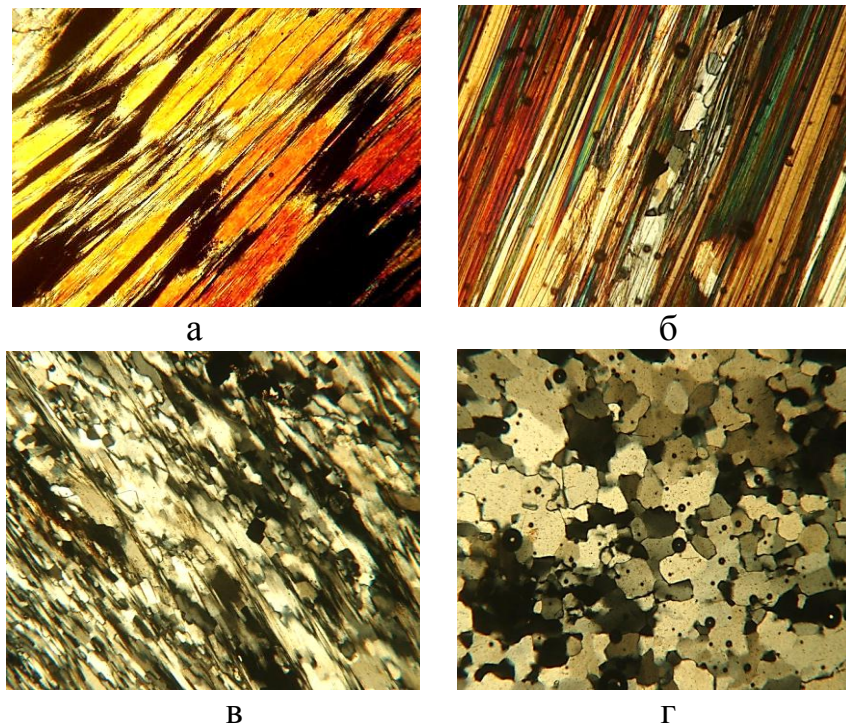
Жили ока Глеюватського родовища відрізняються різноманітністю розміру, форми та внутрішньої будови. Виявлені прості, паралельні, сідловидні, брекчійово-цементацийні, східчасті, плейчасті жили.

В **четвертому** розділі «ГЕНЕТИЧНА МІНЕРАЛОГІЯ ОКА» детально охарактеризовані головні мінералого-генетичні різновиди самоцвіту. Первинним матеріалом при утворенні найбільш поширеного в Кривбасі *сірого соколиного ока* були метаморфогенні альпійські жили кумінгтонітового азбесту в так званих «малорудних» магнетит-кумінгтонітових кварцитах. На регресивній стадії динамотермального метаморфізму паралельно-волокнисті агрегати кумінгтоніту зазнавали часткового окварцування зі збереженням фрагментів волокнистих виділень кумінгтоніту (рис.2).

*Блакитне соколине око* представлене трьома генераціями – утворювалось в результаті прояву трьох різних геологічних процесів: 1) формування альпійських жил магнезіорибекітового азбесту у верствах магнетит-магнезіорибекітових кварцитів, тобто аналогічно з утворенням жил *сірого соколиного ока*; 2) псевдоморфізація кумінгтонітового азбесту магнезіорибекітом на прогресивній стадії постметаморфічного натрієвого метасоматозу залізистих порід; окварцування новоутвореного магнезіорибекітового азбесту відбувалось на регресивній стадії метасоматозу під впливом «відпрацьованих» кремнезем-вмісних вуглекисло-натрієвих гідротермальних розчинів. 3) рибекітизація раніше утвореного *сірого соколиного ока* в зв'язку з натрієвим метасоматозом залізистих порід. Блакитне соколине око першої генерації відрізняється однорідністю, а другої та третьої – плямистістю забарвлення.

Досить рідкісне *синє соколине око* формувалось внаслідок окварцування крокідоліту, який утворював нечисленні прожилки в продуктах натрієвого метасоматозу – залізнослюдко-рибекіт-магнетитових, рибекіт-магнетитових

