

# Тема 1. Діагностика коштовного каміння



# Методи діагностики ювелірних каменів.

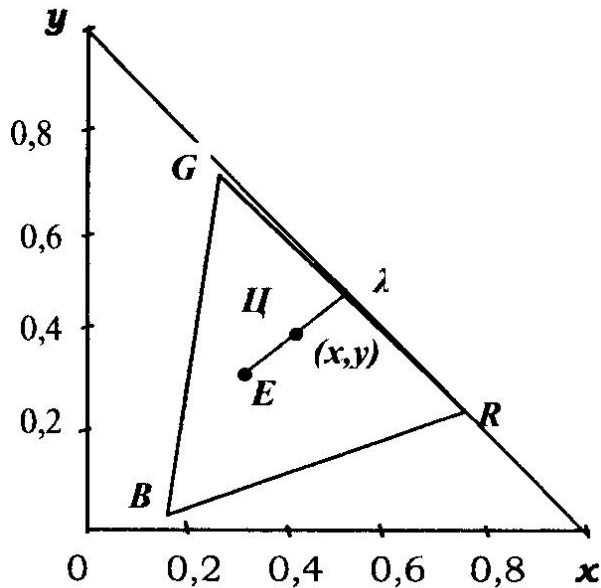
## Колір.

- Розрізняють ідіохроматичне забарвлення - власне забарвлення мінералу, яке пов'язано з присутністю в ньому елементів-хромофорів, які входять у формульний склад, наприклад, мідь у бірюзі; у вигляді домішок, наприклад хром у рубіні і смарагді, або пов'язане з дефектами структури, наприклад, забарвлення цитрину;
- Алохроматичне – забарвлення, пов'язане з наявністю включень інших мінералів, наприклад, жильбертиту, хлориту, гематиту в авантюрині;
- Псевдохроматичне забарвлення визначається явищами оптико-фізичного характеру, наприклад, опалесценція благородних опалів.

Відомі два **методи опису кольору**:

- Використання так званих спектральних даних, що фактично описують властивості поверхні кольорового об'єкту, показуючи, як ця поверхня впливає на світло(відбиває його, пропускає або випромінює).
- Використання трикоординатних систем, що у термінах трьох величин описують , яким представляється колір спостерігачу або сенсорному пристрою, чи як колір буде відтворюватися на якому-небудь пристрої , наприклад, моніторі, принтері. Наприклад, такі колірні системи, як XYZ і Lab , задають положення кольору в колірному просторі за допомогою тривимірних координат, у той час як системи відтворення кольору, такі як RGB і CMY(+K), описують колір у термінах трьох величин , що задають кількість трьох складових, котрі при змішуванні дають той чи інший колір. Система RGB побудована на уяві, що будь-який колір може бути створений шляхом змішування трьох кольорів - червоного(R) , зеленого (G), синього (B). Аналогічно будуються інші трикомпонентні кольорові системи, які ґрунтуються на трьохкомпонентній теорії зору. Вважається, що будь-який колір , який сприймається стандартною людиною, може бути визначений через три базових кольори(не обов'язково на кольорах RGB), які взяті в обумовленій кількості. Це дозволяє :
- Кількісно визначити кожний колір;
- Кількісно визначити різницю в кольорах ;
- Проводити розрахунок кольору, який утворений сумішшю світових струмів випромінюючих чи поглинаючих поверхонь.

# Стандартна хроматична діаграма в прямокутній системі координат( $x+y+z=1.$ ) На діаграмі показано трикутник основних кольорів **RGB**



Система XYZ може бути отримана з RGB шляхом розрахунків за формулами.

Наприклад, для джерела білого типу С вони мають вигляд:

$$X=0.607R+0.174G+0.200B;$$

$$Y=0.299R+0.587G+0.114B;$$

$$Z=0R+0.066G+1.116B$$

$$R=1.91X-0.532Y-0.288Z;$$

$$G=-0.985X+1.999Y+0.028Z;$$

$$Z=0.058X-0.118Y+0.898Z.$$

Застосування координатних систем дозволяє встановлювати різницю між кольорами. Якщо  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$ - різниця між кольоровими координатами кольорів Ц<sub>1</sub> і Ц<sub>2</sub>, то відстань між ними на хроматичній діаграмі буде:

$$\Delta l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}, \quad \Delta = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

Однією з найбільш відомих систем є **система Lab**, де L- світлота; а- розмір червоно-зеленої компоненти в кольорі, що аналізується; b- розмір жовто-синьої компоненти.

