

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

(інститут)

Факультет природничих наук та технологій

(факультет)

Кафедра Загальної та структурної геології

(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Лесечко Ігоря Олеговича  
академічної групи 184-19-1  
(шифр)

спеціальності 184 Гірництво  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою «Гірництво»  
(офіційна назва)

на тему: Геологія, видобуток, обробка і оцінка кольорових різновидів  
повнокристалічного кварцу  
(назва за наказом ректора)

| Керівники                 | Прізвище,<br>ініціали | Оцінка за шкалою |               | Підпис |
|---------------------------|-----------------------|------------------|---------------|--------|
|                           |                       | рейтинговою      | інституційною |        |
| кваліфікаційної<br>роботи | Нікітенко І.С.        |                  |               |        |
| розділів:                 |                       |                  |               |        |
| Загальний                 | Нікітенко І.С.        |                  |               |        |
| Рецензент                 | Шевченко С.В.         |                  |               |        |
| Нормоконтролер            | Нікітенко І.С.        |                  |               |        |

Дніпро  
2023 р.

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри

загальної та структурної геології

(повна назва)

Шевченко С.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Лесечко Ігоря Олеговича

академічної групи 184-19-1

(шифр)

спеціальності 184 Гірництво

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою «Гірництво»

(офіційна назва)

на тему: Геологія, видобуток, обробка і оцінка кольорових різновидів повнокристалічного кварцу

(назва за наказом ректора)

наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 21.04.2023 р. № 284-с.

| Розділ    | Зміст  | Термін виконання  |
|-----------|--|-------------------|
| Загальний | Генетичні типи родовищ кварцу                    | 15 травня 2023 р. |
|           | Особливості видобутку повнокристалічного кварцу  | 25 травня 2023 р. |
|           | Традиційні та інноваційні способи обробки кварцу | 30 травня 2023 р. |
|           | Ринок виробів з кварцу                           | 5 червня 2023 р.  |

Завдання видано

(підпис керівника)

Нікітенко І.С.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі

15 квітня 2023 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії

10 червня 2023 р.

Прийнято до виконання

(підпис студента)

Лесечко І.О.

(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 56 с., табл. 2, рис. 45, джерела 15.

КВАРЦ, АМЕТИСТ, ЦИТРИН, ДИМЧАСТИЙ КВАРЦ, ГІРСЬКИЙ КРИШТАЛЬ, КРИСТАЛИ, ОГРАНКА, РОДОВИЩА, РОЗСИПИ.

Актуальність. Кварц є найбільш поширеним мінералом земної кори, що дозволяє видобувати його ювелірні різновиди як на корінних родовищах і розсипах, так і під час супутнього видобутку інших корисних копалин. Разом з тим, нові технології видобутку, облагородження та виготовлення виробів зумовлюють необхідність їх аналізу і врахування для умов вітчизняного ринку.

Мета роботи: аналіз інноваційних технологій видобутку, облагородження та виготовлення виробів з повнокристалічного кварцу.

Задачі:

1. Здійснити аналіз особливостей видобутку кварцу на різних генетичних типах родовищ.
2. Визначити фактори різноманіття природного та штучного забарвлення кварцу, охарактеризувати сучасні способи облагородження, окремо дослідити групу кристалів кварцу з оригінальними включеннями як сегмент ринку.
3. Дослідити сучасні технології обробки для створення виробів з ювелірними різновидами кварцу.
4. Виконати аналіз ринку художніх виробів з повнокристалічного кварцу.

Об'єкт дослідження: ювелірні різновиди повнокристалічного кварцу.

Предмет дослідження: гемологічні властивості різновидів кварцу, що впливають на їх якісні і вартісні характеристики.

Практичне значення: розширення загальних відомостей щодо географії і геології родовищ, а також ринку каменесамоцвітної сировини та декоративно-художніх виробів з повнокристалічного кварцу.

## ЗМІСТ

### ВСТУП

#### 1. ГЕНЕТИЧНІ ТИПИ РОДОВИЩ КВАРЦУ

1.1. Кольорові різновиди повнокристалічного кварцу

1.2. Гідротермальні родовища

1.3. Пегматитові родовища

1.4. Геологічні особливості будови родовища аметисту та кварцу Анахі

Висновки до розділу 1

#### 2. ОСОБЛИВОСТІ ВИДОБУТКУ ПОВНОКРИСТАЛІЧНОГО КВАРЦУ

2.1. Видобуток відкритим способом

2.2. Видобуток підземним способом

Висновки до розділу 2.

#### 3. ТРАДИЦІЙНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ СПОСОБИ ОБРОБКИ КВАРЦУ

3.1. Традиційні ювелірні вироби з кварцу

3.2. Фантазійне огранювання та інші оригінальні форми виробів з кварцу

3.3. Технологічна карта на виготовлення перстню з аметистом

Висновки до розділу 3

#### 4. РИНОК ВИРОБІВ З КВАРЦУ

4.1. Критерії якості сировини та виробів з кварцу

4.2. Вартісні характеристики кварцу на світовому ринку

4.3. Уніками з повнокристалічного кварцу

Висновки до розділу 4.

### ВИСНОВКИ

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

# 1. ГЕНЕТИЧНІ ТИПИ РОДОВИЩ КВАРЦУ

## 1.1. Кольорові різновиди повнокристалічного кварцу

Кварц відноситься до найпоширеніших мінералів у земній корі. Його загальна масова частка перевищує 50%. Основний елемент – кремній. У природі зустрічається у вигляді кристалів, піску чи навіть монолітної скельної породи. Видобуток кварцу ведеться у промислових масштабах. Чистий кварц має прозорий колір. За складом він близький до скла, але твердіше за нього. Також досить великі відмінності є у коефіцієнті заломлення.

Історично склалися назви таких різновидів повнокристалічного кварцу, як гірський кришталь, аметист, цитрин, димчастий кварц, прازیоліт, аметрин, моріон. Відомі також кристали кварцу з різноманітними включеннями.

Кристали кварцу можуть мати дуже різну величину. Типовий розмір одного кристала сягає 5-10, 20 см. Гірський кришталь може зустрічатися і великими скупченнями. Найдрібніші кристали – кварцовий пісок. Безбарвний кварцовий пісок аналогічний за складом чистому кристалічному кварцу.

Аметист. Кристали аметистів (рис. 1.1) є одними з найпопулярніших дорогоцінних каменів у світі, які використовуються вже тисячі років. Віра у цілющі властивості каменю сягають давньогрецьких часів. Насправді слово «аметист» походить від грецького слова *amethystos*, що означає «тверезий». Вважалося, що носіння каменю сприяє збереженню твердого, тверезого мислення.

Аметисти утворюються у вигляді довгих призматичних кристалів у жеодах або порожнистих скелях. Ці жеоди утворюються, коли у вулканічній породі є порожнини. Коли порода охолоджується, насичена мінералами вода, гази та вулканічний матеріал дистиллюють і кристалізуються. Хоча, як правило, аметист зустрічається темно-фіолетового кольору, він також може мати червонувато-фіолетовий або дуже блідо-фіолетовий відтінок, який переходить у бузковий.



Рис. 1.1 Друза кристалів аметисту [1]

Натуральний аметист використовувався для особистих прикрас принаймні 2000 років, тоді як синтетичний аметист став застосовуватися нещодавно і є набагато менш поширеним.

Будучи членом сімейства кварців, що характеризується характерним фіолетовим кольором, аметист має твердість сім за шкалою Мооса. Аметистові дорогоцінні камені довговічні, і це робить їх ідеальними для всіх видів ювелірних виробів. Ви часто знайдете аметист у сережках, кулонах, браслетах і каблучках, його навіть ограновують для створення манжетів браслетів або бус.

Завдяки своїй твердості та довговічності камінь можна різати, надаючи різної форми, що робить його ще більш універсальним. Різьблення, плоскі і грановані вироби та кабошони – це лише деякі з найбільш поширених товарів.

Родовища аметисту природного походження відомі у Шрі-Ланці, Сибіру, Бразилії, Уругваї, Намібії та на Далекому Сході, а також у великих родовищах у Намібії, Австралії та Америці. Найбільші ресурси цього самоцвіту зосереджені в Південній Америці (рис. 1.2).

Що стосується ціни, вартість аметисту залежить від низки факторів, включаючи розмір каменю та глибину його кольору.

Різновиди аметистів. Аметист доступний у кількох варіантах, кожен з яких має свій унікальний колір від фіолетового до червоно-фіолетового. Різновиди дорогоцінного каменю включають лавандовий аметист, який має світліший колір, а також канадський аметист. Останній містить червоний шар безпосередньо під поверхнею, що робить колір більш яскравим. Інші різновиди аметистів включають аметрин, кактусовий кварц і аметист Веракрус.

Аметистові поклади широко поширені на Середньому Уралі, в Приполяр'ї, а також на Шрі-Ланці, в Північній Америці та Бразилії. Менші родовища відомі на Мадагаскарі в Уругваї, Вірменії. Знамените родовище аметистів «мис Корабель» розташоване на Кольському півострові.