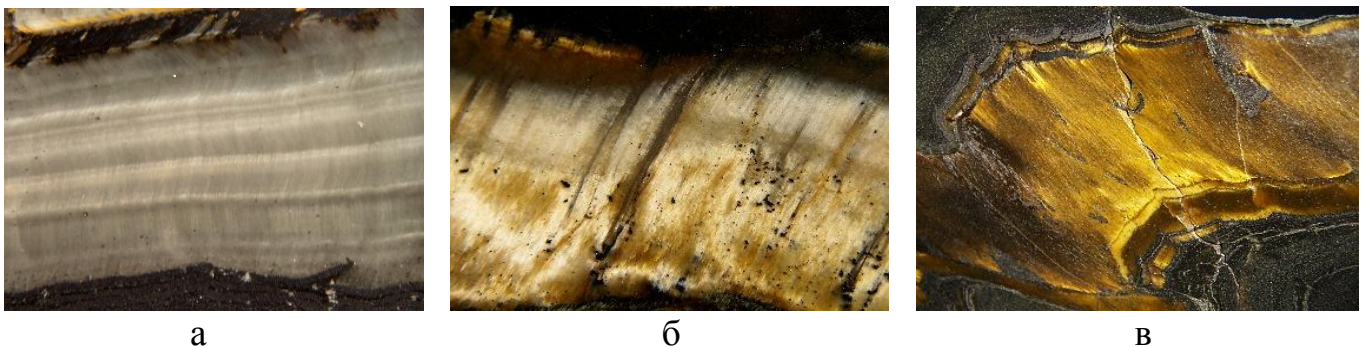
кварцитах залізистих горизонтів. За стадійністю утворення подібний до сірого та блакитного (перша генерація) соколиного ока.



**Рис. 2.** Стадійність формування сірого соколиного ока шляхом окварцювання кумінгтонітового азбесту.

а – вихідний кумінгтонітовий азбест; б – початкова стадія його окварцювання; в – інтенсивно окварцований кумінгтонітовий азбест (сіре соколине око); г – гранобластові агрегати кварцу з ділянки повного окварцювання кумінгтонітового азбесту. Прохідне світло; без аналізатора; збільшення  $160\times$ .

Тигрове око є продуктом вивітрювання сірого, блакитного та синього соколиного ока. В процесі гіпергенних змін кумінгтоніт, магнезіорибекіт, рибекіт соколиного ока заміщувались агрегатом дисперсного гетиту та кварцу або халцедону, опалу з домішкою монтморилоніту. При цьому зберігалась паралельно-волокнувата будова первинних агрегатів ока (рис.3).



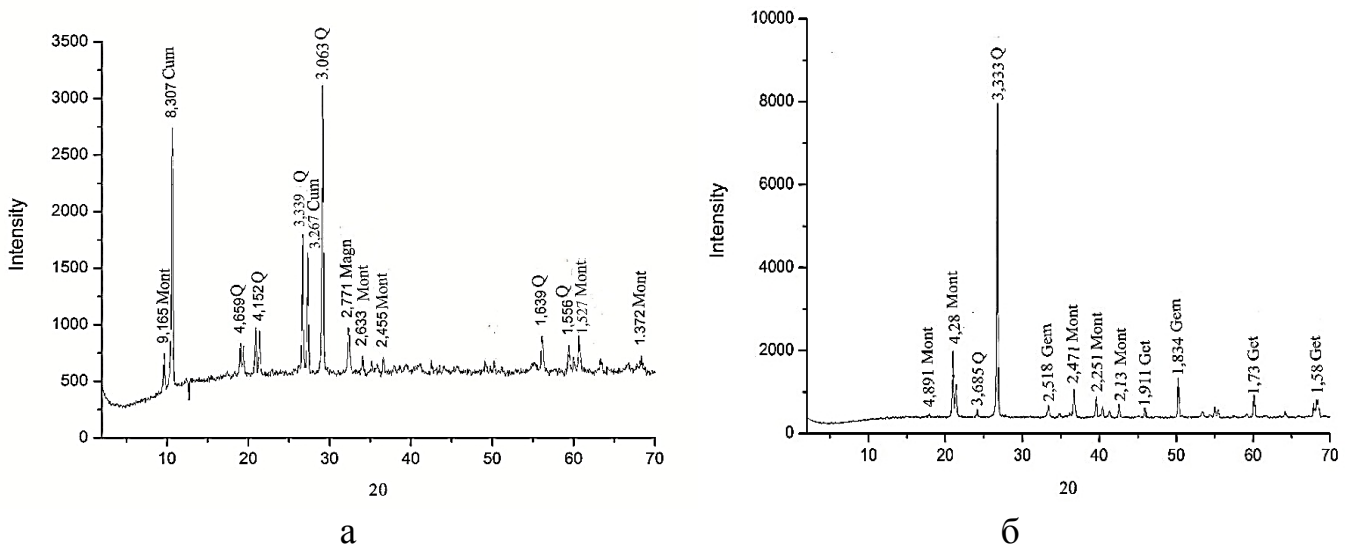
**Рис. 3.** Послідовні стадії заміщення тигровим оком первинного сірого соколиного ока: а – первинне сіре соколине око; б – проміжна стадія його вивітрювання; в – тигрове око.

