

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
ННІ "Інститут геології"
Кафедра геохімії, мінералогії та петрографії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
спеціальність 103 - Науки про Землю
освітня програма: "Геологія"
спеціалізація: "Геохімія, мінералогія та петрографія"

ТЕМА: "Природа авантюринового ефекту у мінералах та гірських породах"

Виконав студент 4-го курсу
кафедри геохімії, мінералогії та петрографії
Царильник Микита Ігорович 

Науковий керівник:  доцент Лазарева Ірина Іванівна

Науковий консультант:  доцент Квасниця Ірина Вікторівна

Робота рекомендується до захисту (протокол № 10
засідання кафедри геохімії, петрографії та мінералогії від 18.05.2023)

Завідувач кафедри

 доцент Шнюков Сергій Євгенович

Київ - 2023

РЕФЕРАТ

бакалаврської кваліфікаційної роботи

Царильника Микити Ігоровича

на тему: **“Природа авантюринового ефекту у мінералах та гірських породах”**

Спеціальність **103 Науки про Землю**

Робота на 50 аркушів складається з 2 розділів і містить 3 таблиці, 27 рисунків, 1 додаток. При підготовці роботи використовувалися матеріали з 36 джерел.

Актуальність

Оцінка і дослідження мінералів, що мають ефект авантюрисценції, як головний фактор ціноутворення напівдорогоцінного каміння та, відповідно, власне ювелірного виробу, яке виготовляється з нього.

Мета роботи

Визначення природи та характеру авантюрисценції у мінералах, гірських породах та штучних матеріалах.

Розв'язувані в роботі задачі

Пошук, систематизація та огляд наукових літературних джерел; підготовка препаратів для проведення досліджень; дослідження ефекту авантюрисценції в шліфах; визначення мінеральних видів, що викликають ефект авантюрисценції під поляризаційним мікроскопом та при електронно-зондовому мікроаналізі; аналіз та інтерпретація одержаних даних.

Основний зміст

В роботі зібраний та представлений літературний огляд мінералів, гірських порід та штучних матеріалів, у яких теоретично може бути ефект авантюрисценції, а також фактичний матеріал проведених досліджень, які були необхідні для встановлення природи авантюрисценції у мінералах.

Основні результати

Результатом у роботі являє собою макроскопічний та мікроскопічний описи шліфів, а також вихідні кількісні та якісні дані проведеного електронно-зондового мікроаналізу.

Анотація

При результаті проведених досліджень були встановлені природа та характер ефекту аванюрисценції, мінеральні індивиди, які спроможні викликати ефект аванюрисценції та встановлені чіткі назви досліджуваних зразків. Також при використанні літературних джерел, а саме, у більшості випадків, наукових статей та досліджень, встановлено теоретично можливі мінерали, гірські породи та штучні матеріали, із ефектом аванюрисценції.

Ключові слова

Аванюрисценція, сонячний камінь, кварц, мінерали-включення, фуксит, мусковіт, ільменіт, андезин, аванюриновий.

Tsarylnyk Mykyta

The nature of the aventurine effect in minerals and rocks.

Abstract

As a result of the conducted research, the nature and character of the aventurine effect, the mineral individuals, which capable to cause the aventurine effect, and clear names of the studied samples have been established. Also, when using literary sources, that is, in most cases, scientific articles and studies, theoretically possible minerals, rocks, and artificial materials with the effect of aventurescence have been established.

Key words

Aventurescence, sunstone, quartz, inclusion minerals, fuchsite, muscovite, ilmenite, andesine, aventurine.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП	6
1. ЯВИЩЕ АВАНТЮРИСЦЕНЦІЇ В МІНЕРАЛАХ.....	8
1.1 Явище авантюрисценції у природних мінералах та гірських породах.....	9
1.1.1 Кварц та кварцит.....	9
1.1.2 Польові шпати.....	16
1.1.3 Кордієрит(іоліт).....	20
1.2. Явище авантюрисценції у штучних матеріалах.....	21
1.2.1 Авантюринове скло.....	21
1.2.2 Авантюринова глазур.....	24
2. ПРИРОДА АВАНТЮРИНОВОГО ЕФЕКТУ У МІНЕРАЛАХ ТА ГІРСЬКИХ ПОРОДАХ.....	29
2.1 Фактичний матеріал та методика досліджень.....	29
2.2 Дослідження природи авантюринового ефекту.....	31
2.2.1 Результати макроскопічних досліджень.....	31
2.2.2 Результати мікроскопічних досліджень.....	32
2.2.3 Результати електронно-зондового мікроаналізу.....	42
ВИСНОВКИ	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47
ДОДАТКИ.....	50

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

Amf	амфібол
Bal	канадський бальзам
Fu	фуксит
Ilm	ільменіт
Mc	мікроклін
Musc	мусковіт
Pt	плагіоклаз
Qtz	кварц
Rt	рутил
Руд	рудний мінерал

ВСТУП

Ювелірні прикраси завжди приваблювали мільйони людей завдяки своїй красі, вишуканості та естетиці. Ці характеристики також впливали на встановлення ціни, а задля визначення ціни завжди проводилось дослідження самого виробу. До виготовлення ювелірного виробу проводять обробку та огранку самого дорогоцінного або напівдорогоцінного каміння та встановлюють ціну мінералу, який стане невід'ємною складовою ювелірного виробу.

Щоб зрозуміти ціну, треба зрозуміти: а що саме повпливало на встановлення ціни. Саме тому й проводиться дослідження та оцінка дорогоцінного та напівдорогоцінного каміння, та їх феноменів. Один із таких феноменів існує під назвою - **авантюрисценція**. Доволі цікавий феномен, що викликає блискучу "гру" кольорів у мінералах, яким притаманний цей ефект. Оцінка і дослідження мінералів, що мають цей ефект, завжди буде актуальною оскільки авантюрисценція в них - головний фактор ціноутворення напівдорогоцінного каміння та, відповідно, власне ювелірного виробу.

Основна мета дослідження: визначення природи та характеру авантюрисценції у мінералах, гірських породах та штучних матеріалах.

Предметом дослідження є властивості та склад мінералів-домішок, що викликають ефект авантюрисценції у мінералах-господарів.

Фактичним матеріалом для проведення досліджень були використані зразки мінералів та гірських порід із ефектом авантюрисценції, а саме: *три* зразки авантюринового слюдистого кварциту(два зеленого кольору і один рожевого), *один* зразок авантюринового амазоніту, *один* зразок рожевого авантюринового кварцу, *один* зразок авантюринового плагіоклазу та *один* зразок аніоліту із включеннями рубінів.

Об'єкт дослідження: Мінерали та агрегати, що демонструють авантюриновий ефект

Задачі дослідження:

- Пошук, систематизація та огляд наукових літературних джерел;
- Підготовка препаратів для проведення досліджень;
- Дослідження ефекту авантюрисценції в шліфах;
- Визначення мінеральних видів, що викликають ефект авантюрисценції під поляризаційним мікроскопом;
- Визначення мінеральних видів, що викликають ефект авантюрисценції шляхом проведення електронно-зондового мікроаналізу;
- Аналіз та інтерпретація одержаних даних.

Також слід зазначити, що у даній роботі були використані дані із наукових досліджень, статей та журналів, які містили доцільний матеріал, необхідний для встановлення інформації про загальні відомості ефекту авантюрисценції, а також були проведені персональні дослідження із практичним матеріалом задля досягнення мети дослідження. Колекція мінералів і порід з авантюриновим ефектом сформована із зразків наданих фірмою Solidus та ННІ "Інституту геології".

Поточні дослідження використовуються і наразі багатьма спеціалістами для вирішення питань з приводу оцінки дорогоцінного та напівдорогоцінного каміння. Саме тому результати виконаних досліджень можуть мати практичне використання у подальшому в гемології та ювелірній справі, адже, як вище було зазначено, оцінка дорогоцінного та напівдорогоцінного каміння та їх феноменів є ключовим фактором для встановлення ціни.

Висловлюється окрема подяка Квасниці Ірині Вікторівні за консультування та забезпечення літературними джерелами, а також Омельченко Аллі Миколаївні за супровід в роботі при проведенні електронно-зондового мікроаналізу.

1. ЯВИЩЕ АВАНТЮРИСЦЕНЦІЇ В МІНЕРАЛАХ

Авантюрисценція - оптичне явище, яке спостерігається в деяких мінералах у вигляді мерехтіння та блиску включень у головному мінералі(найбільш розповсюджене у авантюринових кварцах або польовошпатових сонячних каменях). Явище відбувається коли світло падає на мінерал та відбивається від дрібних включень у вигляді зерен мінералів у мінералі-господарі. Через те, що мінерали-включення мають інші оптичні властивості на відміну від головного мінералу, можна побачити гру кольорів так, неначе на мінерал розсипали блискітки. (*Egor Gavrilenko, 2014-2020*)

Назва «авантюрин» виникла в 1600-х роках, коли італійські виробники скла випадково додали крихітні частинки міді в партію розплавленого скла. У результаті вийшов блискучий келих, який вони назвали «avventura», що з італійської означало «випадково». Невдовзі це нове скло почали використовувати для виготовлення різноманітних виробів, і назва «авантюрин» почала поширюватися. (*Hobart M. King, 2005-2023*)

Авантюрин не зовсім доречно називати мінералом(різновидом кварцу), більш доречно так називати будь-який мінерал, що має від жовтуватого, зеленуватого до червонуватого блиск в мінералах завдяки включенням, які зумовлюють ефект авантюрисценції. Авантюрисценцію можуть мати наступні мінерали: кварц, плагіоклаз, лужний польовий шпат, кордієрит. (*Henrich Neumann, Olav H. J. Christie, 1962*)

Серед синтетичних матеріалів може бути авантюринове скло або голдстоун та авантюринова глазур.

Існує декілька випадків появи включень у мінералах, які викликають авантюрисценцію:

- Мінерал-господар кристалізувався пізніше ніж мінерали-включення і під час росту захоплював ці включення;

- Мінерал-господар утворився одночасно із мінералами-включеннями, але зростання мінерала-господара відбувалось швидше за мінерали-включення і тому під час зростання мінерал-господар охоплював включення;

- Мінерали-включення у вигляді розчинів проникли у тріщини вже кристалізованого мінералу-господару. (М.Т. Бакка, С.Б. Олексійчук, 2005)

1.1 Ефект аванюрисценції у природних мінералах та гірських породах

Як було вже вказано раніше, аванюрисценція найрозповсюдженіша у кварцах та групи польового шпату. У даному підрозділі розглянуті усі можливі мінерали із цим ефектом.

1.1.1 Кварц та кварцит

Авантюриновий кварц - це різновид кварцу, який відрізняється своїм напівпрозорим або непрозорим зовнішнім виглядом і наявністю включень мінералів, які дають ефект аванюрисценції. Феномен аванюресценції спричинений дрібними саме мінеральними включеннями, а саме, як правило, слюд, розподіленими по всьому мінералу-господару. (Tim Matthews, 2014)

Завдяки ефекту аванюрисценції, а також привабливим кольорам авантюриновий кварц має статус напівдорогоцінного каменю. Найчастіше авантюриновий кварц має зелений колір (рис. 1.1), але зустрічається також у помаранчевому, жовтому, червоному, рожевому(іноді - сонячний камінь кварцовий), коричневому, білому, сірому та синьому (рис. 1.2 та 1.3) кольорах. (Hobart M. King, 2005-2023)



Рис. 1.1 - Необроблені зразки авантюринового кварцу у різних кольорах(жовтий, зелений та рожевий).