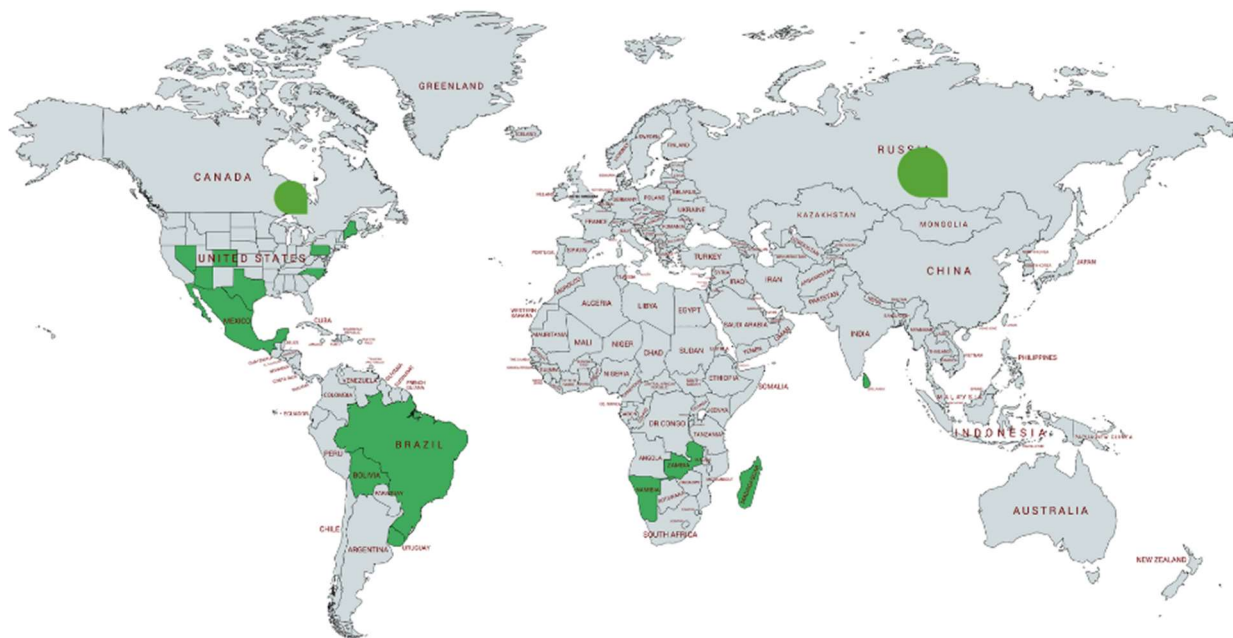


Рис. 1.2. Карта поширення аметисту у світі [2]

Аметист втрачає колір під впливом сонячних променів. При нагріванні кристал аметисту змінює колір від фіолетового до жовтого, а при більш тривалому впливі температури — від жовтого до прозорого. При охолодженні може відновити первісне забарвлення.

*Гірський криштал* – прозорий різновид кремнеземного мінералу кварцу, який цінується за його прозорість і повну відсутність кольору чи недоліків.

Посудини та сфери вирізали з великих кристалів з давніх часів, і застосування слова «кристал» до тонкого скляного посуду походить від цієї практики.

Гірський кришталю раніше широко використовувався як дорогоцінний камінь (зазвичай з блискучим огранюванням), але його замінили скло та пластик; стрази спочатку були кварцовою галькою, знайденою в річці Рейн . Хоча схожість з діамантом віддалена, широке застосування безбарвного кварцу в ювелірній справі призвело до використання слова алмаз в описі кристалів кварцу з багатьох регіонів, як «алмаз Херкімер» з округу Геркімер, Нью-Йорк .



Рис. 1.3. Гірський кришталю

Оптичні властивості гірського кришталю зумовили його використання в лінзах і призмах; його п'єзоелектричні властивості використовуються для управління коливаннями електричних кіл .

*Цитрин* - популярний дорогоцінний камінь, який належить до сімейства кристалів кварцу. Він відомий своїм вражаючим жовтим кольором і високою



прозорістю, що робить його одним із найбажаніших жовтих дорогоцінних каменів у світі. Природний цитрин, який утворюється в результаті геологічних процесів у глибині Землі, є досить рідкісним і цінним у порівнянні з синтетичними або термічно обробленими версіями.

Крім естетичних якостей, він має кілька властивостей, які зробили його затребуваним каменем протягом всієї історії. Його часто асоціюють з позитивною енергією та добробутом. Крім того, багато людей вважають, що цитрин має різні метафізичні властивості, які можуть по-різному принести користь як фізичному, так і психічному здоров'ю. Назва «цитрин» походить від французького слова «citron», що означає лимон, тому що за кольором дорогоцінний камінь нагадує лимон.

Інформацію про цитрин можна простежити до I ст. н. е., коли він був вперше відкритий стародавніми цивілізаціями в Греції та Римі. Історично склалося так, що природні цитрини були рідкістю, і більшість каменів, які продавалися як такі, насправді були термічно обробленим аметистом або димчастим кварцом. Однак сьогодні існує багато джерел природного цитрину, знайдених у всьому світі.

Цитрин, можливо, не найрідкісніший дорогоцінний камінь, але він все одно особливий. Його привабливий жовто-помаранчевий колір, доступність і довговічність роблять його найбільш продаваним дорогоцінним каменем. Деякі з цитринів на ринку є результатом термічної обробки аметисту, що надає йому унікального кольору і відтінків. Сліди заліза в його структурі відповідають за його жовто-оранжевий колір.

Він також має помірну ціну, тому навіть великі дорогоцінні камені залишаються доступними, що додає йому привабливості. Його можна знайти в лаві, метеоритах і глибоко в земній мантії. Камінь ограновують та використовують як вставки в ювелірних виробах. Хоча він не є надзвичайно рідкісним порівняно з іншими дорогоцінними каменями, такими як діаманти чи смарагди, його краса та доступність роблять його чудовим вибором для будь-кого.

Необроблений цитрин - це різновид кварцового кристала, який став неймовірно популярним у світі дорогоцінних каменів. Він відомий своїми яскраво-жовтими та золотистими відтінками, які варіюються від світлого до насиченого залежно від того, скільки оксиду заліза воно містить. Що стосується мінеральних груп, то він відноситься до макрокристалічного різновиду, з твердістю 7 з 10 за шкалою Мооса.



Рис. 1.4. Цитрин [3]

Відмінними рисами зазвичай є його прозорість, шестикутна форма та смуги вздовж однієї або двох сторін кристала. Його природний колір може варіюватися досить різко в діапазоні від блідо-жовто-зеленого до темно-фіолетово-коричневого; однак більшість комерційних цитринів пройшли термічну обробку, щоб покращити їх колір, зробивши їх яскравішими та живішими, ніж вони були б у природі.

Один із способів перевірити, чи справжній камінь цитрин, - дослідити його колір. Справжні цитрини мають жовтий або золотистий відтінок, тоді як оброблені можуть здаватися занадто помаранчевими або коричневими. Ще один фактор, який слід враховувати при пошуку автентичних цитринів, - це їх розмір. У той час як синтетичні версії можуть мати більший розмір, натуральні

цитрини зазвичай не перевищують 20 каратів. Сліди домішок заліза також можуть вказувати на те, що колір цитрину є природним.

*Аметрин* – неймовірної краси дорогоцінний камінь, різновид кварцу, що має дуже рідкісну двоколірну зональну структуру, яка поєднує в собі властивості та кольори двох каменів аметиста та цитрина. При цьому чітко проглядається лінія розмежування фіолетового та жовтого кольорів. Цю рідкісну особливість підкреслює складова назва мінералу, перша половина назви взята від імені фіолетового каменю аметист, закінчення – з імені жовтого мінералу цитрин. Найбільш відомими і популярними вважаються аметрини фіолетово-жовтого кольору. Але зустрічаються мінерали інших кольорів, зокрема: винно-жовті, жовтувато-персикові, жовтувато-бузкові.



Рис. 1.5. Аметрин

Факторами різноманіття природного забарвлення кварцу є присутність у кристалічній ґратці елементів, що формують колір:  $Fe^{3+}$  (жовтий),  $Fe^{3+}$  (фіолетовий),  $Al^{3+}$  (коричневий). Зелений колір прازیолітів і жовтий колір деяких цитринів заснований на центрах забарвлення, утворення яких вимагає високоенергетичного опромінення радіоактивними елементами в навколишніх породах. Різновиди кварцу на основі центрів забарвлення є плеохроїчними, і їх центри забарвлення можуть бути зруйновані термічною обробкою.

До основних способів облагородження відносяться термічна обробка і радіаційне опромінення, а також їх комбінування. Ще одним зі способів є осадження тонкої металевої плівки (так званий райдужний/опалесцентний кварц «aqua aura»).

## 1.2. Гідротермальні родовища

Кришталеносні кварцові жили. Безрудні кварцові жили з кришталеносними порожнинами, у яких разом з гірським кришталем зустрічається аметист, зазвичай залягають серед зелених сланців, кварцитів і гнейсів. Аметист наростає на субстрат з жильного кварцу або кристали гірського кришталю. Найбільші родовища: Хасаварка (Урал), Монтесума і Гроту-ду-Кошу (Бразилія). Відомі прояви у Індії та США.

Мінералізовані зони тріщин у гранітоїдних породах. Родовища зосереджуються в ендоконтактах гранітоїдних масивів та контролюються тектонічними зонами, що перетинають контакти інтрузивів з метаморфічними породами. Аметист локалізується у аметистоносних тріщинах серед інтрузивних брекчійованих порід. Найбільші родовища: Мвакамбіко (Зімбабве), Мурзинський аметистоносний район (Урал), Обман (Якутія), Фор-Пікс (Аризона, США).

Ефузивні породи основного складу. Скупчення аметисту знаходяться у верхніх частинах лавових покривів, складених мигдалекам'яними базальтами, що містять велику кількість мінералізованих пологих тріщинок. Аметист складає центральні частини жеоду вигляді суцільних друз і щіток. Більшість родовищ знаходиться у шт. Ріу-Гранді-ду-Сул (Бразилія) та в Уругваї. Відомі менші родовища у базальтах південного сходу Австралії та о.Тасманія. Подібні за генезисом родовища у кислих ефузивах поширені в Сибіру.

### 1.3. Пегматитові родовища

Заноришеві пегматити. Пегматитові жили складені письмовим гранітом з ділянками блокового польового шпату і кварцу. Пегматити містять відкриті тріщини і занориші, стінки яких, крім аметисту, вкриті кристалами польового шпату, кварцу, чорного турмаліну (шерлу) і топазу. Дрібні аметисти зустрічаються у тонких тріщинах і невеликих порожнинах, а крупні кристали – разом з димчастим кварцом – у порожнинах розміром до перших метрів. Найбільші родовища даного типу зустрічаються на Мадагаскарі, у Шрі-Ланці і М'янмі та є джерелом розсіпів.