Збільшення  $4\times$ .



Зрідка за умови недостатньої кількості вологи вивітрювання соколиного, котячого ока супроводжувалось утворенням дисперсного гематиту замість дисперсного гетиту. В такому разі формувався самоцвіт вишневого, бурувато-червоного кольору – волове око.

Послідовність і мінералогічна спрямованість утворення тигрового ока за рахунок первинного сірого соколиного ока були підтверджені методом рентгенофазового аналізу (рис.4).



**Рис. 4.** Дифрактограми сірого соколиного (а) та тигрового (б) ока. Mont – монтморилоніт, Q – кварц, Get – гетит, Magn – магнетит.

Узагальнення результатів мінералогічних досліджень ока дозволили виділити головні фактори, які визначили особливості його утворення; локалізації, морфології жил ока; структури та мінерального складу його агрегатів.

*Стратиграфічний фактор* обумовив нерівномірність поширення жил ока в розрізі залізисто-кремнистої формації: вони відсутні в сланцевих горизонтах нижньої частини розрізу саксаганської світи (від першого до шостого сланцевих горизонтів), дуже рідко трапляються в розрізах залізистих горизонтів, максимально поширені в складеному магнетит-силікатними кварцитами сьомому сланцевому горизонті.

*Метаморфічний фактор* спричинив локалізацію проявів ока в межах родовищ Кривбасу, залізисті породи яких зазнали динамотермального метаморфізму в умовах епідот-амфіболітової фації та їх відсутність в товщах залізистих порід, метаморфізованих в умовах зеленосланцевої фації.

*Тектонічний фактор* відігравав вирішальну роль в утворенні первинних жил кумінгтонітового, магнезіорибекітового азбесту. Вони виповнювали згідні, субзгідні тріщини, до яких за механізмом альпійського мінералоутворювального процесу надходили метаморфогенні розчини.

Дія *метасоматичного фактору* проявлена неодноразово: 1) окварцуванням метаморфогенного кумінгтонітового або магнезіорибекітового азбесту на регресивній стадії динамотермального метаморфізму (утворення сірого соколиного

ока); 2) рибекітизацією метаморфогенного сірого соколиного ока під впливом натрій-вмісних метасоматизуючих розчинів з утворенням плямистого блакитного соколиного ока другої генерації; 3) формуванням жил крокідоліту та їх наступним окварцюванням у зв'язку з натрієвим метасоматозом високозалізистих магнетитових кварцитів п'ятого та шостого залізистих горизонтів (синє соколине око).

*Гіпергенний фактор* обумовив перетворення всіх кольорових і мінеральних різновидів ока гіпогенного походження (сірого кумінгтонітового, блакитного магнезіорибекітового та синього рибекітового) на золотисто-жовте, золотисто-коричнєве тигрове око. Форма волокнистих виділень амфіболів при цьому зберігалась.

Впливом *мінералогічного фактору* обумовлена присутність первинних жил амфіболових азбестів у верствах речовинно споріднених магнетит-кумінгтонітових і магнетит-магнезіорибекітових кварцитів.

Утворення та епігенетичні перетворення ока викликали суттєві зміни його хімічного складу. За даними рентгенофлюоресцентного та силікатного аналізу, були виділені основні тренди варіативності вмісту хімічних компонентів у складі різновидів ока. 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 виявлене суттєве зменшення вмісту оксидів катіонної групи (в порядку відповідно до інтенсивності виносу):  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  (табл.1).

Гіпергенне перетворення соколиного ока на тигрове супроводжувалось винесенням оксидів активних катіонів (натрію, калію, кальцію, магнію), перетворенням закисного заліза на окисне та незначне зростанням вмісту кремнезему (табл.2).