Найпоширенішим включенням авантюринового кварцу(иту) є мінерал із групи слюд - **мусковіт** або його різновид - **фуксит** (рис. 1.4), зеленого кольору, що насичений хромом(Cr). Фуксит надає кварцу(иту) виразний зелений колір.

Луски **лепідоліту** можуть надавати рожевий, червоний або фіолетовий колір. З **гематиту** та **гетиту** можна отримати рожевий, оранжевий, червоний і коричневий аванюрин. Мусковіт і **ільменіт** можуть давати сірий, жовтуватий або сріблястий аванюрин.

Невеликі кількості саме авантюринового кварцу та кварциту були знайдені в багатьох частинах світу. (Hobart M. King, 2005-2023). Більшість зеленого авантюринового кварцу(иту) походить з Індії; звідси неправильна назва - "Індійський нефрит". Інші крупні родовища знаходяться у Сибірі, Танзанії, Китаю та окрузі Ратленд, Вермонт, США (E.A. Monroe, 1986)

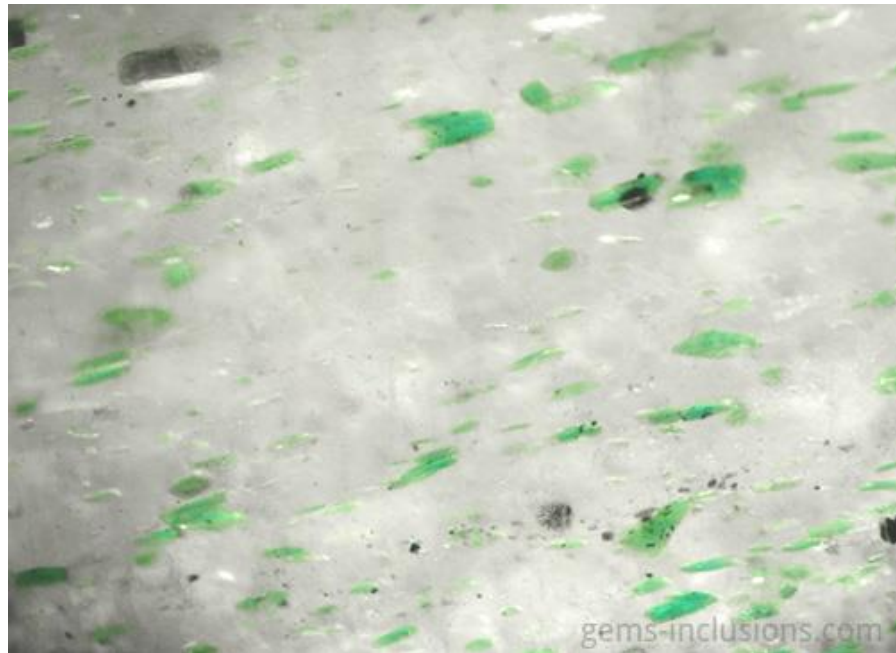


Рис. 1.3 - Включення зеленого фукситу у кварці, поле зору - 3 мм.

Авантюриновий кварц(ит) - дуже поширений матеріал для використання на виготовлення намист, кабошонів та інших форм огранки (рис. 1.4) . З них виготовляють сережки, кулони, каблучки та інші прикраси. Як було згадано раніше, авантюриновий кварц(ит) найчастіше зустрічається у зеленому кольорі, і тому, саме такого кольору частіше за все можна бачити ювелірні вироби з нього. (Hobart M. King, 2005-2023)



Рис. 1.4 - Оброблений зразок зеленого авантюринового кварцу у формі серця.

Іноді з авантюринового кварцу виготовляють чаші, вази, невеличкі скульптури. Зелений авантюриновий кварц також є популярною та менш дорогою альтернативою нефриту та амазоніту. (Hobart M. King, 2005-2023)

Кварцит - метаморфічна гірська порода, що переважно складається із зерен кварцу. Можуть містити дрібні кристали слюди або інших мінералів, та, коли ці допоміжні мінерали надають привабливий колір або характерний блиск до кварциту, тоді це вважається як авантюриновий кварцит. Авантюринові кварцити зустрічаються доволі рідко на відміну від звичайних кварцитів, однак в Індії їх можна зустріти в достатній кількості, також існують відносно нові родовища авантюринових кварцитів у Танзанії, які навіть мають специфічну назву. (E.A. Monroe, 1986)



Рис. 1.4 - Авантюриновий кварцит зелений необроблений(Елнерс Рок, Вайомінг, США). Фотографія Джеймса Ст. Джона.

Приклади наукових досліджень. У якості прикладів об'єктів деяких наукових досліджень ефекту авантюрисценції в авантюриновому кварці та кварциті, можна навести зразки із Індії та з Танзанії, які іноді називають "зеленими танзанітами" або "смарагдовими танзанітами", хоча це не зовсім коректна назва, оскільки існують

цілком окремі мінерали під назвою танзаніти (різновид цоїзиту). Саме тому в англомовній літературі вони мають різні назви: унікальний авантюриновий кварц із Танзанії має назву **танзурин**(англ. - *tanzurine*), а відомий дорогоцінний мінерал - **танзаніт**.

Необроблений матеріал з Танзанії виявився переважно непрозорим, але здавався напівпрозорим у прохідному світлі. Прозорість краща у полірованих зразках, а макроскопічно це агрегатний матеріал, забарвлений зеленим кольором за допомогою включень фукситу. Мікроскопічне спостереження виявило численні круглі, частково шестикутні, зелені пластинчасті включення (рис. 1.5).

У танзуринах, тим не менш, присутні незначні відмінності від індійських авантюринових кварцитів. Детальне мінералогічне дослідження про матеріал з Індії відтворив вчений-гемолог - Монро (1986): Кварцит, що містить фуксит, зазвичай досить дрібнозернистий (тобто до 1–2 мм), із ще меншими зернами фукситу які виступають у ролі включень як допоміжний мінерал вздовж межами між зернами кварцу. Фуксит в основному орієнтований в одному напрямку (рис. 1.5, праворуч). Навпаки, танзанійський матеріал складається з більш крупних зерен кварцу (1–5 мм), а фуксит утворює включення всередині кварцу, а не вздовж меж. Крім того, в породі відсутня сланцюватість, що свідчить про метаморфізм нижнього рівня. Текsturні відмінності між двома представниками, нового танзанійського авантюринового кварциту(танзурину) та індійського, особливо помітні у шліфах, які розглядались у поляризаційному світлі (рис. 1.6). (Brendan M. Laurs, Sarah Bremner, Carol M. Stockton, Alan D. Hart, Roger R. Harding, 2018)

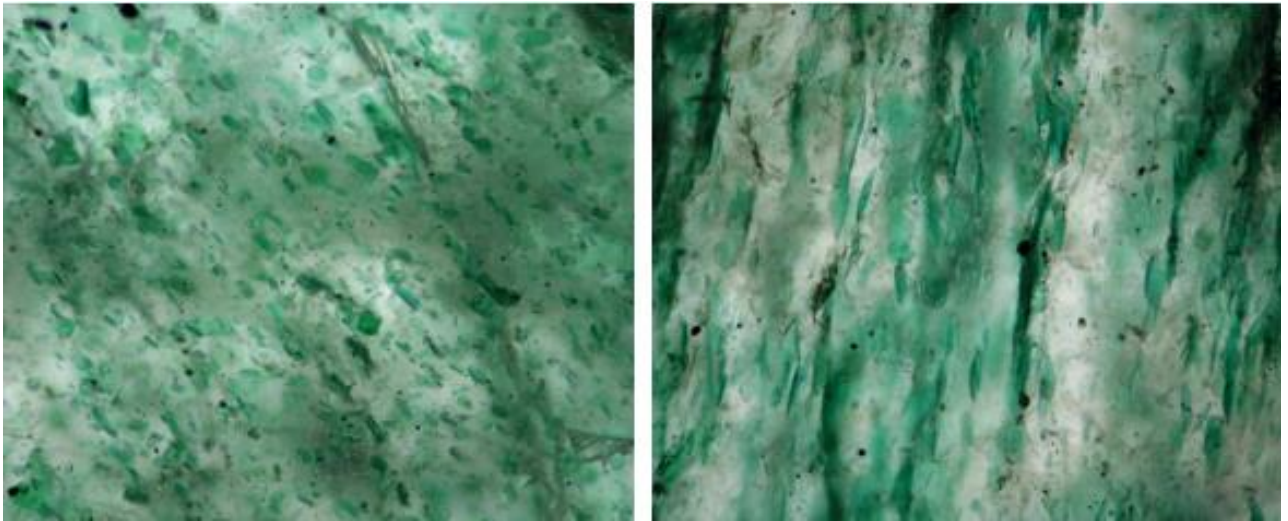


Рис. 1.5 - Зображення у прохідному світлі, розподіл включень фукситу показано в новому зеленому авантюриновому кварциті з Танзанії (ліворуч, поле зору - 3,46 мм), порівняно з типовим зеленим авантюриновим кварцитом з Індії (праворуч, поле зору - 3,37 мм). Мікрофотографії Т. Стефана.

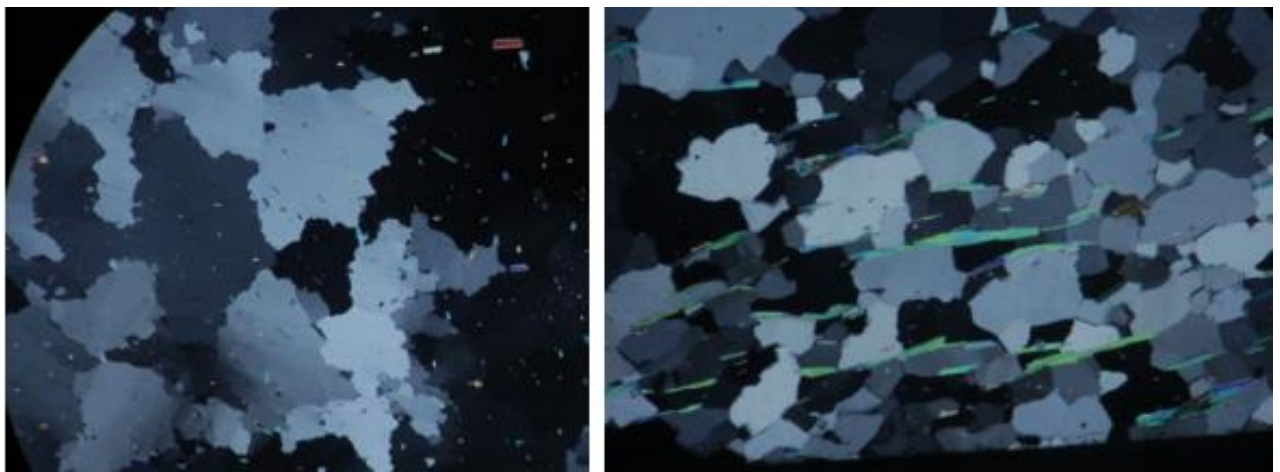


Рис. 1.6 - У кварциті з Танзанії хаотично орієнтований фуксит, зерна якого включені у грубі зерна кварцу (зображення зліва, поле зору - 6,62 мм). Авантюриновий кварцит з Індії, навпаки, містить субпаралельні фукситові зерна, які вирівнюються поміж границями зерен дрібнозернистого кварцу (зображення справа, поле зору - 3,73 мм). Мікрофотографії Т. Стефана.