Камерні пегматити. У камерних пегматитах аметист утворюється на останній стадії кварцової мінералізації та наростає на кристали димчастого кварцу і моріону у вигляді зовнішніх шарів і кірок. У такому вигляді спостерігався на Майдантальському пегматитовому полі (Узбекистан). Рідше зустрічається окремо від димчастого кварцу у невеликих порожнинах, заповнених глинистою масою, на контакті між графічним пегматитом і кварц-польовошпатовою зоною. Родовища, що розробляються, відомі у шт. Монтана (США).

Окрему групу на ринку складають зразки кварцу з включеннями інших мінералів. Включення представлені мінералами групи амфіболу (актиноліт), рутилом, хлоритами, епідототом, гранатами, оксидами і гідроксидами заліза (гематит, лімоніт, гетит), турмаліном (шерл) та більш рідкісними включеннями, зокрема лазуліт, холандит, дюморт'єрит.

### 1.4. Геологічні особливості будови родовища аметисту та кварцу Анахі

Історія шахти. Видобуток аметрину огорнутий легендами. Відповідно до Jean Marc TressiCre (1993), європейці вперше дізналися про аметрин у XVII столітті, коли іспанець конкістадор подарував зразки своєму монарху; конкістадор отримав аметринову копальню як посаг, коли він одружився з місцевою принцесою на ім'я Анахі з племені айорео. Дані про подальше

видобування аметрину до ХХ століття відсутні, хоча є інформація, що він знову з'явився в ХІХ столітті в руках уругвайців, парагвайських і бразильських дилерів. Холден (1925) описав двоколірний аметист-цитрин. Лейнмляйн (1951; цит. по: Баліцький та Баліцька, 1986) описав аналогічний матеріал нібито з Бразилії. Також є відомості, що родовище спорадично експлуатувалося індіанцями із місцевого племені айорео, які продали своє виробництво у місіонерському посту у Рінкон-дель-Тигрі торговцям дорогоцінним камінням із Пуерто-Суареса (Р. Колін та Д. Рейс, перс. ком., 1993). Відомо, що виробництво дорогоцінного каміння час від часу відновлювалося у 1960-х роках (Litherland et al., 1986). Активна експлуатація не відбувалася до пізніх 1970-х років, коли попит на матеріали для огранювання дорогоцінного каміння стимулював бразильських торговців дорогоцінним камінням, а також бразильських, болівійських, та парагвайських гірників у цьому районі. Оскільки родовище знаходилося у державному фіскальному резерві Болівії, однак за конституцією він був закритий для приватного видобутку корисних копалин. Фактично поблизу було створено військову базу спеціально для запобігання такій діяльності. Тим не менш, видобуток корисних копалин продовжувався. Дослідники дорогоцінного каміння подорожували човном річкою Парагуай до селища Амолар.

Болівійський уряд не лише заборонив видобуток корисних копалин в районі Анахі в цей період, але також уряд Бразилії запровадив суворі обмеження на імпорт, що зробило практично неможливим легальне ввезення до Бразилії дорогоцінного каміння, що видобувається в Болівії.

Методи видобутку. Початкова експлуатація родовища аметрину була рудиментарною; за словами перших гірників, було достатньо матеріалу, похованого у профілі ґрунту та виступаючих кавернах, щоб видобуток здійснювався шляхом копання неглибоких ям та траншей. Так як поверхневі шари виснажилися, невеликі шахти і тунелі були опущені в скелю, завжди слідуючи тенденціям жилوک і порожнин, що виходять на поверхню. В даний час видобуток корисних копалин в Анахі ведеться виключно підземними тунелями та виробками. Модернізація та впровадження більш ефективних підземних

методів видобутку були спочатку реалізовані за допомогою видобувачів дорогоцінного каміння з Бразилії, які працювали на договірній основі. Наразі шахта керується виключно персоналом M&M під керівництвом Болівійського гірничого інженера. Близько 60 гірників працюють на родовищі.

Гемологічні властивості. Три різні різновиди кварцу присутні у кристалі аметрину: цитрин, аметист і аметрин. Гемологічні властивості кожного різновиду обговорюються окремо.

Цитрин. Рудник Анахі – одне з небагатьох комерційних родовищ природного цитрину; цитрини доступні сьогодні на ринку дорогоцінного каміння, виробляються термообробкою аметисту в марабху (до яскравого «золотого» оранжево-жовтого) або Ріу-Гранді-ду-Сул і Уругвай (від оранжевого до оранжево-коричневого) (Epstein, 1988). Товщина від кількох міліметрів до 1 см, цитрини Анахі зазвичай мають колір від оранжево-жовтого до коричнево-зелено-жовтого і тільки слабо дихроїчні. Слабкий дихроїзм виражається з усіма відмінностями в інтенсивності смуг оптичного поглинання, що спостерігаються при паралельному освітленні вторинних тріщин у кристалах.

Аметист. Це основний дорогоцінний камінь, видобутий у руднику Анахі через його більші запаси та економічне значення. Асортимент аметистів Анахі від майже безбарвного до інтенсивного фіолетово-пурпурового. Аметистові ділянки сильно зональні, через нерівномірний розподіл забарвлення, контрольований «бразильськими двійниками», та кольорову зональність видно у каменях, зрізаних у площині майже перпендикулярно до осі С. Загалом, аметист з Анахі — «чистий» фіолетовий, без видимих коричневих чи жовтих модифікацій в аметисті з шахт, таких як Мараб та Ріо-Гранді-ду-Сул, тому що колірне зонування матеріалу Анахі змушує огранювачів дорогоцінного каміння повністю видаляти смуги цитрину з необробленого аметиста під час розпилювання. Аметисти з інших шахт часто мають огранювання, що включає як «чисті» пурпурно-фіолетові сектори, так і коричнево-пурпурно-фіолетові сектори в тому ж камені. Ці змішані сектори каміння часто мають коричневий відтінок, характерний для секторів Z.

Коефіцієнти заломлення типового аметиста Анахі, отримані з 10 каменів, дорівнюють 1,541-1,550; також було зафіксовано значення питомої ваги 2,65 г/см<sup>3</sup>. Оскільки аметист плеохроює, колір може змінюватись від "чистого" фіолетового до рожево-фіолетового та синього, залежно від кута огляду щодо оптичної осі. Термічна обробка викличе поступове зникнення кольору аметисту та остаточне зникнення при 400°C.

Аметрин. До кінця 1970-х років згідно Домінгос Рейс, одного з піонерів огранки аметрину, більша частина сировини з Анахі, що доходила до центрів огранювання в Бразилії, розпилювали вибірково, і лише аметистові ділянки використовувалися тому, що цитриновий колір вважався між зонами цитрину та аметиста кристалографічно контрольованим, і великий розмір зони аметиста та цитрину. Аметрини зазвичай обрізають для посилення двох кольорів, при цьому межа кольору перпендикулярна площадці. Прямокутні, паралелограмні, квадратні чи інші форми незграбної геометрії разом зі ступінчастими малюнками огранювання також використовуються, а не діамантові огранювання, які змішують кольори за рахунок внутрішнього відбиття. Однак, діамантове огранювання успішно використовувалося в ювелірних виробках. Крім того, поєднання кольорів ідеально підходить для різьблення та нової моди. Методи, що включають аметистовий та цитриновий сектори як частину загального твору мистецтва, нещодавно увійшли в моду. Ограновані деталі містять в основному цитрин з домішкою аметисту, який набуває приємного відтінку «шампанського» або «персика». Крім традиційних розрізів, деякі кристали аметрину також можна розрізати перпендикулярно вісі, що дає зональну колірну комбінацію «зірка-плід», аналогічну тій, що показана на малюнку.

Геологія і мінералізація. Родовище Анахі знаходиться біля північної основи пагорба з доломітового вапняку, який є частиною гребеня простягання з півночі на південь, що височіє на 200 м над навколишніми рівнинами Пантаналу (рис. 1.6). Ці хребти є поверхневим виразом системи регіональних розломів і, ймовірно, утворилися в результаті гідротермальної зміни та окварцювання вапняків, що надає їм більшої стійкості до вивітрювання та ерозії.



Уздовж системи розломів цього регіону розташовано кілька родовищ кварцу (Litherland et al., 1986), але значну кількість аметрину ювелірної якості було виявлено тільки в Анахі. Найближча шахта Mina Pobre (Бідна шахта) також виробляє низькоякісний (каламутний) аметрин. Карбонатні відкладення, що містять родовище Анахі відносяться до групи Murciélago, пологої товщі вапняків потужністю 500 м. Карбонати імовірно, були депоновані в період розширення мілководного континентального моря, вони залягають над товщею конгломератів, вулканічних порід, пісковиків, сланців, смугастих залізо-марганцевих утворень, що незгідно залягають на склепіннях гранітних порід.

Родовище аметрину Анахі розташоване уздовж великої регіональної системи розломів, уздовж якої виявлені й інші родовища кварцу. Безпосередньо у районі Анахі домінуючою вмісною породою є доломітовий вапняк з групи Murciélago. Вважається, що відкладення карбонатів Murciélago та їхня наступна складчастість відбулися під час бразиліанського орогенезу між 500 і 900 мільйонами років тому, коли також розвивалися системи регіональних розломів північного простягання (Litherland et al., 1986).