**Таблиця 1.**

*Зміна вмісту хімічних компонентів у складі соколиного ока головних мінеральних різновидів у зв'язку зі стадійним (1→3) окварцюванням первинного амфіболового азбесту*

Хімічні компоненти	Сіре соколине око			Блакитне соколине око			Синє соколине око		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$\text{SiO}_2$	51.89	70.71	90.81	51.63	71.08	89.31	50.07	70.02	86.49
$\text{TiO}_2$	0.014	0.006	0.003	0.021	0.012	0.004	0.093	0.47	0.23
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.84	0.54	0.11	0.91	0.42	0.013	0.47	0.26	0.14
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.71	0.52	0.15	6.37	3.56	1.14	20.67	14.13	6.39
$\text{FeO}$	30.56	19.31	6.25	25.89	15.51	5.07	17.67	9.32	4.47
$\text{MnO}$	0.074	0.021	0.013	0.087	0.043	0.022	0.064	0.038	0.019
$\text{MgO}$	12.32	7.27	1.92	10.27	6.97	2.24	2.78	1.21	0.45
$\text{CaO}$	0.46	0.23	0.08	0.49	0.28	0.09	0.27	0.14	0.06
$\text{Na}_2\text{O}$	0.21	0.12	0.02	1.31	0.49	0.18	5.61	2.91	0.95
$\text{K}_2\text{O}$	0.09	0.05	0.02	0.08	0.05	0.02	0.07	0.04	0.01
$\text{P}_2\text{O}_5$	0.061	0.021	0.008	0.042	0.042	0.009	0.096	0.048	0.016

*1 – первинний амфіболовий азбест; 2 – оптимально окварцований азбест (високоякісне око); 3 – надмірно окварцований азбест (низькоякісне око).*

Хімічні компоненти	Тигрове око		
	1	2	3
SiO <sub>2</sub>	70.71	74.76	77.51
TiO <sub>2</sub>	0.006	0.003	0.001
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.54	0.31	0.18
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.52	10.37	20.03
FeO	19.31	8.89	0.52
MnO	0.021	0.014	0.004
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.27	3.43	0.69
CaO	0.23	0.11	0.01
Na <sub>2</sub> O	0.12	0.07	0.01
K <sub>2</sub> O	0.05	0.02	0.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.021	0.015	0.011

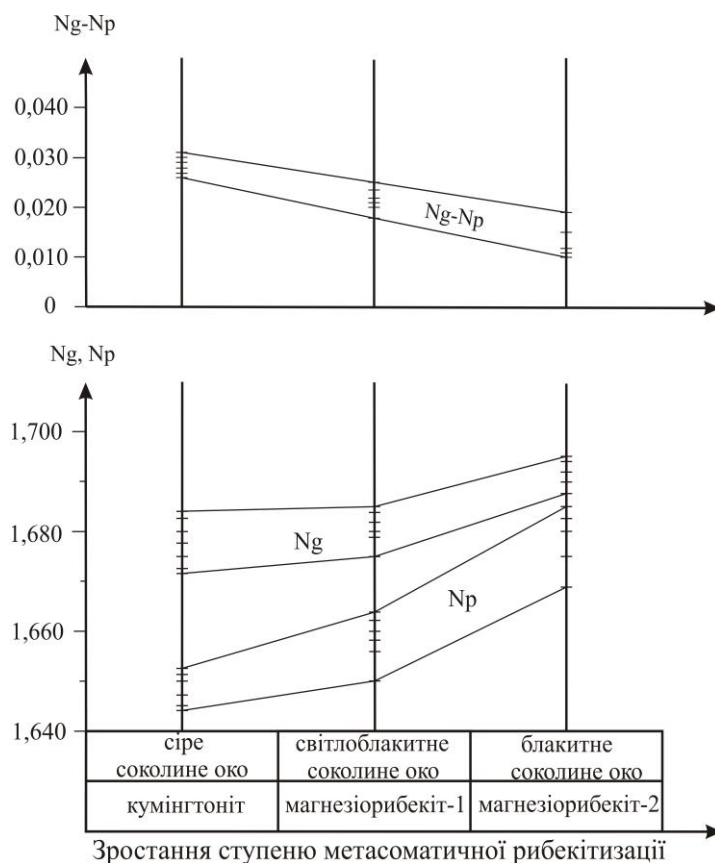
**Таблиця 2.**

*Зміна вмісту хімічних компонентів у складі сірого соколиного ока в зв'язку з його стадійними (1→3) гіпергенними змінами.*

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

Зміни хімічного складу обумовлюють закономірну варіативність фізичних властивостей волокнистого амфіболу, який входить до складу ока. Діаграми рис.5 свідчать про зростання показників заломлення та зменшення двозаломлення кумінгтоніту сірого соколиного ока в зв'язку з наростаючою його рибекітизацією.