До ще одного яскравого прикладу можна віднести так званий **“полуничний кварц”**. «Полуничний кварц» не є суворо визначеним терміном у гемології, але зазвичай визнається на ринку як монокристалічний кварц з численними пластинчастими включеннями гематиту, які спричиняють загальний вигляд від рожевого до червоного. Полуничні кварци, через обмежений видобуток і незначні розміри, зазвичай нарізають на намистини, кабошони чи у ограновані камені або використовують для невеликого різьблення.

Для подальшого дослідження полуничного кварцу, вчені використали браслет, який був надісланий для ідентифікації в Лабораторію дослідження дорогоцінного каміння Тайванського союзу (TULAB) (*рис. 1.7*). Браслет мав коричнево-рожевий колір і містив кілька лускатих кристалів від рожевих до помаранчевих та червоних, видимих під мікроскопом.

Завдяки мікроспектроскопії було встановлено, що у браслеті були червоні пластинчасті включення мусковіту, а не гематиту. Енергодисперсійна рентген-спектроскопія підтвердила наявність включень залізовмісного мусковіту; однак аналіз РФА виявив невеликі кількості марганцю на додаток до заліза. Іншими словами, цей браслет слід визначити як коричнево-рожевий авантюриновий кварц із вкрапленнями мусковіту від рожевих до червоних (*рис. 1.8*), а “полуничний кварц” - назва, офіційно не зафіксована. (*Shu-Hong Lin, Yu-Ho Li, Huei-Fen Chen, 2021*)



Рис. 1.7 - Браслет із так званого “полуничного кварцу”.

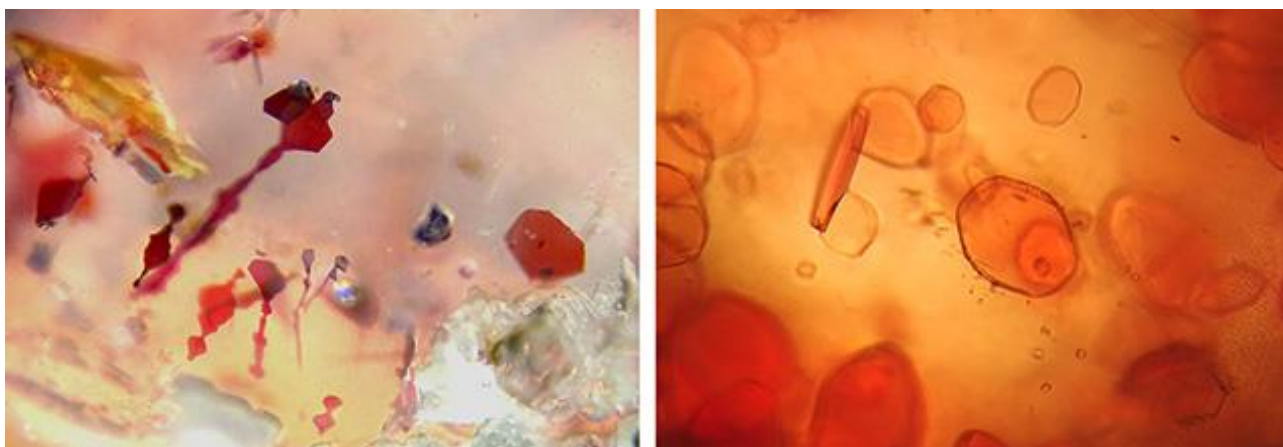


Рис. 1.8 - Мікроскопічні зображення червоного пластинчастого гематиту в полуничному кварці (ліворуч) та помаранчево-червоних включень мусковіту (манган-залізовмісного) у зразку браслета рожевого авантюринового кварцу (праворуч). Мікрофотографія Shu-Hong Lin; поле зору - 1,26 мм.

1.1.2 Польові шпати

Ефект авантюрисценції також зустрічається і в мінералах групи польових шпатів. Це можуть бути **ортоклази** або **мікрокліни** (та їхній дорогоцінний різновид

- **амазоніт**) серед лужних польових шпатів та **лабрадори, бітовніти, андезини,** інколи **олігоклази** серед плагіоклазів. Найвідоміший представник серед них - **сонячний камінь.**

Сонячний камінь(*англ. - sunstone*) - різновид польового шпату (радше лужного польового шпату: мікроклін або олігоклаз; а іноді й лабрадору), який має ефект авантюрисценції, як правило, з помаранчевим, коричневим або, найчастіше, рожевим основним кольором, та завдяки розчиненим орієнтованим дрібним зернам гематиту, мусковіту, самородної міді або іноді ільменіту, отримують ефект авантюрисценції (*рис. 1.9*). Назва походить з часів Середньовіччя, коли ці мінерали використовували для навігації завдяки сонцю. (*Jolyon & Katya Ralph, 2010*)

Сонячний камінь також відомий як «геліоліт» та просто «авантюриновий польовий шпат». Його використовують на вироботу кабашонів, намистин, іноді дрібних скульптур та інших виробів. Для виготовлення огранених дорогоцінних каменів використовуються найбільш прозорі зразки.

Сонячний камінь найбільш розповсюджений в Австралії, Канаді, Китаї, Конго, Ефіопії, Індії, Мексиці, Норвегії, Шрі-Ланці, Танзанії, США (штати Орегон, Нью-Йорк, Вірджинія, Пенсільванія) та в інших місцях.

Найвідоміші родовища сонячного каменю в США знаходяться в Орегоні та навіть мають назву на честь штату: сонячні камені Орегону. Кілька родовищ сонячного каменю в Орегоні достатньо великі, щоб проводити видобуток. Вони знаходяться в певних базальтових потоках в округах Лейк і Харні. Там сонячний камінь зустрічається у вигляді фенокрістів у базальті. Частина сонячного каменю виробляється із зони вивітрювання над базальтовими потоками, а частина — із самого базальту.

Кабашони з сонячного каменю з невеликою кількістю включень створюють слабкий ефект авантюрисценції. Ті, що мають більшу кількість, створюють сильніший ефект (*рис 1.10*). Деякі камені мають настільки малі включення, що їх неможливо побачити неозброєним оком, але якщо їх багато, колір включень і

відблиски від них можуть надати виразного кольору мінералу. (Hobart M. King, 2005-2023)



Рис. 1.9 - Сонячний камінь необроблений із ефектом аватнюрисценції(Норвегія). Фотографія Джона Беттса.



Рис. 1.10 - Кабошон сонячного каменю із "золотим" ефектом аватнюрисценції. Розміри каменю приблизно 39 x 25 x 6 мм, вага близько 54,3 карата(Танзанія).

Сонячний камінь з Орегону вважається окремим різновидом сонячного каменю. Сонячний камінь з Орегону - це зазвичай плагіоклаз (іноді порода лабрадорит), а саме, зазвичай із низьким вмістом анортитової складової, лабрадор, бітовніт, але іноді може бути й олігоклаз. Відмінність полягає в тому, що в Орегоновому сонячному камені ефект авантюрисценції викликають включення самородної міді, на відміну від звичайного сонячного каменю, де авантюрисценція спостерігається за рахунок включень гематиту, мусковіту або ільменіту (рис 1.11). (Jolyon & Katya Ralph, 2017)



Рис. 1.11 - Різні сонячні камені з Орегону. (Орегон, США). Фотографії Дж. Еванса

Приклади наукових досліджень. У якості прикладів об'єктів деяких наукових досліджень ефекту авантюрисценції в польових шпатах можна взяти дослідження норвезьких плагіоклазів, що було проведено норвезьким Мінералогічним Музеєм.

Ефект авантюрисценції у плагіоклазах викликають включення гематиту. Ці включення здебільшого менше ніж 0,2 мм, орієнтовані у багатьох напрямках. Вони мають часто шестикутні форми зерен, але також зустрічаються восьми- і десятикутні форми, а також неправильні форми.

Гематит зникає, коли плагіоклаз нагрівається вище 1200 °С. Цілком можливо, що гематит може бути розчинений у силікатному розплаві без виникнення забарвлення, якщо відсутні відновники. Коли знебарвлені авантюринові польові шпати відпалюють приблизно при 1000 °С, то зерна гематиту знову з'являються на своїх колишніх місцях. Досліджувані плагіоклази складаються з червоного “ядра” (внутрішня/центральна зона), з більш-менш яскраво вираженим ефектом авантюрисценції і від молочно-білого до безбарвного кольору (крайова/периферійна зона мінералу). Регулярно трапляються двійники альбітів. (*Henrich Neumann, Olav H. J. Christie, 1962*)

1.1.3 Кордієрит(іоліт)

Кордієрит - силікатний мінерал, який зустрічається в метаморфічних і вулканічних породах. Зазвичай він має колір від блакитного до фіолетового і вважається мінералом, який має ледь не найвираженіший плеохроїзм.

«Кордієрит» — таку назву використовують геологи. Оброблений та дорогоцінний кордієрит відомий як «іоліт», та ця назва застосовується гемологами та у торгівлі дорогоцінними каменями та ювелірними виробами.

Кордієрит також може мати ефект авантюрисценції у природному стані. Це зазвичай прозорий синій мінерал в основному із включеннями гематиту та слюд. Такі кордієрити відомі в Індії, Танзанії та, особливо, в Шрі-Ланці. Їх часто продають під неправильною назвою «іолітовий сонячний камінь». (*Hobart M. King, 2005-2023*)

Шрі-Ланкські кордієрити особливі, оскільки мають іншу назву - “кроваві кордієрити”(англ. - *bloodshot cordierites*). Кровавий кордієрит — різновид кордієриту з ефектом авантюрисценції, який отримав свою назву завдяки паралельним включенням зерен гематиту, які надають йому червоного кровавого кольору (*рис 1.12*).



Рис. 1.12 - Оброблений зразок "кровоавого кордієриту" зі Шрі-Ланки.

1.2 Ефект авантюрисценції у штучних матеріалах

Ефект авантюрисценції може бути створений не тільки природою, а й людиною. Саме тому існують декілька штучних мінералів, у яких наявна авантюрисценція: авантюринове скло та авантюринова глазур.

1.2.1 Авантюринове скло

Авантюринове скло або **"голдстоун"** - штучне скло, яке складається з дрібних октаедричних зерен міді, що являють собою включення, створюючи ефект авантюрисценції. Зазвичай його огранюють у кабошоні для використання в ювелірних виробках, і його популярність як дорогоцінного каменю то зростала, то слабшала протягом останніх трьох-чотирьох століть. Також названий «авантюриновим склом», гольдстоун ввів термін «авантюрисценція» у мінералогічний лексикон.