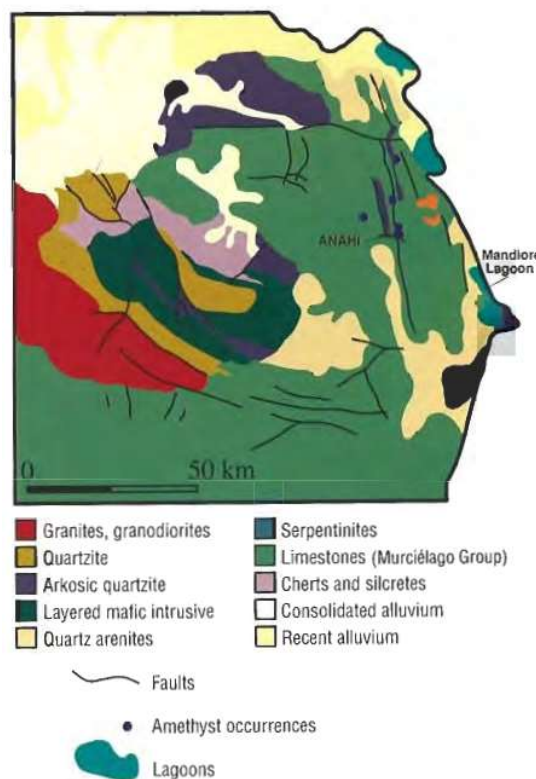


Рис. 1.6. Геологічні особливості району шахти Анахі

У районі шахти Анахі Murcielago вапняки зустрічаються у вигляді шаруватих сіруватих шарів з червонуватими залістими горизонтами і як кремкові масивні карбонатні відкладення. Рентгеноструктурний аналіз вказує на те, що ці породи є доломітизованими вапняками. Петрографічні дослідження також показують, що горизонти багаті на оксиди заліза (переважно гематитом), уламковий кварц і тонкозернисті білі слюди, ймовірно, мусковіт. Карбонатні пачки Murcielago простягаються на S53°E і падінням на 35 градусів на південний захід, але перевернутий і вертикальні блоки часто зустрічаються разом. Доломітові пласти сильно порушені розломами та окременні у районі рудника, з перевернутим вапняком блоки, що зцементовані масивним молочним кварцом.

Контакт між вапняком та кварцом різкий. Вапняк розчинявся доти, дки відбулося осадження кремнезему. У районах, де брили вапняку великі (до 10 м) та відкриті порожнини між сусідніми блоками широкі, масивний наріст кварцу поступово стає ідіоморфним, утворюючи кристали пурпурового кольору та оранжево-жовтий до кінчика. Ці кристали зростають до центру відкритих просторів. Деякі камери до 5 м завдовжки, 3 м завширшки та 5 м заввишки суцільно викладені призматичними кристалами кварцу.

Цей тип мінералізації характеризується розломами та перевернутими блоками, що демонструють ознаки вибухового гідророзривоутворення, за яким слідує початкове швидке осадження мінералів, відоме як гідротермальна брекчія (рис. 1.7). Мінералізаційні процеси в Анахі були багаті на кремнезем, і в результаті осаджувався кварц. Великі розміри порожнин, у яких можуть зустрічатися кристали припускають міграцію масивних кількостей розчинів, багатих на кремнезем, після початкового брекчіювання.

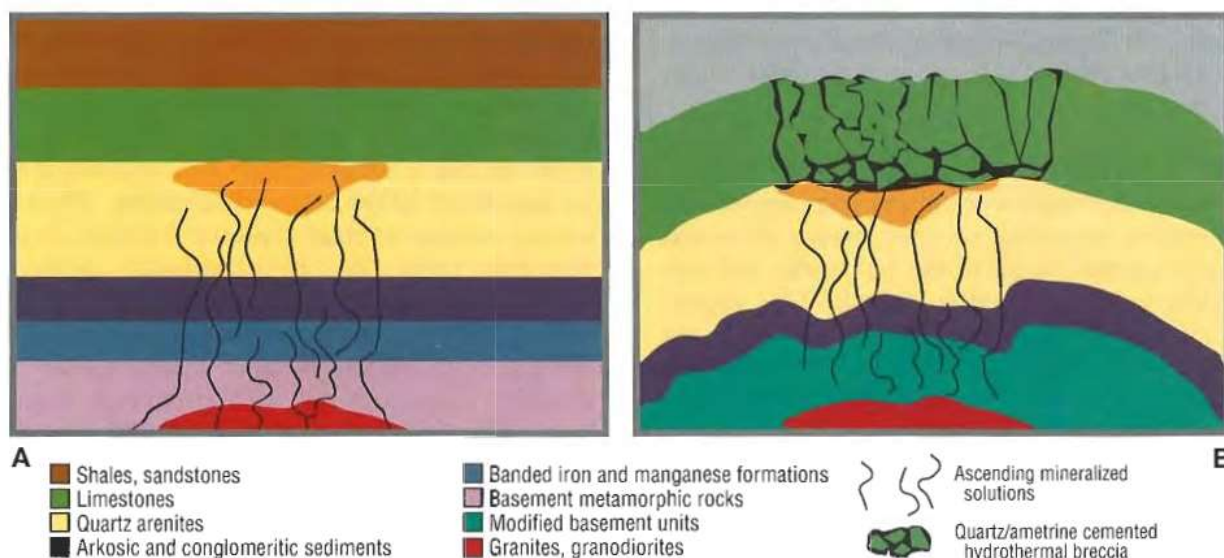


Рис. 1.7. Схематичний розріз родовища Анахі

Коли гідротермальні рідини раптово розгерметизуються, вони киплять, подібно до втрати CO<sub>2</sub>, коли відкривається газована пляшка. Кипіння можна розпізнати через наявність первинних флюїдних включень з пропорціями пари і рідини, що широко варіюють в одному зразку. У кристалах кварцу з копальні Анахі науковці спостерігали включення від чисто рідких до чистої пари, що також свідчить про те, що відкладення утворилися в результаті осадження кремнезему, коли гідротермальні флюїди закипіли. Порожнини та камери, що містять аметрин, часто наполовину заповнені білими та червоними глинистими мінералами.

Гідротермальна активність сприяла зростанню кварцу в тріщинах і пустотах доломітового вапняку. Стінки цих отворів часто вкриті товстим шаром масивного кварцу з ідіоморфними кристалами кварцу, що ростуть всередину до центру порожнин. Деякі з них є кристалами аметрину; багато з них були витравлені пізнішою гідротермальною діяльністю.

Цей схематичний розріз зображає геологічну еволюцію родовища Анахі в часі, коли гарячі мінералізовані розчини утворюються в корі і мігрують вгору вздовж пористих і проникних порід, вони можуть досягти бар'єру, представленого менш проникним горизонтом (А). Ця перешкода заважає

розчинам, і зростає гідростатичний (водяний) тиск. Коли гідростатичний тиск стає більшим за літостатичний (гірський) тиск, каміння розривається (В). Новоутворені тріщини дозволяють розчинам знову мігрувати. При раптовому скиданні тиску розчини менш здатні утримувати розчинені компоненти. Це призводить до швидкого осадження мінералів. Сланці, що лежать вище, згодом вивітрюються та розмиваються.

### Висновки до розділу 1

1. Гідротермальні родовища кварцу представлені трьома типами: безрудні кварцові жили з кришталеносними порожнинами, у яких разом з гірським кришталем зустрічається аметист, зазвичай залягають серед зелених сланців, кварцитів і гнейсів ( родовища Монтесума і Гроту-ду-Кошу, Бразилія); мінералізовані зони тріщин у гранітоїдних породах (Мвакамбіко, Зімбabwe, Фор-Пікс, США); ефузивні породи основного складу – тут аметист складає центральні частини жеод у вигляді суцільних друз і щіток (більшість родовищ знаходиться у шт. Ріу-Гранді-ду-Сул, Бразилія, та в Уругваї).

2. На пегматитових родовищах кристали кольорових різновидів кварцу зустрічаються у заноришевих і камерних пегматитах. В останніх розміри кристалів сягають понад 1 м і можуть важити кілька тонн. Родовища відомі в Бразилії, Намібії, Україні.

3. Найбільш оригінальним різновидом кварцу, що поєднує в собі два кольори одночасно і видобувається на єдиному родовищі у світі, є аметрин з копальні Анахі у Болівії. Кольори аметисту і цитрину створені домішками заліза з різними ступенями окислення в кварці. Вважається, що фіолетовий утворюється через  $Fe^{3+}$ , який окислюється до  $Fe^{4+}$  природним випромінюванням в результаті розпаду калію-40 у довколишніх породах. Вважається, що золотисто-жовтий утворюється  $Fe^{3+}$ . Прямі контакти відділяють зони аметисту від зон цитрину. Цей візерунок утворюється за бразильським законом близнюків, у якому два кристали кварцу різного кольору зрощуються, утворюючи двоколірний дорогоцінний камінь.

## 2. ОСОБЛИВОСТІ ВИДОБУТКУ ПОВНОКРИСТАЛІЧНОГО КВАРЦУ

Видобуток п'єзооптичного кварцу ведеться відкритим способом (кар'єрами) при розробці розсипів на глибинах до 10-15 м та підземними гірничими виробками (шахтами, шурфами, штольнями) при експлуатації незмінених вивітрюванням (корінних) пегматитових тіл.

Кварц — це кристалічний кремнезем, який міститься в середньому від 58% до 63% на земній поверхні та зустрічається у всіх типах порід, включаючи магматичні, метаморфічні та осадові. Вони найбільше поширені в таких країнах: Бразилія, США, Канада, Норвегія, Індія, Китай і Австралія, які виробляють кварц високої чистоти.

Родовища, походження та типи кварцу

Кварц – природний кремнезем (діоксид кремнію  $\text{SiO}_2$ ). Один з найпоширеніших мінералів у земній корі. Має велику кількість різновидів і як жоден інший мінерал різноманітний і за кольором, і за формами знаходження, і за генезисом. Зустрічається практично у всіх типах родовищ. Утворюється в гранітних пегматитах, метасоматитах і метаморфітах, головним чином фації зелених сланців.

Найбільшим поширенням користуються пегматити і гідротермальні жили з кристаленосними порожнинами, які залежно від розчину називають "заноришами", "гніздами" або "льохами".

Гірський кришталь в цих порожнинах іноді зустрічається разом з димчастим кварцом (моріоном), цитрином, або з аметистом. Ці різновиди кварцу, як сировина для огранки, попутно добуваються на родовищах п'єзооптичного кварцу і в рудних жилах.