**Рис 5.** *Характер зміни оптичних показників кумінгтоніту первинного сірого соколиного ока у зв'язку зі зростанням ступеню його метасоматичної рибекітизації.*

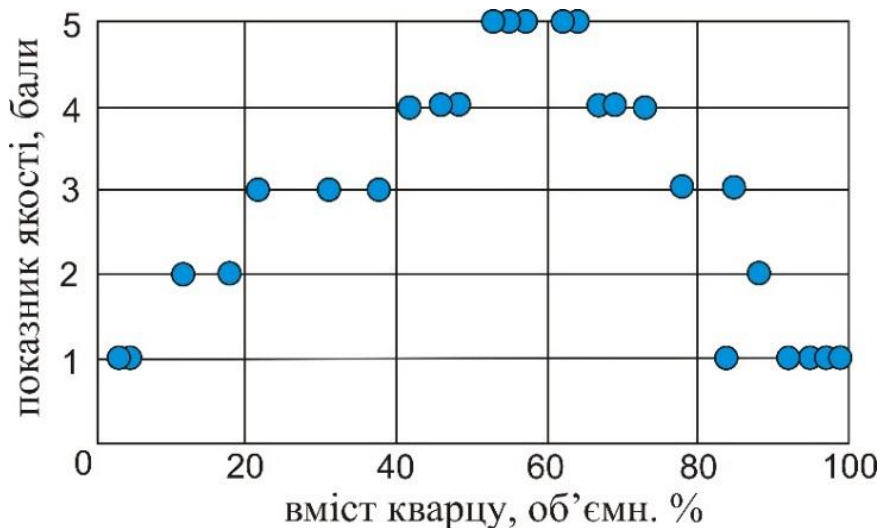


В п'ятому розділі «ПРИКЛАДНА ГЕМОЛОГІЯ СОКОЛИНОГО І ТИГРОВОГО ОКА» викладені результати порівняння декоративних особливостей соколиного й тигрового ока Криворізького басейну та інших регіонів планети. Порівняльний аналіз самоцвітів показав, що око Криворізького басейну вигідно відрізняється різнобарвністю, структурною і текстурною різноманітністю, колоритністю загального рисунку, що сприяє високому естетичному рівню художніх виробів.

Наведені дані аналізу існуючих класифікацій кольорового каменю, в яких визначена позиція соколиного та тигрового ока. Різні автори відносять його до різних груп, типів, порядків та рангів самоцвітів. З урахуванням даних попередніх дослідників та власних мінералогічних спостережень, автор розробила прикладну мінералого-генетичну класифікацію ока Криворізького басейну а також гемологічну класифікацію сірого соколиного ока як найбільш поширеного його колористичного різновиду. В гемологічній класифікації якість самоцвіту (здатність його до полірування та збереження оптичного ефекту ока за умови оптимального напрямку

зрізу) визначається за бальною системою в залежності від ступеню окварцування первинного кумінгтонітового азбесту. Виділені п'ять сортів ока як гемологічної сировини.

Соколине око першого сорту характеризуються оптимальним окварцуванням кумінгтоніту, найбільш високою здатністю до полірування. Самоцвіти другого та подальших сортів поділені в класифікації на дві гілки, які відрізняються недостатнім або надмірним окварцуванням кумінгтонітового азбесту. За умови недостатнього окварцування для самоцвітів другого-п'ятого сортів характерною є присутність більшої кількості паралельно орієнтованих включень неполірованого кумінгтонітового азбесту. За умови надмірного окварцування для самоцвітів другого-п'ятого сортів проявлене наростаюче заміщення волокнистих індивідів кумінгтоніту зернистими агрегатами кварцу. Не втрачаючи якісної поліровки, самоцвіт поступово втрачає ефект переличастості. До п'ятого сорту відносяться неполірований амфіболовий азбест з окремими включеннями соколиного ока (за термінологією каменеоброблювальників – «ганчіркове» око) або за умови надмірного окварцування кумінгтонітового азбесту – мономінеральний кварц з реліктовою слабко проявленою переливчастістю. Для узагальнення результатів експериментальних гемологічних досліджень була побудована діаграма (рис.6), на якій показана залежність показника якості самоцвіту від ступеню окварцування первинного амфіболового азбесту.



**Рис. 6.** Діаграма залежності показника якості полірування сірого соколиного ока від ступеню окварцування первинного кумінгтонітового азбесту.

Класифікацію сірого соколиного ока можна використовувати також для систематизації інших видів

ока (блакитне та синє соколине, котяче, тигрове, волове), а також інших видів гемологічної сировини. Вона впроваджена в роботу каменеоброблювальних підприємств Криворізького басейну, використовується при оцінці каменю.