Гольдстоун виготовляється в червонувато-коричневому, синьому, фіолетовому і зеленому кольорах. Він утворюється шляхом плавлення вапняно-натрієвого скла, що містить солі міді, у відновлювальному (збідненому киснем) середовищі, що

призводить до розкладання солей міді до металевої міді. Колір голдстоуну обумовлений кольором скла, а не кольором включень. Забарвлення синього скла обумовлено кобальтом, зелений — хромом, а фіолетовий — марганцем. (Зелений варіант є результатом розкладання солей хрому з утворенням зеленого скла зі сріблястими металевими кристалами.) (Hobart M. King, 2005-2023)(Jolyon & Katya Ralph. 2009)

Однорідна форма та розмір кристалів, а також рівномірний розподіл кристалів міді в скляному тілі допомагає відрізнити голдстоун від авантюринового кварцу та сонячного каменю. Кристали міді в голдстоуні добре видно при 20-кратному збільшенні. Кристали можуть виглядати більш сріблястими, ніж мідно-червоними, у синіх, фіолетових і зелених різновидах голдстоуну, іноді виглядаючи тонованими в результаті фільтруючих ефектів кольорового скла, що становить основу матеріалу. Великі маси необроблених зерен іноді можуть зберігати сплюснені поверхні, заокруглені краї та лінії поверхневого потоку, які утворювалися, коли розплавлене скло було вилито на тверду поверхню для охолодження. (Jolyon & Katya Ralph. 2009)

Його часто ріжуть на кабошони, виготовляють намистини, сфери, та невеликі скульптури (рис. 1.13). (Hobart M. King, 2005-2023)



Рис. 1.13 - Кабошони з голдстоуну. Ці кабошони синього та червонувато-коричневого кольору мають розмір приблизно 20 x 28 мм.

Якщо подивитись на голдстоун під мікроскопом у відбитому світлі, то можна побачити трикутні грані кристалів міді, які відбивають світло від поверхні (рис. 1.14). На рисунку 1.14 зображені трикутні грані восьмигранних мідних кристалів, які відбивають світло від полірованої поверхні прозорого скла. Найбільша трикутна кристалічна грань, яку можна побачити на цьому рисунку, становить приблизно 0,1 мм від вершини до основи. (Hobart M. King, 2005-2023)

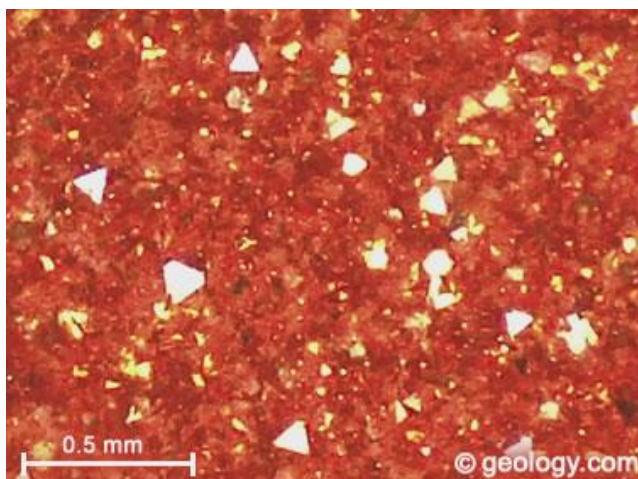


Рис. 1.14 - Кристали міді в голдстоуні. Поле зору - 2 мм.

Щодо самого процесу виготовлення авантюринового скла, то голдстоун виготовляється у великій нагрітій посудині, яка може виробляти 100 фунтів матеріалу або більше. Після того, як скло було нагріте та витримано при відповідній температурі, матеріал починає повільно охолоджуватись. Повільне охолодження дає включенням час, щоб вирости до великих розмірів.

Найшвидше охолодження відбувається біля зовнішньої частини посудини, тому найдрібніші кристали зазвичай знаходяться біля стінки посудини, оскільки саме там відбувається швидке охолодження. Там кристали можуть бути занадто малими, для створення ефекту авантюрисценції. Зазвичай кристали поступово зростають до центру посудини, де охолодження відбувається найповільніше.

Усередині матеріалу, що виготовляється, скло може мати ділянки з невеликою кількістю видимих кристалів, ділянки з великою кількістю бульбашок газу та

ділянки шлаку. Усі ці ділянки сильно знижують цінність голдстоуну. (*Hobart M. King, 2005-2023*)

1.2.2 Авантюринова глазур

Авантюринова глазур - прозора глазур, що містить тонкі пластинчасті (зелені або золоті) кристали у скляній матриці. Оксиди заліза, хрому та міді використовуються в цих глазурях для імітації сонячного каменю та іноді навіть лазуриту, якщо виготовлені з блакитного непрозорого скла. Також називається золотою глазур'ю. (*Manuthcer-Danai, Mohsen, 2005*)

Прямо падаюче світло змушує кристали у глазурі виблискувати, створюючи блискучий ефект авантюрисценції, який змінюється залежно від кута падіння світла. Глазур отримується з Fe, Cr, Cu, Ni, Mn, Fe та U шляхом кристалізації металу або оксиду. Ефект досягається шляхом змішування оксидів металевих елементів з «сирою глазур'ю» на основі виключно кристалічної сировини. Під час випалу оксид металу розчиняється, щоб згодом, під час охолодження, утворювати ламінарні кристали. (*A. Gozalbo, M.J. Orts, S. Mestre, P. Gómez, P. Agut F. Lucas, 2006*)

У художній кераміці найчастіше використовується ефект авантюрисценції в авантюриновій глазурі. Однак існує певна плутанина щодо опису цього ефекту. Більшість вчених описують це як дисперсію ламінарних кристалів з високим показником заломлення в склі з певним ступенем прозорості, які відбивають світло в різних напрямках, створюючи блискучий вигляд. Також існувало твердження про блиск поверхні зі змінним забарвленням, який надає металевого або райдужного вигляду.

Як вже було позначено раніше, для утворення глазури та для забезпечення ефекту авантюрисценції головними елементами є Fe, Cr, Cu, Ni, Mn, U та їх оксиди. Проте існує дуже мало систематичної доступної інформації про сполуки та умови для отримання авантюринової глазури, і жодних посилань на механізми утворення

не знайдено. Оптимальний вміст оксиду металу різний для кожного типу сполуки. Якщо вмісту недостатньо, то сполука розчиняється в склі і не дає ефекту, а якщо спостерігається його надлишок, то можуть утворитися великі кристали на поверхні та створюють сильний металевий блиск замість бажаного ефекту.

Механізм утворення детально не описаний. Мідь в авантюриновій глазурі утворюється шляхом кристалізації купруму і потребує відновника, який можна додати в глазур, або це може бути власне атмосфера печі. Хром в авантюриновій глазурі утворюється у вигляді гексагональних кристалів Cr_2O_3 ; Залізо в авантюриновій глазурі кристалізується у вигляді штучних гематитів або суміші гематиту і фаяліту, та часто піддається термічним обробкам, де найкраща авантюрисценція виникає при температурі майже 1200°C (рис. 1.15)(табл. 1.1). У будь-якому випадку, розчинення-кристалізація оксиду або металу, відповідального за ефект, включає окислювально-відновні реакції, рівновага яких сильно залежить від температури та складу розплаву, тому утворення бульбашок часто спостерігається при утворенні глазури, коли початковий склад не збалансований. (A. Gozalbo, M.J. Orts, S. Mestre, P. Gómez, P. Agut F. Lucas, 2006)

Табл. 1.1 - Характеристика авантюринової глазури із різним вмістом

Fe_2O_3 .

Fe_2O_3 %	Зовнішній вигляд глазури	Бульбашки	Кристали
5	Однорідний прозорий	Дуже маленькі і численні	Відсутні
10	Однорідний темно-червонуватий колір	Великі і численні	Відсутні

15	Дуже неоднорідні різні відтінки коричневого	Великі і рідкісні	Поодинокі кристали можуть зустрітись в окремих місцях
20	Однорідний червонувато- коричневий колір	Відсутні	Переважаючі, із дуже вираженим ефектом авантюрисценції

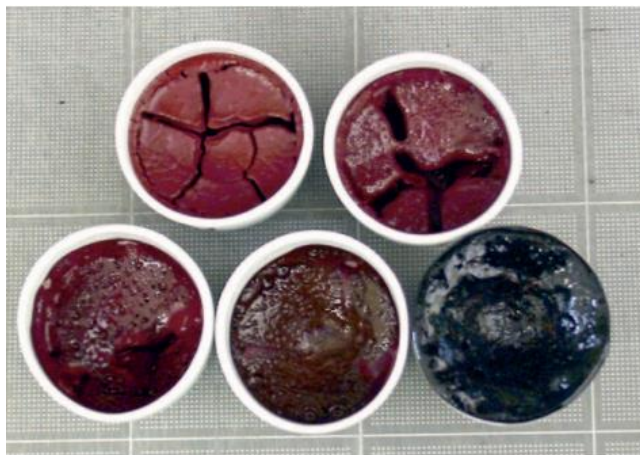


Рис. 1.15 - Авантюринова глазур із вмістом Fe_2O_3 близько 20%, що піддана різними ступенями термічної обробки. Внизу справа найвища температура термічної обробки, близько 1200°C.

Залізовмісна глазур має знижену температуру плавлення (1300 – 1350°C) порівняно з температурою плавлення прозорого кремнистого скла (1400°C). Це імовірно спричинено завдяки тому, що частина оксидів заліза включена в структурну решітку скла у вигляді тетраедрів[Fe³⁺O₄], і враховуючи, що зв'язок Fe – O менш міцний ніж зв'язок Si – O, процеси вітрифікації відбуваються при нижній температурі. Причому значна частина іонів заліза, особливо в двовалентній формі, діють як модифікатори і мають розріджувальну дію на розплав скла.

У виробництві авантюринової глазури взагалі найважливішим фактором є саме **термічна обробка шляхом випалювання**, що включає не тільки витримку при максимальній температурі, але і специфічний охолоджувальний режим також. Для визначення оптимальних часових температурних умов, окрім витримки при максимальній температурі при термообробці, глазур при охолодженні до 500°C зазвичай витримують протягом 0,5 годин з інтервалом кожні 50°C. Максимально зареєстроване зростання розмірів кристалів варіюється від 50 до 110 мікронів (рис. 1.16) за таких умов термообробки:

- Підйом до максимальної температури випалення за 1,5–2 години з витримкою 1,0–1,5 години;
- Охолодження із приблизною швидкістю 60 – 100°C на годину від найбільш досягнутої температури до 680 – 700°C;
- Витримка при температурі 680 – 700°C протягом 30 – 45 хвилин для інтенсифікації росту кристалів.

Подальше підвищення температури випалювання та витримки призводить до надмірної однорідності глазури та призводить до зниження кристалізаційної здатності глазури та кількості утворених кристалів. (I. A. Levitskii, 2001)

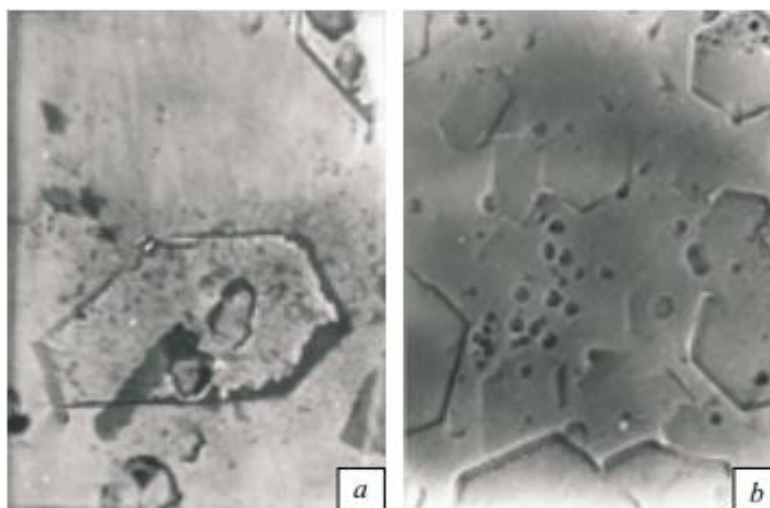


Рис. 1.16 - Фотографії з електронного мікроскопа авантюринової глазурі, термічно обробленої відповідно до оптимальних умов. А) - вміст Fe_2O_3 - 15%; Б) - вміст Fe_2O_3 - 10 %.