У ефузивних породах зустрічаються мигдалини халцедону з кварцовим виповненням.

Метаморфіти бувають представлені декоративними різновидами з числа кварцитів, кварцевих конгломератів, роговиків, крем'янистих сланців і особливо яшм. В осадових породах кварц є породотвірним мінералом кременів і

пісковиків. У них же утворюються кварцові щітки з дрібними кристалами типу мармароських діамантів. Промислові родовища кварцу представлені пегматитовими і гідротермальними жилами, та звичай концентруються у кристаленосні провінції. Перше місце у світі за масштабом кристаленосної мінералізації займає Бразилія.

Гірський кришталь. Кристали безбарвного прозорого кварцу. Зустрічається головним чином в пустотах гідротермальних жил, що звуться також «занориші» або «льохи». Більшість промислових родовищ і знахідок крупних кристалів и колекційних друз пов'язані з кришталеносними жилами альпійського типу.



Рис. 2.1. Друза гірського кришталю. Джаман-Акжар, Урал



Димчастий кварц - світло-сірий або світло-бурий.

Моріон – від лат. *Morrosus* - «похмурий» - кварц чорного кольору.  
Прозорий у тонких сколах.



Рис. 2.2. Моріон. Урал. Маса 85 кг. Геолого-мінералогічний музей  
НТУ «Дніпровська політехніка»

Цитрин – правильна назва жовтого різновиду кварцу – від французького слова *citron* (лимон). Його довго плутали з жовтим топазом.



Рис. 2.3. Бразильський цитрин

Рожевий кварц вицвітає на сильному сонячному світлі. Цей різновид кварцу рідко утворює огранені кристали і в найкращому випадку лише частково просвічує, а також в більшій або меншій мірі посічений тріщинами. Зустрічається астеризм (рутилові зірки).



Рис. 2.4. Рожевий кварц з астеризмом. Мадагаскар. 9,4 см

Аметист - колір дуже різноманітний відтінками і варіює від майже безбарвно гоблідо-фіолетового, рожево-блакитнувато-фіолетового, блакитнувато-фіолетового до пурпурного, темно-фіолетового, до лавандово-синього, іноді до майже чорного.

Природа забарвлення аметиста не проста і є предметом багатьох наукових дискусій. У свій час вважали, що вона обумовлена домішками Mn (по подібності забарвлення каменю з кольору  $KMnO_4$ ), Fe, Ti, Co, Ni. Але було встановлено, що фіолетове забарвлення обумовлене різновалентними іонами Fe і дефектами (електронно-дірковими центрами) в кристалічній ґратці мінералу. Дефекти



кристалічної решітки - це відхилення від ідеальної просторової періодичності в її реальній будові. А під дією енергії прямого сонячного світла впорядкованість цих дефектів порушується, і аметист з часом може втратити своє забарвлення і перетворитися на простий безбарвний або слабо забарвлений кварц.



Рис. 2.5. Одна з найбільш оригінальних аметистових жеод (Уругвай)

Празиоліт – зеленуватого кольору. Після того, як в 1950-х рр. виявили, що деякі бразильські аметисти під впливом нагрівання можуть перетворюватися на прозорі зелені камені, процес нагрівання проводили навмисно і отримували матеріал, що продавався на ринку під назвою "празиоліт".

В даний час майже всі прازیоліти, що надходять у продаж, є кварцом з неприродним зеленим забарвленням, наданим йому поєднанням термообробки та впливу іонізуючого випромінювання.



Рис. 2.6. Празиоліт

Суничний кварц «Вікторі» – рідкий кварц кольору спілої суниці. Малиново-помаранчевий колір йому надають пластинчасті та пилоподібні включення гематиту і гьотиту. У світі відомі два родовища – в Мексиці (відпрацьовано) і в Казахстані (Жайрем поблизу міста Шимкент).



Рис. 2.7. Суничний кварц «Вікторі»



## 2.1. Видобуток відкритим способом

Видобуток кристалів кварцу зазвичай здійснюється в гірничодобувній промисловості в кар'єрах або рудниках. Особливості видобутку кристалів кварцу можуть відрізнятися в залежності від методів добування та характеристик родовища.

Одним з найбільш поширених методів видобутку кварцу є відкритий гірничий спосіб. Цей метод включає в себе відкриття кар'єру або рудника і використання важких машин і обладнання для вилучення кварцової руди з землі. Після того, як руда була вилучена, її необхідно промити та очистити від домішок, піску та інших відходів. Після цього руда може бути подрібнена та піддана подальшій обробці для вилучення кристалів кварцу.

Коли руда була очищена, її подрібнюють та переробляють для видобутку кристалів кварцу. Часто використовуються методи електромагнітної сепарації.



Рис. 2.8. Кар'єр з видобутку кварцу "Гора кришталева"

Через свою поширеність кварц видобувається звичайним відкритим способом. Основні родовища кварцу розташовані в гористій місцевості, але це не обов'язково. Кольорові кварци (цитрин, агат, халцедон, близько 20 найменувань) широко видобуваються у багатьох країнах. Кристалічний кварц видобувають шахтним чи відкритим способом.

Найбільш зручні для видобутку скельні масиви із чистого кварцу. У такому разі його можна видобувати вибуховим способом великими брилами. Спосіб видобутку багато в чому залежить від подальшого застосування. Так, для скляної промисловості кристалічний кварц не потрібний. Для виробництва електроніки (кремнію для напівпровідників) іноді користуються кварцовою кристалічною породою. Цілісні кристали необхідні для запальничок, п'єзоелектричних гучномовців та інших пристроїв.

## 2.2. Видобуток підземним способом

Інший метод видобутку кварцу - це підземний гірничий спосіб. Цей метод використовується, коли родовище кварцу знаходиться на великій глибині під землею. Він включає в себе використання бурильних машин та вибухових речовин для створення шахт або тунелів, що дають можливість добувати руду з глибини землі. Після того, як руда була вилучена, вона промивається та очищається від домішок та інших відходів.

Під час підземного видобутку кристали кварцу вилучають за допомогою різних методів видобутку, таких як видобуток у стовбурах і тунелях, видобуток на покрівлях і стовпах, а також на схилах. Для видобутку кристала порода, яка містить кристал кварцу, розкладається в процесі вивітрювання. Оскільки кварц є найбільш стійким компонентом, інший найменш стійкий компонент має тенденцію розчинитися першим і дестабілізувати всю структуру. Тому крихкі компоненти, які піддаються хімічному вивітрюванню, розбивають її, поки вона не стане піском і не утворить тверду породу. Для окремого розчинення

кварцового компонента над ним пропускають термальні ґрунтові води з певним значенням рН. Потім кварц осідає у підземному просторі, який потім збирається та відправляється на подальшу обробку.



**Underground Mining**

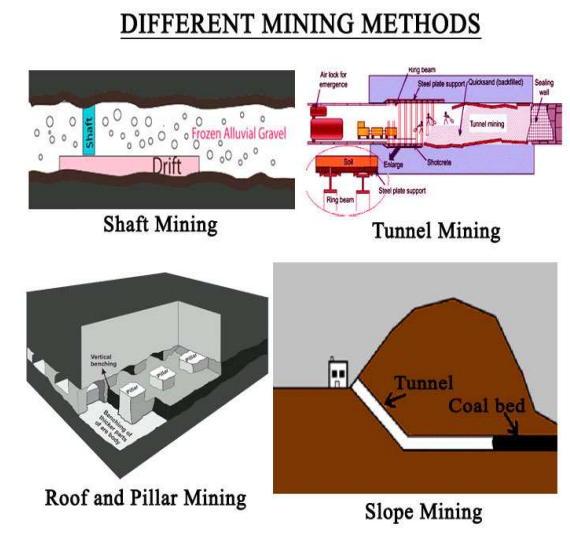


Рис. 2.9. Основні методи підземного видобутку корисних копалин

### Висновки до розділу 2

1. Кварц добувають відкритим способом. Шахтарі час від часу використовують вибухівку, щоб відкрити глибокі кишені кварцу. Частіше для видалення ґрунту та глини та оголення кварцових жил використовуються бульдозери та екскаватори. Після цього вилучення зазвичай здійснюється ручними інструментами.

2. Майже весь промисловий попит на кварцовий кристал (який використовується переважно в електроніці) задовольняється за рахунок синтетичного кварцу, виробленого за допомогою гідротермального процесу. Однак синтетичні кристали менш цінуються для використання в якості дорогоцінних каменів. Сьогодні популярність так званого «лікування кристалами» збільшила попит на природні кристали кварцу, які зараз часто видобувають у країнах, що розвиваються, за допомогою примітивних методів.

### 3. ТРАДИЦІЙНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ СПОСОБИ ОБРОБКИ КВАРЦУ

#### 3.1. Традиційні ювелірні вироби з кварцу

Гарно забарвлені прозорі різновиди кварцу – дорогоцінні камені IV порядку, кольорові халцедони (агати) – напівдорогоцінне каміння II порядку.

Перші кварцові ювелірні вироби почали з'являтися в 7000 р. до н.е. у вигляді натурального каменю в Месопотамії, хоча кварцові скульптури з'явилися задовго до цього. Знаряддя праці та зброя були одними з перших, які почали виготовляти з кварцу. Корінні американці та австралійські аборигени використовували кристали кварцу у своїх ритуалах дощу. Стародавні римляни використовували безбарвний кварц для охолодження рук у спекотну погоду. А кварцові кристалеві кулі використовували для передбачення майбутнього ще з середніх віків.

З тих пір багато культур демонструють використання каменю для ювелірних виробів і культурних звичаїв. Стародавні єгиптяни використовували кристали як декоративні талісмани, які нібито могли запобігти старінню. Стародавні римляни використовували їх як тип печатки, яка позначала власність. Популярність кварцу як дорогоцінного каміння в ювелірних виробках зросла в середні віки, коли він працював як намисто або кулон для лікування або врівноваження емоцій. Він добре ріжеться та полірується, і його можна наносити на гладке покриття. Протягом історії в багатьох культурах можна знайти кварц у намистах, перснях або браслетах.