Автор проаналізувала стадійність виготовлення плоскогранних, осесиметричних (тіла обертання), лінійно-профільних, огранених, різьблених, галтованих (декоративна галька) комбінованих (рельєфні картини, шкатулки різних форм, складові годинників, ювелірні вироби, підсвічники, статуетки, мозаїки, письмові набори тощо) художніх виробів з ока. Були розроблені та експериментально підтверджені рекомендації, спрямовані на вдосконалення процесу обробки каменю.

## 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, плейчасті 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 кумінгтонітовий азбест альпійських жил у верствах магнетит-кумінгтонітових кварцитів, який на регресивній стадії динамотермального метаморфізму зазнав окварцування. Жили **блакитного соколиного ока** утворились аналогічно, але за рахунок альпійських жил магнезйорибекітового азбесту у верствах магнетит-магнезйорибекітових кварцитів; крім того вони утворювались шляхом псевдоморфізації кумінгтонітового азбесту магнезйорибекітом 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, магнезйорибекіту, 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):  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ . 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 полірування 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.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Статті у наукових фахових виданнях України*

1. Андрейчак В.О. Головні етапи утворення проявів гемологічної та колекційної сировини Криворізького басейну / **В.О.Андрейчак**, В.Д.Євтехов // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького технічного університету.– 2010.– №1-2.– С. 73-77.
2. Крапівка В.О. Умови утворення гемологічної і колекційної сировини Криворізького басейну / **В.О.Крапівка**, В.Д.Євтехов // Записки Українського мінералогічного товариства.– 2011.– Том 8.– С.133-135.
3. Блоха В.Д. Декоративні особливості тигрового та соколиного ока Криворіжжя / В.Д.Блоха, **В.О.Андрейчак** // Коштовне та декоративне каміння.– 2011.– №4 (66).– С. 14-15.
4. Андрейчак В.О. Мінералогія соколиного, котячого й тигрового ока Криворізького басейну / **В.О.Андрейчак**, А.В.Євтехова, В.Д.Євтехов // Записки Українського мінералогічного товариства.– 2012.– Том 9.– С.155-158.
5. Андрейчак В.О. Локалізація тигрового та соколиного ока Глеюватського родовища (Криворізький басейн) / **В.О.Андрейчак**, В.Д.Євтехов // Мінералогічний збірник.– 2012.– №62.– С.– 275-277.
6. Андрейчак В.О. Прояви соколиного та тигрового ока Криворізького басейну / **В.О.Андрейчак**, В.Д.Євтехов // Науковий вісник Національного гірничого університету.– 2015.– №2.– С. 38-45.

### *Статті у наукових фахових виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз*

7. Андрейчак В.О. Генезис сірого «соколиного ока» Криворізького басейну / **В.О.Андрейчак**, В.Д.Євтехов, А.В.Євтехова // Мінералогічний журнал.– 2016.– №2.– С 46-52.

### *Інші публікації за темою дисертації*

8. **Андрейчак В.О.** Варіативність хімічного складу соколиного, тигрового ока Криворізького басейну / В.О.Андрейчак // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету.– 2016.– №1.– С 29-34.

### *Тези наукових доповідей*

9. **Krapivka V.** Gemological raw material of Kryvyi Rig basin / V.Krapivka / Іноземна мова як засіб мобільності майбутніх фахівців у контексті болонської декларації. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції // Кривий Ріг, 2010.– С. 135-136.
10. Крапівка В.О. Гемологічна сировина Криворізького басейну / **В.О.Крапівка**, В.Д.Євтехов / 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.

11. Крапівка В.О. Умови утворення гемологічної і колекційної сировини Криворізького басейну / **В.О.Крапівка**, В.Д.Євтехов, М.В.Воробйова // 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.

12. Крапівка В.О. Основні етапи утворення проявів гемологічної і колекційної сировини Криворізького басейну / **В.О.Крапівка**, В.Д.Євтехов // Сучасні технології розробки рудних родовищ. Збірник наукових праць за результатами роботи Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 22-23 квітня 2011 р.) // Кривий Ріг, 2011.– С. 60-61.

13. Крапівка В.О. Головні відміни гемологічної сировини Кривбасу / **В.О.Крапівка**, В.Д.Євтехов // Сучасні технології розробки рудних родовищ. Збірник наукових праць за результатами роботи Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 22-23 квітня 2011 р.) // Кривий Ріг, 2011.– С. 63-64.

14. Крапівка В.О. Гемологічна і колекційна сировина Криворізького басейну / **В.О.Крапівка**, В.Д.Євтехов / 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. 6-7.