Вона створює прямокутну систему координат. Значення складових Lab можна визначити шляхом обчислень за формулами:

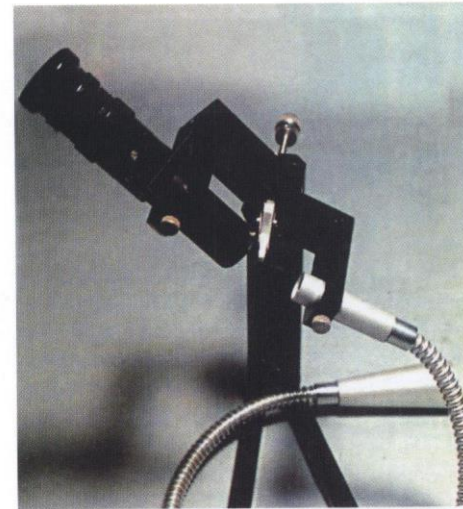
$$\begin{aligned}L^* &= 25 \left( 100 \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - 16; \\ a^* &= 500 \left[ \left( \frac{X}{X_0} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right]; \\ b^* &= 200 \left[ \left( \frac{Y}{Y_0} \right)^{\frac{1}{3}} - \left( \frac{Z}{Z_0} \right)^{\frac{1}{3}} \right],\end{aligned} \quad (4)$$

де X, Y, Z – кольорові координати об'єкту в системі XYZ; X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub>, Z<sub>0</sub> – кольорові координати в системі XYZ джерела білого світла. При джерелі типу С, який рекомендується використовувати, X<sub>0</sub>=98,04; Y<sub>0</sub>=100; Z<sub>0</sub>=118,1.

# Методи вимірювань і обладнання для визначення кольорів.

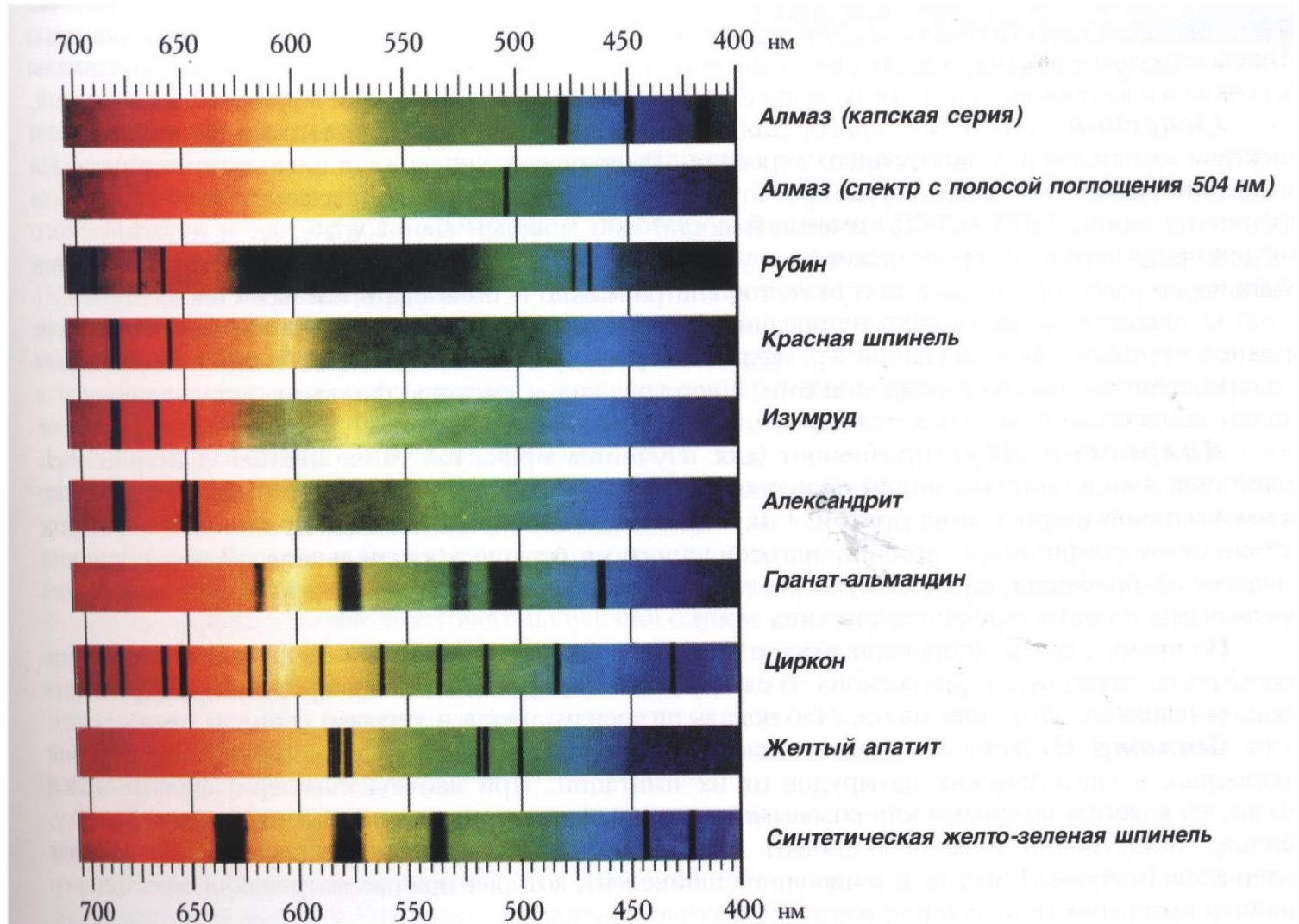
## Спектроскопічні методи.