Традиційними є різноманітні форми фасетного огранювання кварцу: квадрат, октагон, багет тощо.

Якісні зразки великих розмірів слугують сировиною для виготовлення художніх виробів у формі тіл обертання (вази, сфери), прикрас інтер'єру та декоративних речей з плоскими поверхнями (скриньки тощо).

### 3.2. Фантазійне огранювання та інші оригінальні форми виробів з кварцу

Деякі огранщики дорогоцінних каменів стверджують, що їхній камінь «підказує», ким він хоче стати. Для них різьблення стає процесом спілкування з матеріалом, уважно спостерігаючи та враховуючи внутрішню структуру та особливості грубого матеріалу, які керують дизайном. Інші використовують математичний підхід до грубого різання та досягають приголомшливої точності огранювання. Незалежно від методу, ці неймовірно обдаровані митці створюють захоплюючі коштовності.

Плоскі грані — це традиційні двовимірні грані, які ми бачимо в діамантах і кольорових дорогоцінних каменях. Вони формуються суміжними гранями та кутами, під якими вони перетинаються. Увігнуті грані, з іншого боку, буквально додають ще один вимір огранювання. Вони володіють не тільки довжиною і шириною, але і глибиною. Їх потенціал для створення скульптурних творів мистецтва безмежний.



Рис. 3.1. Цей 140-каратний бразильський аметист огранював Віктор Тузлуков. Надано Віктором Тузлуковим. Фото Роберта Велдона/GIA

Багато людей вважають, що увігнуті грані підсилюють блиск і мерехтіння каменю, надаючи йому більше життя та краси. Широке відбиття яскравого світла від плоскої грані вимиває колір. Увігнута грань діє як внутрішнє опукле дзеркало, створюючи відбиті промені з багатьох напрямків усередині дорогоцінного каменю. Світло згори відбивається для спостерігача над головою як вузька яскрава лінія світла у верхній частині вигнутої поверхні, і кожна сторона лінії буде темнішою, створюючи сильний контраст.

«Сильний контраст робить дорогоцінний камінь яскравішим і привабливішим... Мерехтіння є більш динамічним, коли існує сильний контраст між суміжними віртуальними гранями», — сказав Ел Гілбертсон, науковий співробітник GIA, у статті *Gems & Gemology* за 2013 рік .

Внутрішні відбиття світла мають тенденцію приховувати вкраплення, а також усувати вікна. Найбільше покращується зовнішній вигляд дорогоцінних каменів від світлих до середніх тонів. Темні камені можуть виглядати темніше. Різнобарвний аметрин, турмалін і сонячний камінь створюють особливо привабливе різьблення, а включення рутилу в кварц додають особливого інтересу.

«Цей блиск [від сцинтиляції] може створити враження, що камінь має вищий показник заломлення (RI), завдяки чому кварц виглядає як берил, берил — як топаз, топаз — як корунд, а корунд — як цирконій», — каже Едді Влішдрагер у «Ограновуванні». Техніка плоска, увігнута чи опукла?» стаття 2002 року в *Le Bijoutier International*.

Майстри в районі Ідар-Оберштайн виробляли каміння з увігнутими гранями для павільйону з початку 1900-х років. Ці камені увійшли в моду приблизно в 1920 році, а потім знову в 1950-х і 60-х роках.





Рис. 3.2. Цей 18-каратний аметрин огранив Майкл Дайбер із оптичними чашками Дайбера. Надано Orasa Weldon. Фото Emily Lane/GIA

Майкл Дайбер став першим американцем, який коли-небудь отримав першу премію в конкурентному дизайні дорогоцінних каменів на щорічній Німецькій премії ювелірних виробів і дорогоцінного каміння в Ідар-Оберштайні в 1994 році. Він відомий своїм підписом під торговою маркою «Dyber Optic Dishes» і «Luminaires». Обидві техніки створюють оптичні ілюзії за допомогою форми увігнутого огранювання. «Світильники» являють собою порожнисту каналну форму огранювання в самоцвіті.



Рис. 3.3. Цитрин «Dreamscape» є одним із кількох торгових марок Джона Дайера. Надано John Dyer & Co. Фото Лідії Дайєр

Джон Дайер розпочав грандіозну кар'єру ограновувача дорогоцінних каменів у 1996 році, коли його методи проб і помилок почали отримувати красиві блискучі дорогоцінні камені. Він виграв свою першу нагороду AGTA Cutting Edge Award у 2002 році, а в 2005 році став першою людиною, яка перемогла у всій категорії нагороди AGTA Cutting Edge Awards. Він створює колекції фірмових виробів, які виправдовують свої назви: «Dreamscape», «Starbrite», «Sunburst», «Regal Radiant», «Light Weaver» і «Sculptural».



Рис. 3.4. Цей 320-каратний болівійський аметрин був огранований на спеціально розробленій машині для огранювання, створеній художником Марком Гронлундом. Скульптура чудово використовує унікальне колірне зонування, яке спостерігається в аметрині. Надано Марком Гронлундом. Фото Роберта Велдона/GIA

На рис. 3.6. на прикладі аметрину продемонстровано основні етапи процесу створення фантазійної огранки всесвітньо відомим майстром Даланом Харгрейвом (Dalan Hargrave) зі США.



Рис. 3.6. Основні етапи процесу створення фантазійної огранки аметрину [15]

### 3.3. Технологічна карта на виготовлення перстню з аметистом

Під час підготовки до написання дипломної роботи нами разом зі співробітниками НТУ «Дніпровська політехніка» (майстер – М.В. Нетеча) було виготовлено ювелірний виріб – перстень із вставкою з кристалу аметисту. Технологічна карта на виготовлення даного виробу наведена у табл. 3.1.

Основні етапи створення даного ювелірного виробу показано на рис. 3.7-3.18.

Таблиця 3.1.

## Технологічна карта на виготовлення перстня з кристалом аметисту

| №                   | Назва операції                             | Інструменти, матеріали  | Час, хвилин |
|---------------------|--|---|-------------|
| 1                   | Плавка металу                              | Газова горілка, метал срібло.                                       | 15          |
| 2                   | Вальцювання припою                         | Вальці, срібло.   | 360         |
| 3                   | Вальцювання срібла                         | Вальці, срібло.   | 720         |
| 4                   | Формування срібної пластини                | Вальці та ножиці по металу, срібло.                                 | 30          |
| 5                   | Формування касту                           | Вальці та ножиці по металу, срібло.                                 | 35          |
| 6                   | Формування каблучки                        | Вальці та ножиці по металу, срібло.                                 | 180         |
| 7                   | Створення елемента декору: Срібної мотузки | Вальці, шуруповерт та ножиці по металу, срібна.                     | 180         |
| 8                   | Обробка аметисту                           | Шліфувальний станок, Аметист, вода.                                 | 10          |
| 9                   | Збірка перстня                             | Газова горілка, припій ,каст ,пластина, мотузка, каблучка, аметист. | 60          |
| 10                  | Шліфування ,полірування                    | Бор-машина, хромова паста.  | 120         |
| Усього витрати часу |  |   | 1710        |

Розрахунки показують, що на створення перстня було витрачено 28 год.





Рис. 3.7. Перший етап – плавка срібла



Рис. 3.8 Другий етап - вальцювання



Рис. 3.9 Третій етап - зняття напруги в металі шляхом нагрівання



Рис. 3.10 Четвертий етап - формування каблучки





Рис. 3.11 П'ятий етап - формування пластини і касту



Рис. 3.12 Шостий етап - підготовка аметиста



Рис. 3.13. Сьомий етап - вальцювання срібної мотузки



Рис. 3.14. Восьмий етап - формування касту





Рис. 3. 15. Дев'ятий етап - пайка готової пластини з кастом і перстнем



Рис. 3.16. Десятий етап - шліфування та полірування



Рис. 3.17. Одинадцятий етап - остаточний збір перстня і результат



Рис. 3.18. Дванадцятий етап - очищення ультразвуком

## Висновки до розділу 3

1. Традиційними методами обробки ювелірних різновидів повнокристалічного кварцу є фасетне огранювання та виготовлення виробів у формі тіл обертання і з плоскими поверхнями. Інноваційним методом обробки, що завойовує усе більшу популярність на ринку, є фантазійна огранка (негативна і ввігнута форми огранки). Такий спосіб обробки дозволяє підсилити забарвлення зразка при перегляді з лише певного боку.

2. Створення нами експериментального виробу у вигляді перстня зі вставкою з кольорового різновиду повнокристалічного кварцу налічує дванадцять основних етапів і потребувало часових витрат у 28 годин.

## РОЗДІЛ 4

### РИНОК ВИРОБІВ З КВАРЦУ

#### 4.1 Критерії якості сировини та виробів з кварцу

Кварц – дуже популярна сировина, яка широко використовується в ювелірному бізнесі. На формування ціни на кристал і готову прикрасу впливає низка чинників, як спеціалізованих, так і глобальних. Наприклад, на ціну за кварц впливатиме родовище: з Бразилії привозять дорогі зразки відмінної якості, але якщо родовище невелике, а камінь, що видобувається, рідкісний, вартість також може бути висока.

Різновид і колірна гамма також можуть впливати на ціну. Крім кольору, є поділ на кристалічні та приховано-кристалічні. До другої групи відносять котяче око, онікс і інші кристали, коштують вони дешевше й навіть не завжди отримують оправу з благородного металу. Група кристалічних мінералів високо цінується, але навіть усередині групи вартість буде різною. Зокрема, ніжно-рожевий кварц вважається найдорожчим, а наступним за ним іде аметрин.

#### 4.2 Вартісні характеристики кварцу на світовому ринку

Ціни на вироби з кварцу варіюють згідно з їх ювелірною якістю. Нижче наведено приклади виробів з аметисту.