15. Блоха В.Д. Особливості мінерального складу соколиного і тигрового ока Криворізького басейну / В.Д.Блоха, **В.О.Крапівка**, В.В.Качкан / 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.

16. Крапівка В.О. Етапи формування проявів гемологічної і колекційної сировини Криворізького басейну / **В.О.Крапівка**, В.Д.Євтехов М.В.Воробйова / 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.

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

18. Андрейчак В.О. Локалізація проявів соколиного і тигрового ока Криворізького басейну / **В.О.Андрейчак**, В.Д.Євтехов / 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, 2012.– С. 85-89.

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

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

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

22. **Андрейчак В.О.** Морфологія жил соколиного й тигрового ока Криворізького басейну / В.О.Андрейчак // 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.

23. Андрейчак В.О. Стадійність утворення соколиного і тигрового ока Криворізького басейну / **В.О.Андрейчак**, В.Д.Євтехов / Геомеханічні аспекти та екологічні наслідки відпрацювання рудних покладів. Збірник наукових праць II Науково-практичної конференції (Кривий Ріг, 21-22 грудня 2012 р.) // Кривий Ріг, 2012.– С. 116-118.

24. Андрейчак В.О. Поширення тигрового та соколиного ока у межах Криворізького басейну / **В.О.Андрейчак**, В.Д.Євтехов / 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.

25. **Андрейчак В.О.** Фактори локалізації проявів тигрового й соколиного ока Криворізького басейну / В.О.Андрейчак / Сталий розвиток промисловості та суспільства. Геологія та економіка мінеральної сировини. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 22-25 травня 2013 р.) // Кривий Ріг, 2013.– С. 3-4.

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

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

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

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

30. Андрейчак В.О. Технологія виготовлення виробів з кольорового каменю Криворізького басейну / **В.О.Андрейчак**, В.Д.Євтехов / 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, 2015.– С. 64-67.

31. **Андрейчак В.О.** Закономірності змін хімічного складу соколиного та тигрового ока Кривбасу / В.О.Андрейчак / Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців. Матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної конференції (Кривий Ріг, 24-26 березня 2016 р.) // Кривий Ріг, 2016.– С. 76-81.

## АНОТАЦІЯ

**Андрейчак В.О. Соколине та тигрове око із залізистих порід Криворізького басейну: топомінералогія, генезис, гемологія – на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.20 – мінералогія, кристалографія. Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П.Семененка НАН України, Київ, 2016.

Наведені результати комплексних мінералогічних досліджень проявів соколиного та тигрового ока Криворізького басейну. Найбільш поширені вони в межах Глеюватського родовища магнетитових кварцитів. Забарвлення та гемологічна цінність сірого, блакитного синього соколиного та золотисто-коричневого тигрового ока визначаються мінеральним складом, структурою, текстурою та генезисом самоцвіту. Вихідним матеріалом при утворенні ока був кумінгтонітовий, магнезіорибекітовий або рибекітовий азбест альпійських жил у динамотермальних метаморфітах та натрієвих метасоматитах залізисто-кремнистої формації. Наступною стадією утворення ока було окварцування амфіболових азбестів на регресивних стадіях метаморфізму або метасоматозу. Тигрове око є продуктом гіпергенних змін соколиного ока, які супроводжувались утворенням комплексних псевдоморфоз дисперного гетиту та гіпергенного кварцу з домішкою монтморилоніту по волокнистих індивідах амфіболів. Кристалохімічні, морфологічні, анатомічні зміни ока підтверджені даними рентгенофазового, рентгенофлуоресцентного, силікатного хімічного, магнітометричного аналізу. З урахуванням генезису, мінерального складу, морфології та анатомії мінеральних індивідів ока виділені п'ять його гемологічних сортів. Класифікація впроваджена в роботу каменеобробних підприємств Криворізького басейну, використовується при оцінці каменю як виробної сировини.

**Ключові слова:** залізисто-кремніста формація, Криворізький басейн, соколине око, тигрове око, локалізація, морфологія індивідів і агрегатів, мінеральний склад, гемологічна класифікація.

## АННОТАЦІЯ

**Андрейчак В.А. Соколиный и тигровый глаз из железистых пород Криворожского бассейна: топоминералогия, генезис, геммология – на правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.20 – минералогия, кристаллография. Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П.Семененко НАН Украины, Киев, 2016.