Авантюринова глазур, утворена при випалюванні згідно з вищезазначених умов, є візуально прозорим склоподібним тілом, в основному коричневого кольору, із густо пронизаними та рівномірно розподіленими кристалами мерехтливого золотистого відтінку. Кількість кристалів не повинна бути надмірним, що може значно послабити ефект аванюрисценції. Якщо ж буде випадок недостатньої кількості кристалів то буде спостерігатись відсутність ефекту аванюрисценції та наявність бульбашок. (І. А. Levitskii, 2001)

2. ПРИРОДА АВАНТЮРИНОВОГО ЕФЕКТУ У МІНЕРАЛАХ ТА ГІРСЬКИХ ПОРОДАХ

2.1 Фактичний матеріал та методика досліджень

Для проведення подальших досліджень було отримано 7 зразків: два зразки сонячного каменю, три зразки авантюрину (один із вмістом рубіну), зразок лабрадору та зразок амазоніту (*додаток А*). Всі зразки були одержані фірмою Solidus.

З усіх зразків, окрім авантюрину рубінвмісного, були виготовлені **прозора-поліровані шліфи**.

У даній роботі для отримання бажаного результату були здійснені наступні дослідження:

- мікроскопічне дослідження прозора-полірованих шліфів, що були виготовлені із наявних зразків, за допомогою поляризаційного мікроскопу ПОЛАМ РП-1 (*рис. 2.1*);

- макроскопічне дослідження одного унікального авантюрину із включеннями рубінів;

- електронно-зондовий мікроаналіз прозора-полірованих шліфів двох зразків (лабрадору та сонячного каменю) для детального встановлення якісного мінерального складу, за допомогою растрового мікроскопа мікроаналізатора РЕММА 202М (*рис. 2.2*).



Рис. 2.1 - Поляризаційний мікроскоп ПОЛАМ РП-1.



Рис. 2.2 - Растровий мікроскоп мікροаналізатор(PEMMA 202M)

Прозоро-поліровані шліфи, для подальшої роботи, були виготовлені у шліфувальній майстерні ННІ "Інституту геології". Шліфи були зроблені з шести із семи можливих зразків(див. дод. А), окрім зразка №17. Після виготовлення шліфів відбувся власне процес дослідження.

Для макроскопічного опису був використаний один зразок: авантюрин рубінвмісний (зелений кварцит із включеннями рубінів з Танзанії) №17.

Для мікрозондового аналізу було використано два зразка: сонячний камінь №6 та лабрадор №14.

2.2 Дослідження природи авантюринового ефекту

2.2.1 Результати макроскопічних досліджень

Авантюрин рубінвмісний



Рис. 2.3 - Макроскопічне зображення авантюрину рубінвмісного.

Текстура: масивна

Структура: повнокристалічна, нерівномірнозерниста, від дрібнозернистої до крупнозернистої, дрібнозерниста структура переважаюча.

Мінсклад: Головні: цоїзит ($\approx 52\%$), паргасит ($\approx 25\%$), фуксит ($\approx 15\%$); Другорядні: рубін ($\approx 8\%$).

За результатами проведеного макроскопічного опису, так званий **авантюрин рубінвмісний** можна називати **авантюриновим фукситовим аніолітом рубінвмісним**. Фуксит надає гірській породі виразний зелений колір та ефект авантюрисценції, що зрозуміло завдяки іншим, на відміну від мінералів-господарів, характером блиску та формою зерен - фуксит має пластинчасту форму зерен. Рубін був встановлений, через світіння в ультрафіолетовому світлі та високу твердість. Цоїзит та паргасит були лише імовірно встановлені через наявність таких самих мінералів у схожих зразків аніолітів з Танзанії.

2.2.2 Результати мікроскопічних досліджень

Для мікроскопічного опису було використано шліфи з наступних зразків: амазоніт №1, авантюрин №3, сонячний камінь №6, лабрадор №14, сонячний камінь №3446, авантюрин №3448.

Авантюрин

1 мм

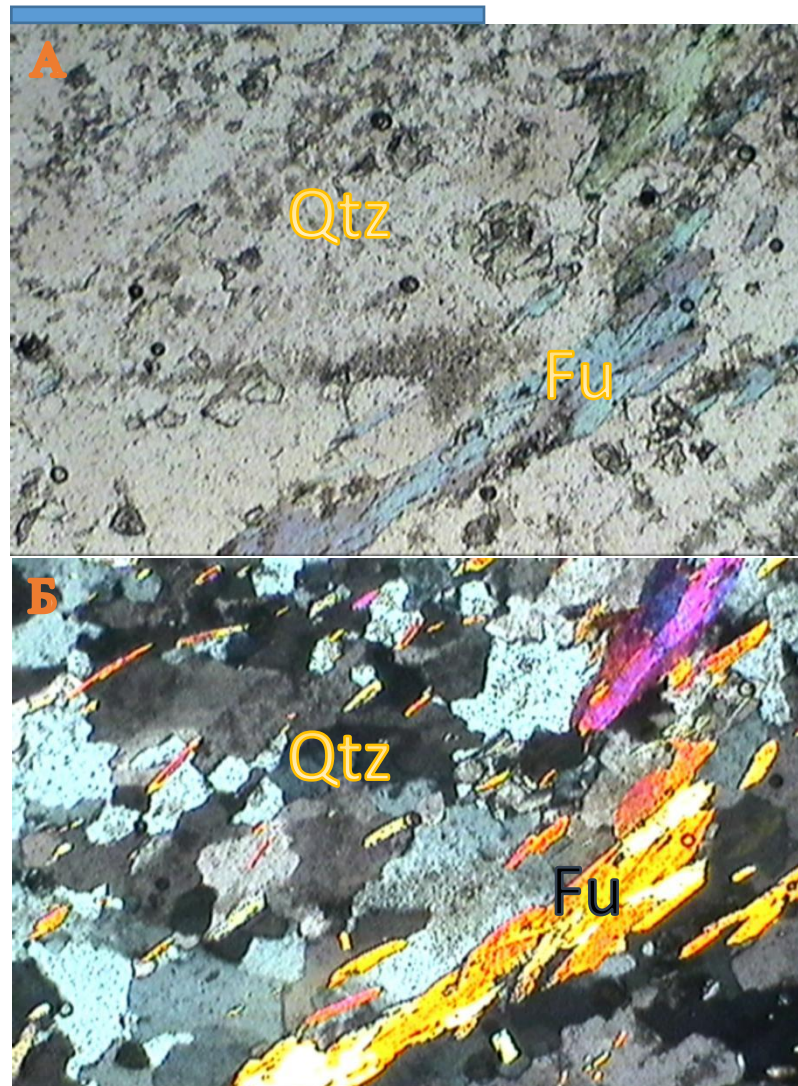


Рис. 2.4 - Зображення у шліфі під поляризаційним мікроскопом. А - в одному ніколі; Б - у схрещених ніколях. Qtz - кварц, Fu - фуксит.

Текстура: директивна: спостерігається орієнтація зерен мусковіту

Структура: повнокристалічна, рівномірнoзерниста, дрібнозерниста, лепідогранобластова зубчаста. Відноситься до гранулітової фації.

Мінсклад: Головні: кварц(75%), фуксит(25%)

Кристали **кварцу** мають гранобластову зубчасту форму, розмір їх зерен від 0,2 до 1 мм. В одному ніколі безбарвний, у двох ніколях спостерігаються низькі кольори інтерференції до світло-сірого 1-го порядку. Показник заломлення $N =$

1,53-1,54 (3 група). Спайність та шагрень відсутня. Переважаюче - однорідне згасання, але деякі кристали мають зональне згасання.

Кристали **фукситу** мають лепідобластову лускату форму зерен, розмір їх зерен дуже сильно варіюється від 0,01 до 0,1 мм. Присутня досконала спайність в одному напрямку, шагрень відсутня. При вимкненому аналізаторі безбарвний та спостерігається псевдоабсорбція. При увімкненому аналізаторі спостерігаються високі кольори інтерференції від помаранчевого 2-го порядку до синьо-зеленого 3-го порядку. Показник заломлення $N = 1,54-1,55$ (4 група). Згасання пряме, однорідне. Фуксит зумовлює дуже виразний ефект аванюрисценції.

В результаті мікроскопічного опису була встановлена нова назва - **авантюриновий фукситовий кварцит зелений**. Для цього зразку також було проведено РФА, який показав наявність хрому та завдяки якому було доведено про наявність **фукситу**.

Сонячний камінь

1 мм

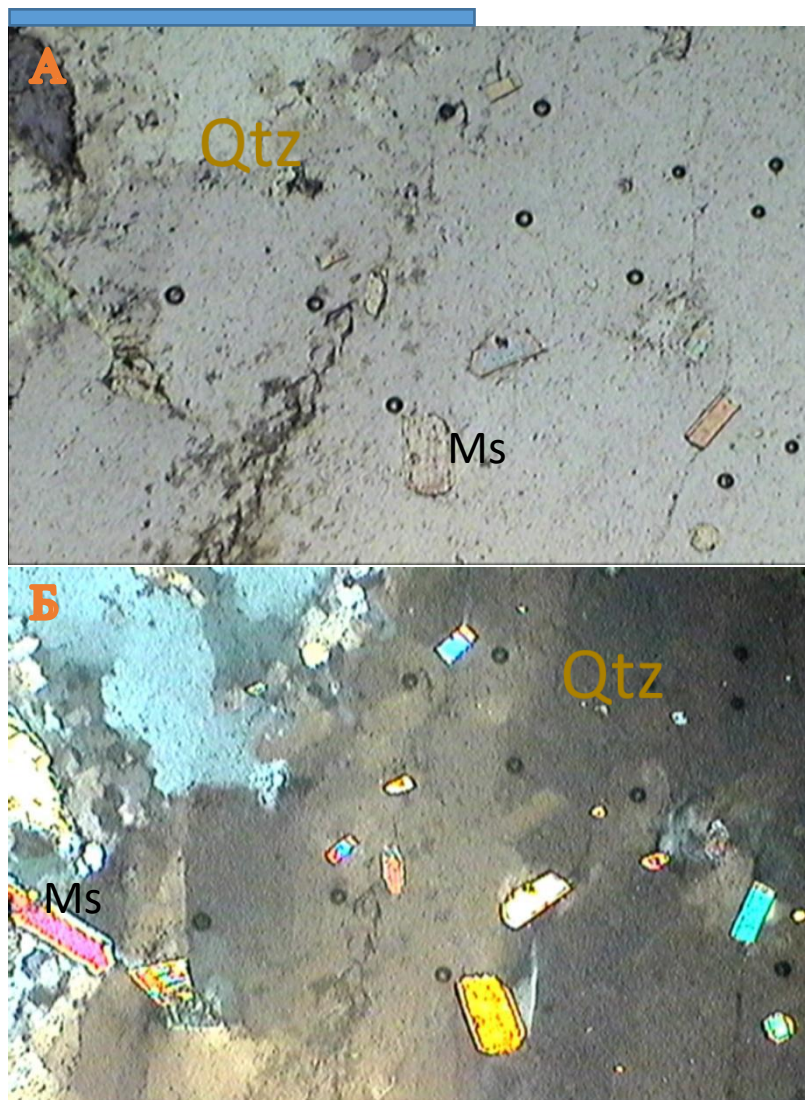


Рис. 2.5 - Зображення у шліфі під поляризаційним мікроскопом. А - в одному ніколі; Б - у схрещених ніколях. Qtz - кварц, Ms - мусковіт.