Натуральна аметистова сфера високоякісного фіолетового кварцу, вагою 2693 г.(рис. 4.1), і вартістю у 699.00 \$ США.

Скриньки з аметисту. (Рис. 4.1). Ця чудова скринька для ювелірних прикрас є унікальною й виготовлена вручну з аметистового кварцу. А її ціна становить 2312 фунтів стерлінгів або 2911 доларів США.

Ціна на каблучки з кварцом залежить від якості кварцу і маси у каратах, а також дорогоцінного металу.

Приклади найдешевшої і найдорожчої каблучки з аметистом взяті з офіційного сайту компанії «Золотий Вік».

Приклад дорогої каблучки вартістю 15000 грн., з червоного золота 585 проби з аметистом та фіанітами (Рис. 4.2).



Рис. 4.1. Аметистові сфера і скринька



Рис. 4.2. Каблучки з аметистом і фіанітами та з аметистом у формі серця

Приклад відносно дешевої каблучки вартістю 1206 грн., з срібла 925 проби з дорогоцінним камінням аметистами (Рис. 4.3).

На рис. 4.4. показано вартість найбільш поширених фасетних вставок з кольорових різновидів повнокристалічного кварцу за даними джерел інтернет.



Рис. 4.3. Каблучка з аметистами

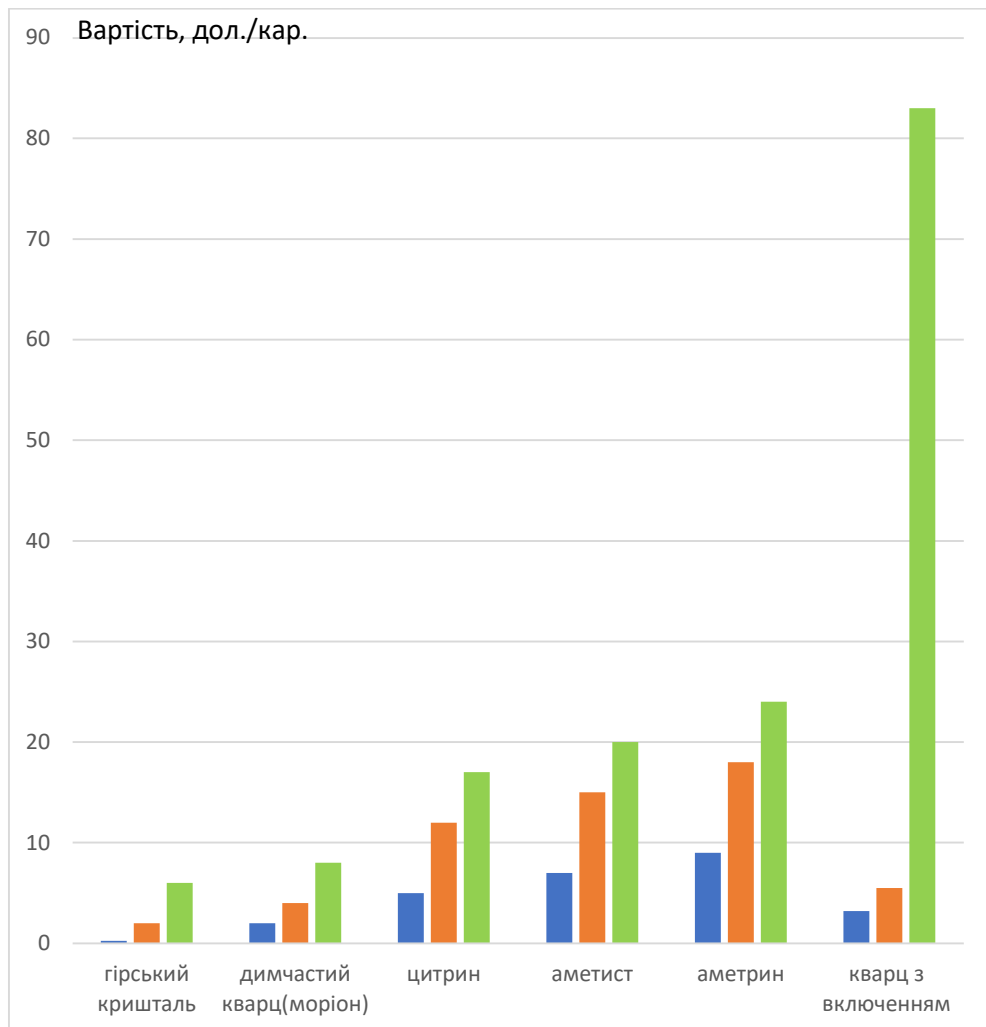


Рис. 4.4. Вартість фасетних вставок з кольорових різновидів кварцу



Оцінка колекційного зразка з геолого-мінералогічного музею НТУ «Дніпровська політехніка». Зразок представлений друзою гірського кришталю з протилежно зростаючими кристалами (Урал). Кристали кварцу мають призматичну форму (шестигранну). Слабка прозорість агрегатів обумовлена модифікацією кремнезему при мінеральному утворенні. Грані кристалів гірського кришталю рівні за своєю природною структурою.

Для даного зразка гірського кришталю характерне неоднорідне прозоре забарвлення з домішками м'яких жовтих відтінків, які обумовлені наявністю мінеральних асоціацій лимоніту та гетиту. Зразок каламутний і лише злегка просвічує по краях та у своїх окремих ділянках. Розміри колекційного зразка встановлені так: загальна ширина – 60 см, загальна висота – 25 см.



Рис. 4.5. Зразок гірського кришталю у геолого-мінералогічному музеї НТУ "Дніпровська політехніка"

Основний кристал має діаметр близько 9 см і довжину близько 70 см. Дрібніші кристали розташовані протилежно найбільшому кристалу. Розташування кристалів та розміри зразка гірського кришталю встановлюють



цінність та унікальність даного виду кварцу. Маса зразка 19 кг. Для підрахунку прогнозованої вартості ми скористалися формулою з відповідної методики [9]:

$ПВ = М * Б * К$ , де ПВ - прогнозна вартість;

М - маса (19000 грам);

Б - базова вартість (0,05 долара за 1 грам);

К – коефіцієнт збільшення вартості (16 - рідкісні та довершені зразки).

$ПВ = М * Б * К = 19000 * 0,05 * 16 = 15200$  доларів.

Колекційні зразки аналогічних розмірів і з подібною вартістю можна знайти у мережі інтернет [10].

#### 4.3 Унікалими з повнокристалічного кварцу

До рекордних виробів з кварцу відноситься дійсно цікавий виріб – ванна з велетенського кристалу кварцу 9900 кг (Рис. 4.6, 4.7). Виробник: компанія Baldi-Harrods. Вона була виставлена за ціною: 700 тисяч євро (приблизно 850 тисяч дол. США). Продана на виставці Salonedel Mobile (Baldi 1867: the Rock Crystal bathtub, design Luca Wojola [11])



Рис. 4.6. Ванна з кристалу кварцу



Рис. 4.7. Ванна з кристалу кварцу – вид збоку

Кварцові рекорди. Жеода - грецьке слово "геода", що вимовляється на французький манер. Позначає воно предмет, формою подібний до Землі; в даному випадку мається на увазі сфероїдне (округле) утворення в ґрунті. Кора такого утворення тверда, всередині – порожнина, часто заповнена кристалізованими мінералами, друзами самоцвітного каменю; іноді вільна у центрі.

У природі жеоди зустрічаються абсолютно різних розмірів – від мініатюрних мигдалин до величезних, з людський зріст мінеральних тіл. Великі жеоди, висотою понад 1 метр, зазвичай називаються печерами. Найвідоміша, і найбільша жеода у світі, «Імператриця Уругваю», була знайдена в Уругваї – її вага сягає 2,5 тон, а довжина становить понад 3,2 метри. Десятки тисяч досконалих, темно-фіолетових кристалів аметиста, які її сформували, вражають усіх, хто її бачить. На даний момент подивитися на жеоду можна в музеї кристалічних печер Атертона «Crystal Caves Complex», відкритим великими шанувальниками мінералів Рене і Неллеке Буасвейн (Boissevain), що знаходиться за годину їзди від аеропорту Кернс (Австралія).

Найбільшу у світі жеоду знайшли 1999 року неподалік містечка Пілар-де-Харавія (ісп. Pilar de Jaravía) в іспанській Андалусії. (Рис. 4.8). Її довжина – 8 метрів, ширина – 1,8 метра, а висота – 1,7 метра. Усередині неї може поміститися близько 10 людей!