Приведены результаты комплексных минералогических исследований соколиного и тигрового глаза Криворожского бассейна. Проявления и точки минерализации глаза присутствуют в разрезах продуктивных и вмещающих железорудных толщ практически всех месторождений бассейна. Наиболее распространены они в центральной части Саксаганского железорудного района в пределах Глееватского месторождения бедных магнетитовых руд и месторождения богатых гематитовых руд шахты им. М.В.Фрунзе. Тут проявления глаза имеют систематический характер. В разрезах железисто-кремнистой формации других месторождений бассейна встречаются лишь единичные маломощные прожилки глаза. Окраска и геммологическая ценность серого, голубого, синего соколиного и золотисто-коричневого тигрового глаза определяется их минеральным составом, структурой, текстурой и генезисом самоцвета. В формировании соколиного и тигрового глаза Кривбасса участвовали практически все геологические процессы, проявленные в Криворожской структуре: седиментация, динамотермальный метаморфизм, натриевый метасоматоз, тектогенез, гипергенез. Исходным материалом при образовании глаза был кумингтонитовый, магнезиорибекитовый или рибекитовый асбест альпийских жил в динамотермальных метаморфитах и натриевых метасоматитах железисто-кремнистой формации. Следующая стадия образования глаза заключалась в окварцевании амфиболовых асбестов на регрессивных стадиях метаморфизма или метасоматоза. Тигровый глаз является продуктом гипергенных изменений серого, голубого, синего соколиного глаза. В процессе их выветривания происходило образование комплексных псевдоморфоз дисперсного гетита и гипергенного кварца с примесью монтмориллонита по волокнистым индивидам соколиного глаза. Кристаллохимические, морфологические, анатомические изменения глаза подтверждены данными рентгенофазового, рентгенофлуоресцентного, силикатного химического, магнитометрического анализа. Сравнение химического состава минеральных разновидностей глаза позволило выделить основные тренды вариативности содержания в его составе минералообразующих и второстепенных химических компонентов. Для серого, голубого и синего соколиного глаза (от первичного кумингтонитового, магнезиорибекитового, рибекитового асбеста через оптимально окварцованные к чрезмерно окварцованным разновидностям) одновременно с ростом содержания кремнезема наблюдается уменьшение содержания оксидов

катионной группы (в порядке, соответствующем интенсивности выноса):  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ . Гипергенное преобразование соколиного глаза в тигровый сопровождалось выносом оксидов активных катионов (натрия, калия, кальция, магния), преобразованием закисного железа в окисное и незначительным ростом содержания кремнезема. С учетом минерального состава, морфологии и анатомии минеральных индивидов глаза выделены пять его геммологических сортов. Классификация внедрена в работу камнеобрабатывающих предприятий Криворожского бассейна, используется при оценке камня как поделочного сырья.

**Ключевые слова:** железисто-кремнистая формация, Криворожский бассейн, соколиный глаз, тигровый глаз, локализация, морфология индивидов и агрегатов, минеральный состав, геммологическая классификация.

### ABSTRACT

**Andreichak V.O. Hawk's and tiger's eye from ferruginous rocks of Kryvyi Rih basin: topomineralogy, genesis, gemology** – manuscript copyright.

Candidate of science thesis in Geology with a specialization in Mineralogy and Crystallography 04.00.20. M.P.Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Mineralization of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2016.

Results of complex mineralogical studies of hawk's and tiger's eyes manifestations of the Kryvyi Rih basin have been presented. They are the most abundant within the Gleyuvatske deposit of magnetite quartzites. Colour and gemology value of grey, light blue and blue hawk's eye and gold brown tiger's eye are determined by mineral composition, structure, texture and genesis of the stone. Cumingtonite, magnesioriebeckite or riebeckite asbestos of Alpine veins in dynamo thermal metamorphites and sodium metasomatites of iron-banded formation were initial material for the eye formation. Amphibolite asbestos silification at regressive stages of metamorphism and metasomatism were the following stage of the eye formation. The tiger's eye is a product of hypergene changes of hawk's eye accompanied by formation of complex pseudomorph of dispersed goethite and hypergene quartz with inclusions of montmorillonite at fibrous individuals of amphiboles. Crystallochemical, morphological, anatomical changes of the eye were confirmed by X-ray diffraction, X-ray fluorescence, magnetometric analyses. Five eye gemological varieties were specified taking into account genesis, mineral composition, morphology and anatomy of mineral individuals. Their classification is introduced into the work of stone processing enterprises of the Kryvyi Rih basin, is used when evaluating stones as operating supply.

**Key words:** iron-banded formation, Kryvyi Rih basin, hawk's eye, tiger's eye, localization, individuals and aggregates morphology, mineral composition, gemological classification.