Текстура: масивна

Структура: повнокристалічна, нерівномірнoзерниста, від дрібнозернистої до крупнозернистої, крупнозерниста переважаюча, лепідогранобластова. Відноситься до гранулітової фації.

Мінсклад: Головні: кварц(80%), мусковіт(20%)

Кристали **кварцу** мають гранобластову форму, розмір їх зерен від 0,5 до 10 мм. В одному ніколі безбарвний, у двох ніколях спостерігаються низькі кольори інтерференції до світло-сірого 1-го порядку. Показник заломлення $N = 1,53-1,54$ (3

група). Спайність та шагрень відсутня. Переважаюче - однорідне згасання, але деякі кристали мають зональне згасання.

Кристали **мусковіту** мають лепідобластову лускату форму зерен. Розмір зерен від 0,02 до 0,4 мм. Спостерігається досконала спайність в одному напрямку, шагрень відсутня. В одному ніколі безбарвний та спостерігається псевдоабсорбція. У схрещених ніколях спостерігаються високі кольори інтерференції від помаранчевого 2-го порядку до синього 3-го порядку. Показник заломлення $N = 1,54-1,55$ (4 група). Згасання пряме, однорідне. Мусковіт зумовлює дуже виразний ефект аванюрисценції.

В результаті мікроскопічного опису була встановлена нова назва - ***авантюриновий мусковітовий кварцит рожевий***.

Амазоніт

1 мм

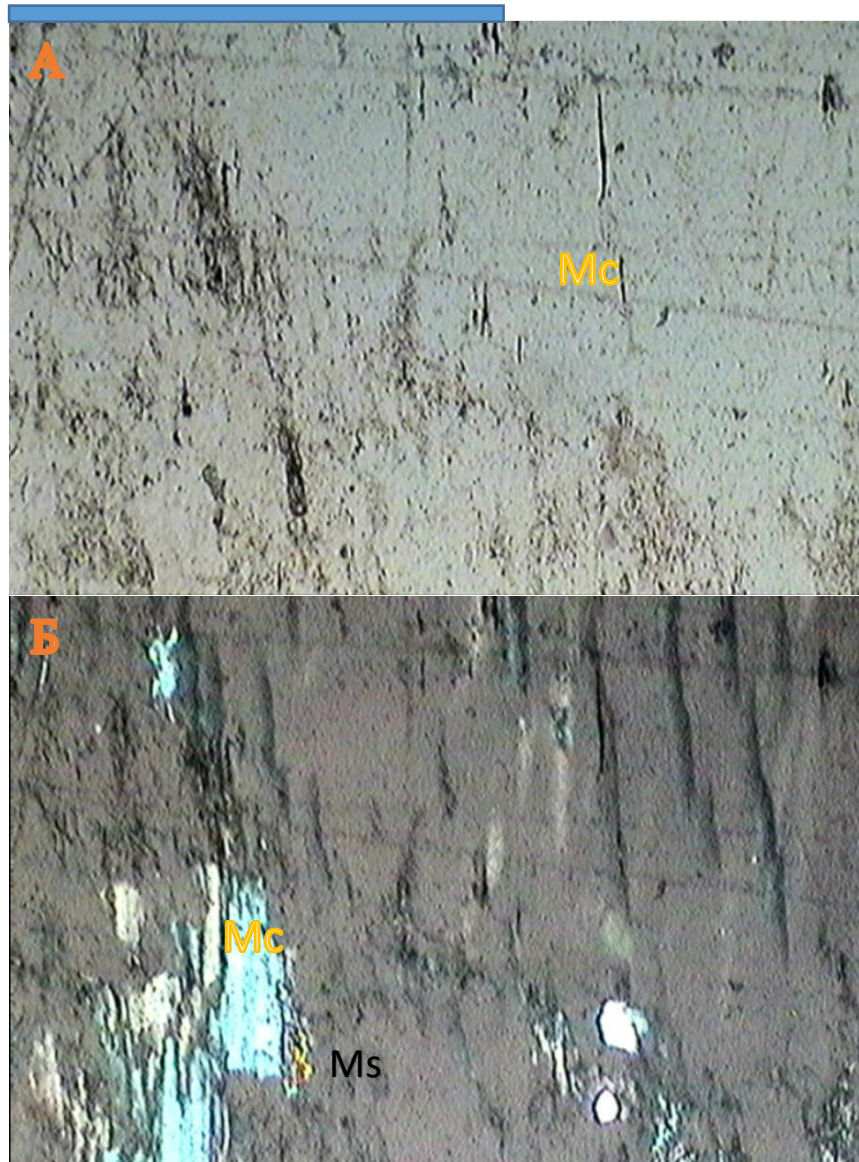


Рис. 2.6 - Зображення у шліфі під поляризаційним мікроскопом. А - в одному ніколі; Б - у схрещених ніколях. Mc - мікроклін, Ms - мусковіт.

Кристал **амазоніту**, що являє собою різновид **мікрокліну**, безбарвний в одному ніколі, у схрещених ніколях спостерігаються низькі кольори інтерференції до світло-сірого 1-го порядку. Показник заломлення $N = 1,52$ (II група). Присутня досконала спайність у двох напрямках та двійникове згасання із вираженим ефектом “мікроклінової ґратки”, шагренів відсутня.

У кристалі **мікрокліну** присутні включення **мусковіту**, які займають 5% від площі шліфа та спричинюють дуже невиразний ефект авантюристенції.

Фукситовий кварцит зелений

1 мм

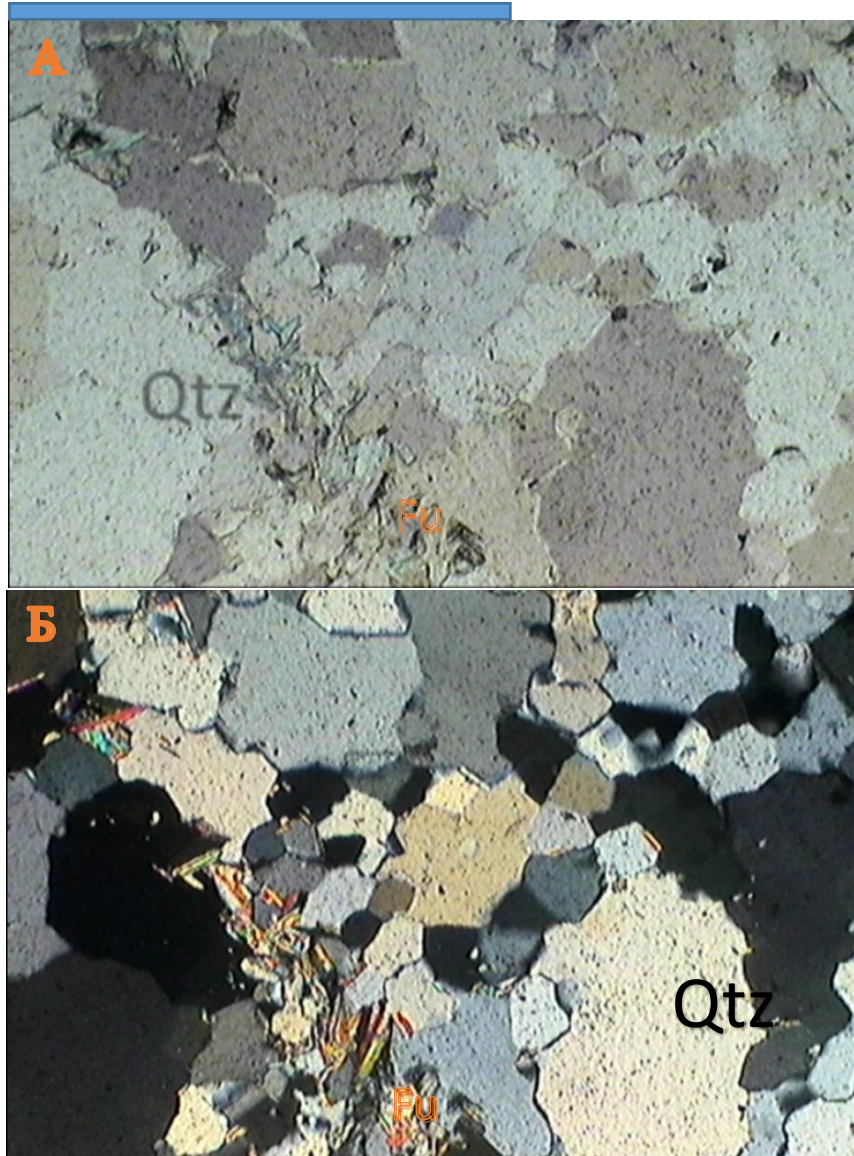


Рис. 2.7 - Зображення у шліфі під поляризаційним мікроскопом. А - в одному ніколі; Б - у схрещених ніколях. Qtz - кварц, Fu - фуксит.

Текстура: масивна

Структура: повнокристалічна, нерівномірнозерниста, від дрібнозернистої до середньозернистої, дрібнозерниста переважаюча, лепідогранобластова стільникова. Відноситься до гранулітової фації.

Мінсклад: Головні: кварц(90%), фуксит(10%)

Кристали **кварцу** мають гранобластову стільникову форму, розмір їх зерен від 0,1 до 2 мм. В одному ніколі безбарвний, у двох ніколях спостерігаються низькі кольори інтерференції до світло-сірого 1-го порядку. Показник заломлення $N = 1,53-1,54$ (3 група). Спайність та шагрень відсутня. Кристали однорідне згасання.

Кристали **фукситу** мають лепідобластову лускату форму зерен, мають розмір зерен, що варіюється від 0,01 до 0,1 мм. Присутня досконала спайність в одному напрямку, шагрень відсутня. При вимкненому аналізаторі безбарвний та спостерігається псевдоабсорбція. При увімкненому аналізаторі спостерігаються високі кольори інтерференції від помаранчевого 2-го порядку до синьо-зеленого 3-го порядку. Показник заломлення $N = 1,54-1,55$ (4 група). Згасання пряме, однорідне. Фуксит зумовлює ефект авантюрисценції.

В результаті мікроскопічного опису була встановлена нова назва - **фукситовий кварцит зелений**. Для цього зразку також було проведено РФА, який показав наявність хрому та завдяки якому було доведено про наявність **фукситу**.