Рис.4.8. Найбільша у світі жеода

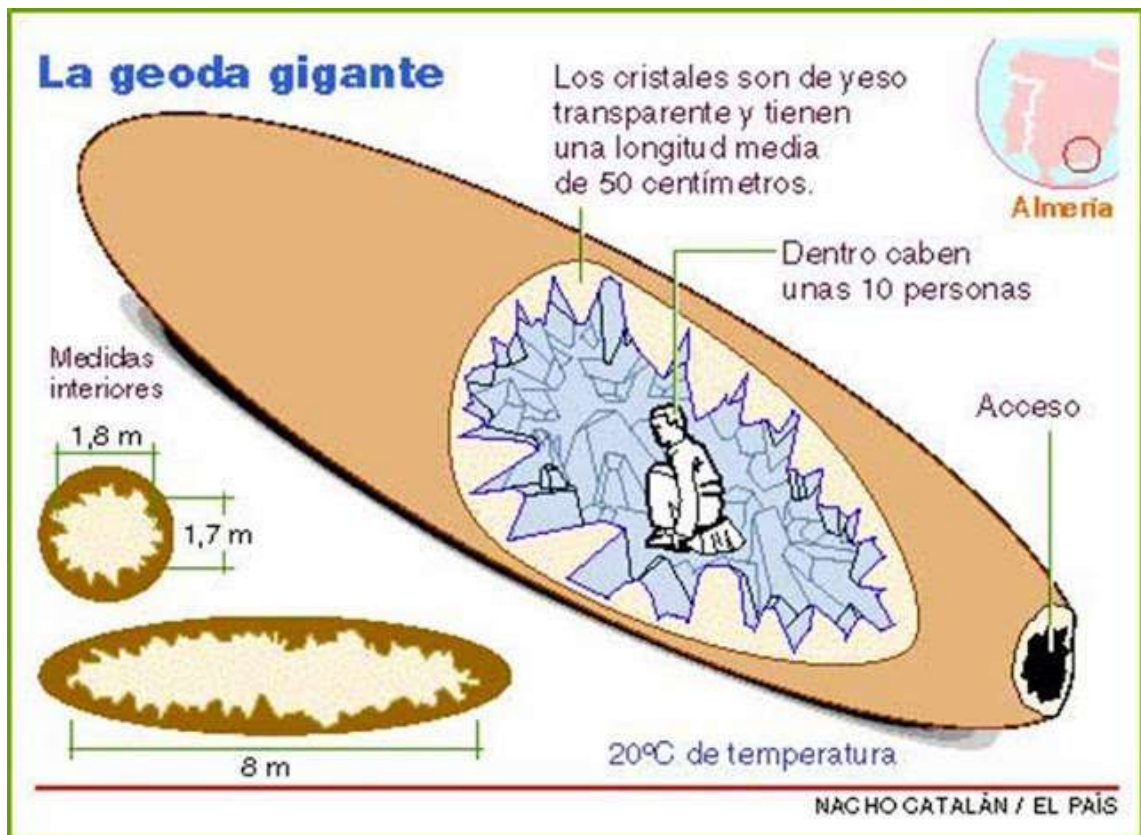


Рис. 4.9. Схема найбільшої на сьогоднішній момент жеоди.



Найбільша в світі аметистова жеода. Названа «Імператрицею Уругваю» (Рис. 4.10), це найбільша аметистова жеода у світі. Жеода має приголомшливу висоту 3,27 метра і важить 2,5 т. Кожен із тисяч досконалих кристалів утворився всередині жеоди близько 130 мільйонів років тому.



Рис. 4.10. Жеода аметисту «Імператриця Уругваю»

Її було виявлено у 2007 році, і знадобилося 3 місяці, щоб витягти жеоду з твердого базальту, який її оточував. Знадобилося ще 2 місяці, щоб акуратно видалити невеликі частини кристалів і відполірувати край, щоб відкрити отвір.

На рис. 4.11 чоловік позує з 8-футовим блоком кристалів, знайденим у шахті Рона Коулмана в Джессівіллі, приблизно за 30 хвилин на північ від Хот-Спрінгс. Чоловік, зображений на фото, був не відвідувачем шахти, яка цілий рік відкрита для громадських розкопок, а співробітником, який працював у команді, яка видобувала мінерал протягом чотирьох днів, сказав Джоел Ледбеттер, онлайн-маркетолог Рон Коулман Майнінг.



Рис. 4.11. Друза кварцу вартістю 3,5 мільйона доларів, знайдена в Арканзасі

Бригади підкопували територію, поки не знайшли жилу, а потім за допомогою ручних інструментів викопали шматок вагою 900 кг, який машини підняли з шахти.

За словами Ледбеттера, кристалічний кластер є одним із найбільш вражаючих предметів, отриманих із кар'єру з тих пір, як люди почали копати до Другої світової війни – частково для отримання кристалів, які використовувалися в ранніх радіоприймачах.

Остання знахідка поступається за розміром лише 9-футовій круглій формації вагою 1400 кг, яку було знайдено в шахті лише рік чи два тому. У той час як більша частина виставляється на різних виставках в Арізоні, інша залишається в Джессівілі, поки її не можна буде продати.

Компанія провела оцінку нещодавно знайденого твору на прозорість, якість, стан і унікальність і заявила, що його оцінюють у 3,5 мільйона доларів.

## Висновки до розділу 4

1. Параметрами якості сировини кварцу для огранки зокрема є розміри зразка, чистота, відсутність тріщинуватості. Вартість огранованих зразків кварцу визначається їх якістю, але перш за все – різновидом. Найбільшу вартість (понад 80 дол./кар.) мають камені фасетної огранки з включеннями (а саме лазуліт) як рідкісні колекційні об'єкти, аметрин, аметист та цитрин. Димчастий кварц і гірський кришталі мають найнижчу вартість (1-3 дол./кар.).

2. Унікальними колекційними зразками кварцу є експонати, вага яких перевищує одну тону і має розміри у перші метри. Це можуть бути як окремі кристали (трансформовані під побутовий функціонал у сегменті «люкс»), друзи, а також жеоди велетенських розмірів. Прогнозна вартість подібних об'єктів перевищує 1 млн доларів.



## ВИСНОВКИ

1. Основні генетичні типи родовищ кварцу представлені гідротермальними та пегматитовими родовищами. Гідротермальні у свою чергу представлені безрудними кварцовими жилами з кришталеносними порожнинами, які зазвичай залягають серед зелених сланців, кварцитів і гнейсів; мінералізованими зонами тріщин у гранітоїдних породах; а також ефузивними породами основного складу – тут аметист складає центральні частини жеод у вигляді суцільних друз і щіток. На пегматитових родовищах кристали кольорових різновидів кварцу зустрічаються у заноришевих і камерних пегматитах. В останніх розміри кристалів сягають понад 1 метр і можуть важити кілька тон.

2. Факторами різноманіття природного забарвлення кварцу є присутність у кристалічній ґратці елементів, що формують колір:  $Fe^{3+}$  (жовтий),  $Fe^{3+}$  (фіолетовий),  $Al^{3+}$  (коричневий). Зелений колір прازیолітів і жовтий колір деяких цитринів заснований на центрах забарвлення, утворення яких вимагає високоенергетичного опромінення радіоактивними елементами в навколишніх породах. Різновиди кварцу на основі центрів забарвлення є плеохроїчними, і їх центри забарвлення можуть бути зруйновані термічною обробкою.

До основних способів облагородження відносяться термічна обробка і радіаційне опромінення, а також їх комбінування. Ще одним зі способів є осадження тонкої металевої плівки (так званий райдужний/опалесцентний кварц «аqua aura»).

Зразки кварцу з оригінальними включеннями є окремим сегментом ринку. Включення представлені мінералами групи амфіболу (актиноліт), рутилом, хлоритами, епідотом, гранатами, оксидами і гідроксидами заліза (гематит, лімоніт, гетит), турмаліном (шерл) та більш рідкісними включеннями, зокрема лазуліт, холандит, дюморт'єрит.

3. Традиційними методами обробки ювелірних різновидів повнокристалічного кварцу є фасетне огранювання та виготовлення виробів у формі тіл обертання і з плоскими поверхнями. Інноваційним методом обробки, що завойовує усе більшу популярність на ринку, є фантазійна огранка (негативна

і ввігнута форми огранки). Такий спосіб обробки дозволяє підсилити забарвлення зразка при перегляді з лише певного боку.

4. Створення нами експериментального виробу у вигляді перстня зі вставкою з кольорового різновиду повнокристалічного кварцу налічує дванадцять основних етапів: плавка срібла, вальцювання, зняття напруги в металі шляхом нагрівання, формування перстня, формування пластини і касту, підготовка каменю (аметисту), вальцювання срібної мотузки, формування касту, пайка готової пластини з кастом і перстнем, шліфування та полірування, остаточний збір перстня, очищення готового виробу ультразвуком. Загальні витрати часу склали 28 годин.

5. Параметрами якості сировини кварцу для огранки зокрема є розміри зразка, чистота, відсутність тріщинуватості. Вартість огранованих зразків кварцу визначається їх якістю, але перш за все – різновидом. Найбільшу вартість (понад 80 дол./кар.) мають камені фасетної огранки з включеннями (а саме лазуліт) як рідкісні колекційні об'єкти, аметрин, аметист та цитрин. Димчастий кварц і гірський кришталь мають найнижчу вартість (1-3 дол./кар.).

6. Унікальними колекційними зразками кварцу є експонати, вага яких перевищує одну тону і має розміри у перші метри. Це можуть бути як окремі кристали (трансформовані під побутовий функціонал у сегменті «люкс»), друзи, а також жеоди велетенських розмірів. Прогнозна ринкова вартість подібних об'єктів перевищує 1 млн доларів.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аметист. Amethyst Crystals. URL: <http://surl.li/httto>
2. Мапа поширення аметисту у світі. URL: <https://agta.org/education/gemstones/amethyst/>
3. Цитрин. Ultimate Guide To Citrine. URL: <http://surl.li/httw>
4. P. Vasconcelos, H-R. Venk, G. Rossman. The Anahi ametrine mine, Bolivia, 1994. <https://www.gia.edu/doc/the-anahi-ametrine-mine-bolivia.pdf>
5. G. Clarke. Mystic Quartz Gemstone Information. URL: <https://www.gemselect.com/gem-info/mystic-quartz/mystic-quartz-info.php>
6. Making the Cut: The Art and Science of Fantasy Carving URL: <http://surl.li/hzfbh>
7. Індутний В.В., Манохіна Л.В., Індутна Т.В. Загальна класифікація зразків природного каміння і скам'янілих решток тварин і рослин // Коштовне та декоративне каміння. - 1999. - №4. - С. 3-10.
8. Quartz. Coleman Mine, near Jessieville, Garland County, Arkansas, USA. URL: <https://www.irocks.com/minerals/specimen/6150>
9. Baldi 1867: the Rock Crystal bathtub. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=dbZmYBJeCQk>
10. Видобуток кварцу URL: <http://surl.li/hzflz>
11. Найбільша в світі аметистова жеода URL: <http://surl.li/hzflv>
12. Золота каблучка URL: <http://surl.li/hwafw>
13. Срібна каблучка URL: <http://surl.li/hwagn>
14. Аметистова шкатулка URL: <http://surl.li/hzfkyl>
15. Dalan Hargrave. URL: <https://www.instagram.com/dalanhargrave/>