Сонячний камінь

1 мм

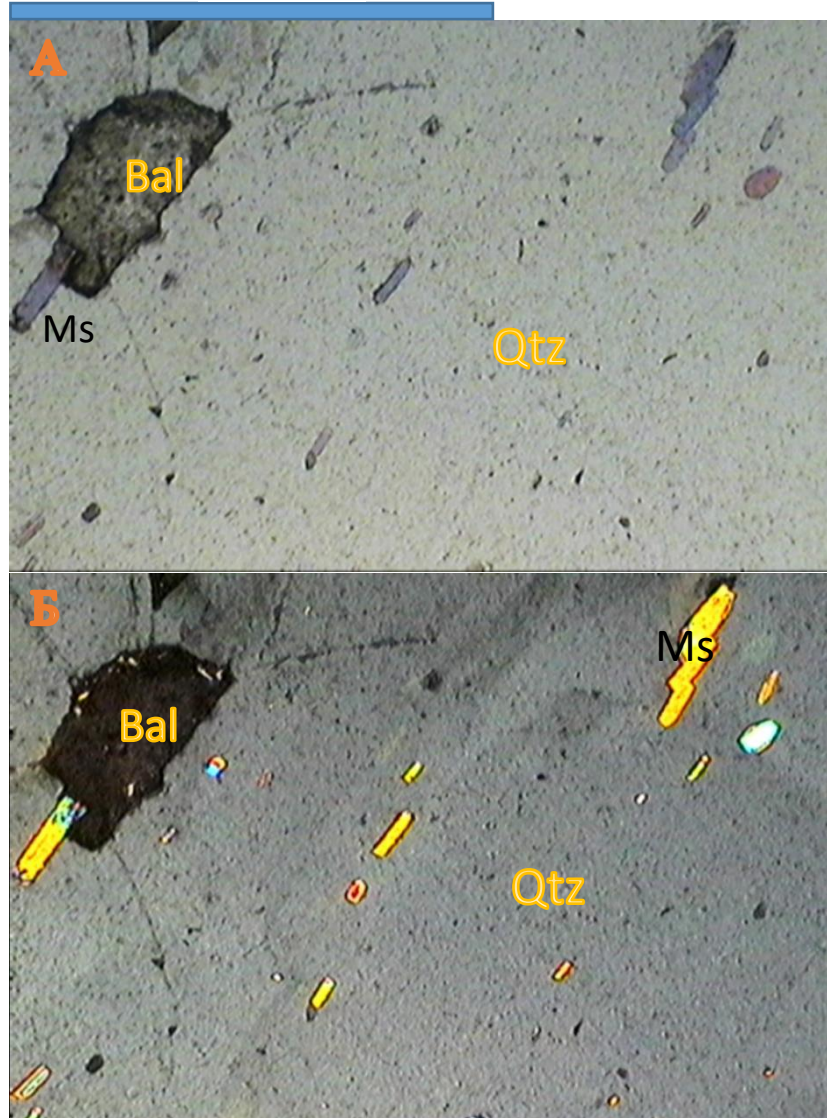


Рис. 2.8 - Зображення у шліфі під поляризаційним мікроскопом. А - в одному ніколі; Б - у схрещених ніколях. Qtz - кварц, Ms - мусковіт, Bal - канадський бальзам.

Кристал кварцу при вимкненому аналізаторі безбарвний, а при увімкненому аналізаторі спостерігаються низькі кольори інтерференції до світло-сірого 1-го порядку. Показник заломлення $N = 1,53$ (3 група). Спайність та шагрень відсутня.

У кристалі **кварцу** наявні включення мусковіту, які зумовлюють ефект авантюрисценції, а також багато дуже дрібних включень, які були визначені за допомогою мікрозондового аналізу. Мусковіт займає $\approx 6-7\%$ від площі шліфа,

дрібні включення займають 1% від площі шліфа та залишки канадського бальзаму займають $\approx 5\%$ від площі шліфа. Мусковіт викликає виразний ефект авантюрисценції.

В результаті мікроскопічного опису була встановлена нова назва - **авантюриновий рожевий кварц**.

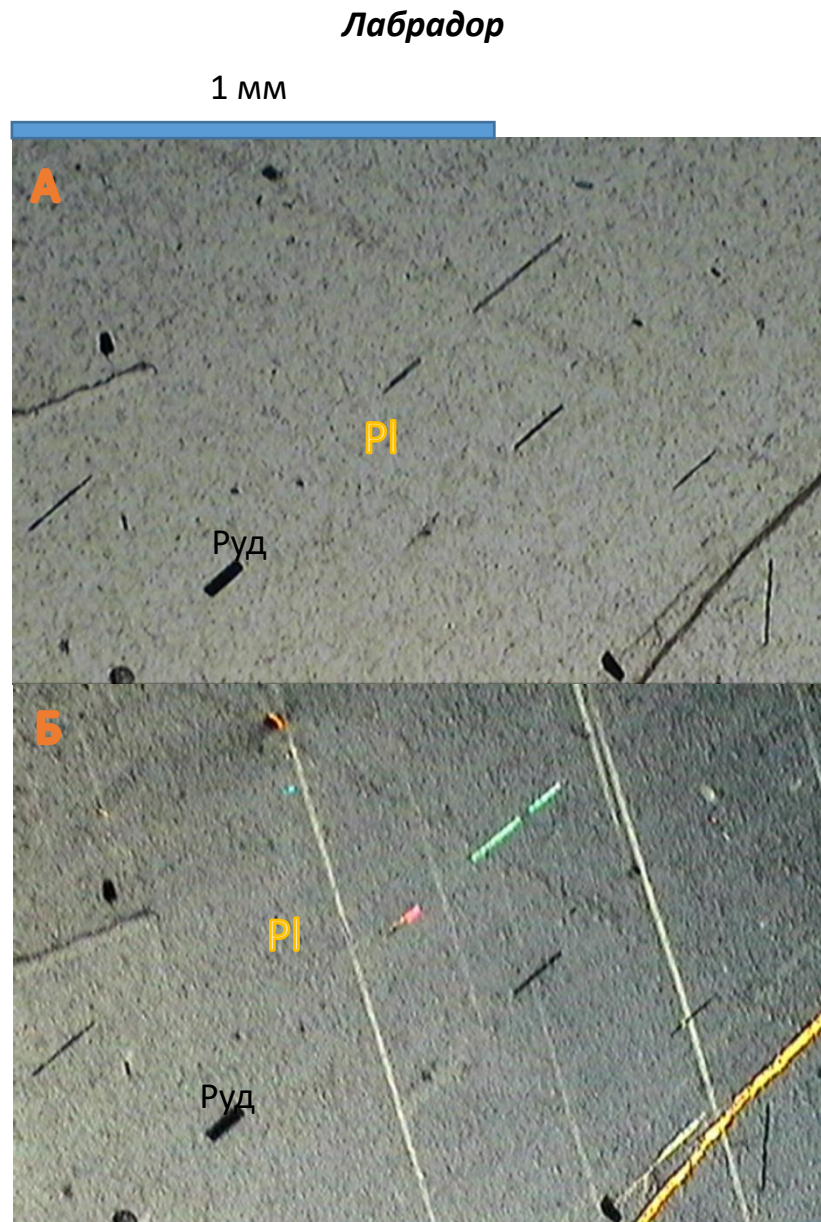


Рис. 2.9 - Зображення у шліфі під поляризаційним мікроскопом. А - в одному ніколі; Б - у схрещених ніколях. Pl - плагіоклаз, Руд - рудний мінерал.

Кристал **плагіоклазу** безбарвний при вимкненому аналізаторі, при увімкненому аналізаторі має низькі кольори інтерференції до світло-сірого 1-го порядку. Показник заломлення $N = 1,53-1,54$ (III група). Присутня добре виражена досконала спайність у двох напрямках, кут між площинами спайності = 42° , шагрень відсутня. Згасання косе, кут згасання = 39° . Також спостерігається характерне для плагіоклазів полісинтетичне двійникування.

У кристалі андезину присутні включення **рудного мінералу**, які займають 5% від площі шліфа та спричиняють ефект аванюрисценції.

Нова назва, **авантюриновий андезин**, була встановлена при результаті проведення перерахунком компонентів у формулі мінералу, де кількість An досягла 49,5%.

2.2.3 Результати електронно-зондового мікроаналізу

За допомогою мікрозондового аналізу досліджувались наступні зразки: рожевий кварц №6 та плагіоклаз №14. У зразку рожевого кварцу були встановлені включення **циркону** та **вітериту/баритокальциту**, які, імовірно, не впливають на ефект аванюрисценції.

Тим часом у зразку плагіоклазу №14 був отриманий корисний результат, оскільки там присутні мінерали-включення такі як: **ільменіт** та **рутил**, які можуть, як вважають дослідники *Henrich Neumann* та *Olav H. J. Christie*, напряму впливати на ефект аванюрисценції (рис. 3.8).

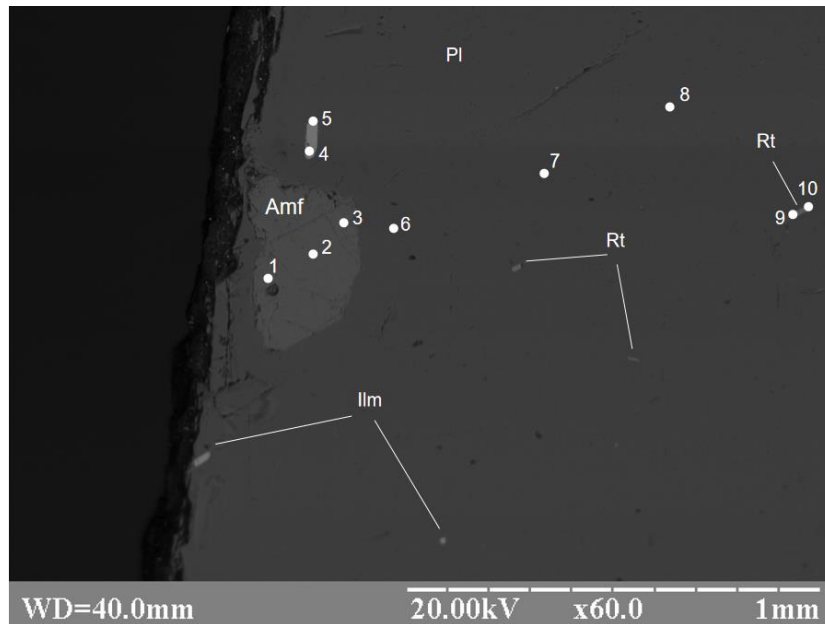


Рис. 2.10 - Електронне зображення зразку плагіоклазу з включеннями *Pl*, *Rt* та *Amf*. Режим *COMPO*. Цифрами позначені проведені виміри.

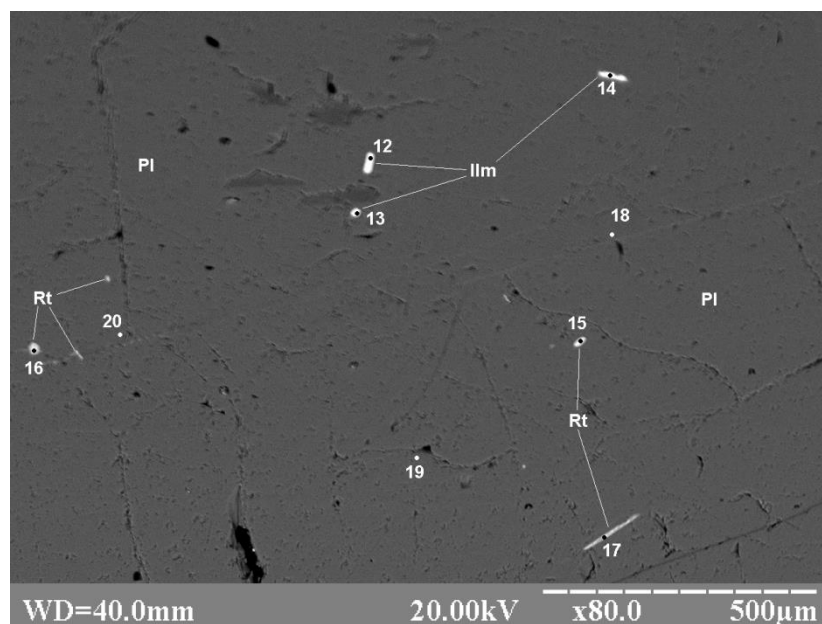


Рис. 2.11- Електронне зображення зразку плагіоклазу з включеннями *Pl*, *Rt* та *Ilm*. Режим *COMPO*. Цифрами позначені проведені виміри.

До вище показаних малюнків також був визначений хімічний склад (табл 3.1), дані якого подані до кожного виміру проведеного під мікрозондом (виміри пронумеровані на рисунку 3.8 від 1 до 10), та прописані формули до тих мінералів-включень, які встановлюють ефект авантаюрисценції та плагіоклазу:

Таблиця 2.1 – Хімічний склад досліджених мінералів

Sample	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO	MnO	Summ
1	1,1	11,98	12,33	39,45	2,32	13,36	2,83	16,62		100
2	1,04	11,65	12,75	39,11	2,31	13,2	3,02	16,92	0	100
3	1,54	11,56	12,47	38,53	2,31	13,33	2,93	17,32	0	100
4	0	0	0	0	0	0	52,5	46,96	0,54	100
5	0	0,22	0	0	0	0	51,68	47,12	0,97	100
6	4,77	0	29,06	54,44	0,5	11,23	0	0	0	100
7	5,65	0	28,61	54,71	0,54	10,48	0	0	0	100
8	5,6	0	28,24	54,52	0,56	10,84	0	0,23	0	100
9	0	0	0	0	0	0	83,48	16,52	0	100
10	0	0	0	0	0	0	99,88	0,12	0	100
11	1,35	7,44	19,71	32,53	0,61	1,02	0,07	37,12	0,15	100
12	0	0	0	0	0	0	51,37	47,39	1,24	100
13	0	0	0	0	0	0	51,98	47,54	0,48	100
14	0	0	0	0	0	0	51,24	47,87	0,89	100
15	0	0	0	0	0	0	99,8	0,2	0	100
16	0	0	0	0	0	0	97,32	2,59	0,09	100
17	0	0	0	0	0	0	97,57	2,43	0	100
18	6,11	0	27,84	54,71	0,6	10,74	0	0	0	100
19	5,87	0	28,14	55,15	0,62	10,23	0	0	0	100
20	5,73	0	28,34	54,62	0,74	10,57	0	0	0	100

Примітка: 1-3, 11 – амфібол; 4,5,12-14 – ільменіт; 9, 10, 15-17 – рутил; 6-8, 18-20 – плагіоклаз.

За осередненими значеннями концентрацій, одержаних в результаті проведення електронно-зондових досліджень, розраховано формули деяких мінералів (табл. 2.2).

Табл 2.2 - Отримані формули мінералів

Ільменіт	Рутил	Плагіоклаз
$(\text{Fe}_{1,01}\text{Mn}_{0,02})\text{Ti}_{0,99}\text{O}_3$	$\text{Ti}_{0,98}\text{Fe}_{0,05}\text{O}_2$	$(\text{Ca}_{0,52}\text{Na}_{0,49}\text{K}_{0,03})[\text{Al}_{1,51}\text{Si}_{2,47}\text{O}_8]$

ВИСНОВКИ

За результатами проведених досліджень було досягнуто основної мети - встановлення природи ефекту аванюрисценції в мінералах, які можуть провокувати на появу цього ефекту, а саме:

1. Мікроскопічно встановлено ефект аванюрисценції в усіх досліджених зразках, але найбільш яскраво він виявляється у тих зразках, в яких наявний **фуксит** (наявність якого підтверджено за допомогою РФА) та **мусковіт** у якості мінерала-включення, а саме, фуксит у двох зразках різних фукситових кварцитів, та мусковіту у двох різних зразках мусковітових кварцитів рожевих та одного зразку амазоніту. Макроскопічно навіть на цих зразках видно включення слюдистих мінералів, оскільки вони мають вираженіший блиск, на відміну від мінерала-господаря.
2. Макроскопічно досліджений один зразок аніоліту. В результаті встановлено ефект аванюрисценції, який спричинений фукситом.
3. Підтверджено, наведену норвезькими спеціалістами Henrich NeumannOlav H. J. Christie у виданні "Observations on plagioclase aventurines from southern Norway" 1962-го року, про можливість спричинення ефекту аванюрисценції у зразку аванюринового андезину завдяки присутності таких мінералів як **рутил** і **ільменіт**. Присутність цих мінералів виявлено за допомогою електронно-зондового мікроаналізу.
4. Встановлені нові назви у майже всіх зразків, окрім зразку амазоніту, що доводить про надання торгівельної назви багатьом зразкам, задля збільшення привабливості та ціни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

М.Т. Бакка, С.Б. Олексійчук. (2005). *Гемологія(практичні аспекти)*. Житомир: Міністерство освіти і науки України. Житомирський державний технологічний університет.

Рисунок 1.1 був узятий із джерела: <https://geology.com/gemstones/aventurine/>

Рисунок 1.2 був узятий із джерела: <https://www.gems-inclusions.com/inclusions-in-gemology/aventurescence/>

Рисунок 1.3 був узятий із джерела:

<https://www.gemstones.com/gemopedia/aventurine-quartz>

Рисунок 1.4 був узятий із джерела: <https://geology.com/rocks/quartzite.shtml>

Рисунки 1.5 та 1.6 були узяті із: The Journal of Gemmology. (2018). *Gemmological Association of Great Britain*, Volume 36, №2, p. 103-104.

Рисунки 1.7 та 1.8 були узяті із джерела: <https://www.gia.edu/gems-gemology/fall-2021-gemnews-pink-aventurine-quartz-algurite-inclusions>

Рисунок 1.9 узятий із джерела: <https://www.mindat.org/photo-5611.html>

Рисунок 1.10 узятий із джерела: <https://geology.com/gemstones/sunstone/>

Риснуок 1.11 узятий із джерела: <https://www.mindat.org/photo-529666.html>

Риснуок 1.12 узятий із джерела: <https://www.gemstones.com/gemopedia/iolite>

Рисунок 1.13 узятий із джерела: <https://geology.com/gemstones/goldstone/>

Рисунок 1.14 узятий із джерела: <https://geology.com/gemstones/goldstone/>

Рисунок 1.15 узятий із джерела:

<https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/0062315e.pdf>

Рисунок 1.16 узятий із джерела:

<http://www.iust.ac.ir/files/mateng/khazraee.pdf>

Рисунок 2.1 узятий із джерела:

http://proflab.com.ua/components/com_virtuemart/shop_image/product/550bc64110dcd.jpg

Рисунок 2.2 узятий із джерела: <http://www.geol.univ.kiev.ua/depts/mineral/ua/>

Таблиця 1.1 була побудована за даними із джерела:

<https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/0062315e.pdf>

Brendan M. Laurs, Sarah Bremner, Carol M. Stockton, Alan D. Hart, Roger R. Harding. (2018). The Journal of Gemmology. *Gemmological Association of Great Britain*, Volume 36, №2, p. 103-104.

A. Gozalbo, M.J. Orts, S. Mestre, P. Gómez, P. Agut F. Lucas та інші. (2006). *CERAMIC GLAZES WITH AVENTURINE EFFECT*. Castellón. Spain. Retrieved from: <https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/0062315e.pdf>

E.A. Monroe. (1986). The Journal of Gemmology. *Gemmological Association of Great Britain*, Volume 20, №2, p. 83-86. <C:\Лена\УНИВЕР\ЕК\ЕК 2023\дипломи\дипломи бак 2023\JoG Vol 36 No. 2 Online.pdf>

Egor Gavrilenko. (2014-2020). Inclusions in Gemology: Aventurescence. *Gems-Inclusions.com: all about inclusions in gemstones*. Retrieved from: <https://www.gems-inclusions.com/inclusions-in-gemology/aventurescence/>

Henrich Neumann, Olav H. J. Christie. (1962). *Observations on plagioclase aventurines from southern Norway*. Oslo: Mineralogisk-Geologisk Museum. Retrieved from: https://njg.geologi.no/images/NJG_articles/NGT_42_II_389-393.pdf

Hobart M. King. (2005-2023). Gemstones: Aventurine. *Geology.com: Geoscience news and information*. Retrieved from: <https://geology.com/gemstones/aventurine/>

Hobart M. King. (2005-2023). Gemstones: Goldstone. *Geology.com: Geoscience news and information*. Retrieved from: <https://geology.com/gemstones/goldstone/>

Hobart M. King. (2005-2023). Gemstones: Cordierite. *Geology.com: Geoscience news and information*. Retrieved from: <https://geology.com/minerals/cordierite.shtml>

Hobart M. King. (2005-2023). Gemstones: Sunstone. *Geology.com: Geoscience news and information*. Retrieved from: <https://geology.com/gemstones/sunstone/>

Jolyon & Katya Ralph. (2009). "Goldstone" - Aventurine Glass. *Gemdat.org*. Retrieved from: <https://www.gemdat.org/article.php/112/%22Goldstone%22+-+Aventurine+Glass>

I. A. Levitskii. (2001). *Glass and ceramics: Mechanism of phase formation in aventurine glaze*. Vol. 58, № 5 – 6. Retrieved from: <http://www.iust.ac.ir/files/mateng/khazraee.pdf>

Jolyon & Katya Ralph. (2017). Oregon Sunstone. *Mindat.org*. Retrieved from: <https://www.mindat.org/min-27155.html>

Jolyon & Katya Ralph. (2010). Sunstone (Aventurine Feldspar). *Gemdat.org*. Retrieved from: <https://www.gemdat.org/gem-10984.html>

Jolyon & Katya Ralph. (2010). Sunstone. *Mindat.org*. Retrieved from: <https://www.mindat.org/min-10984.html>

Manuthcer-Danai, Mohsen. (2005). *Dictionary of Gems and Gemology*. Berlin: Springer-Verlag.

Shu-Hong Lin, Yu-Ho Li, Huei-Fen Chen. (2021). Gems & Gemology: Pink aventurine quartz with alurgite inclusions. *Gemological Institution of America(GIA)*, Volme 57, №3. Retrieved from: <https://www.gia.edu/gems-gemology/fall-2021-gemnews-pink-aventurine-quartz-algurite-inclusions>

Tim Matthews. (2014). Aventurine Quartz. *Gemstones.com*. Retrieved from: <https://www.gemstones.com/gemopedia/aventurine-quartz>

Tim Matthews. (2014). Iolite. *Gemstones.com*. Retrieved from: <https://www.gemstones.com/gemopedia/iolite>

ДОДАТКИ

Додаток А

Список використаних зразків

Номер(№)	Торгівельна назва	Прив'язка
1	Амазоніт	Мадагаскар
3	Авантюрин	Бразилія
6	Сонячний камінь	Невідомо
14	Лабрадор	Мадагаскар
17	Авантюрин рубінвмісний	Танзанія
3446	Сонячний камінь	Невідомо
3448	Авантюрин	Невідомо