Спектроскоп СГ-1 – прилад для визначення спектрів поглинання в кольорових каменях. Принцип дії: промінь поглинання відбивається від поверхні каменю або проходить крізь нього, пропускається крізь спектроскоп і розкладається на 7 кольорів. При цьому один або кілька спектрів поглинається елементом-барвником. Таким чином, у спектроскопі помітні спектрі поглинання у вигляді темних смуг.



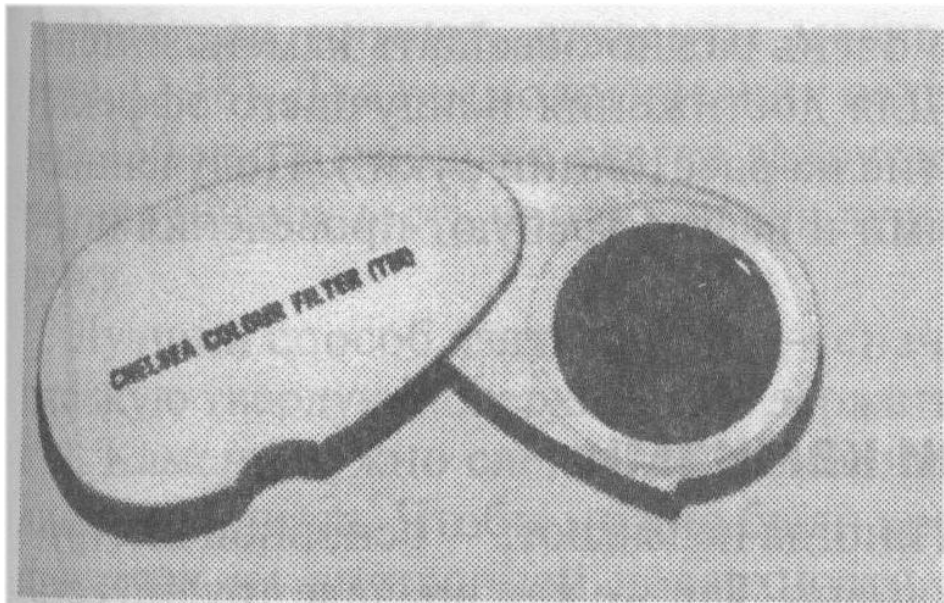
Спектроскоп на підставці із світловодом.

# Спектры поглощения деяких каменів.



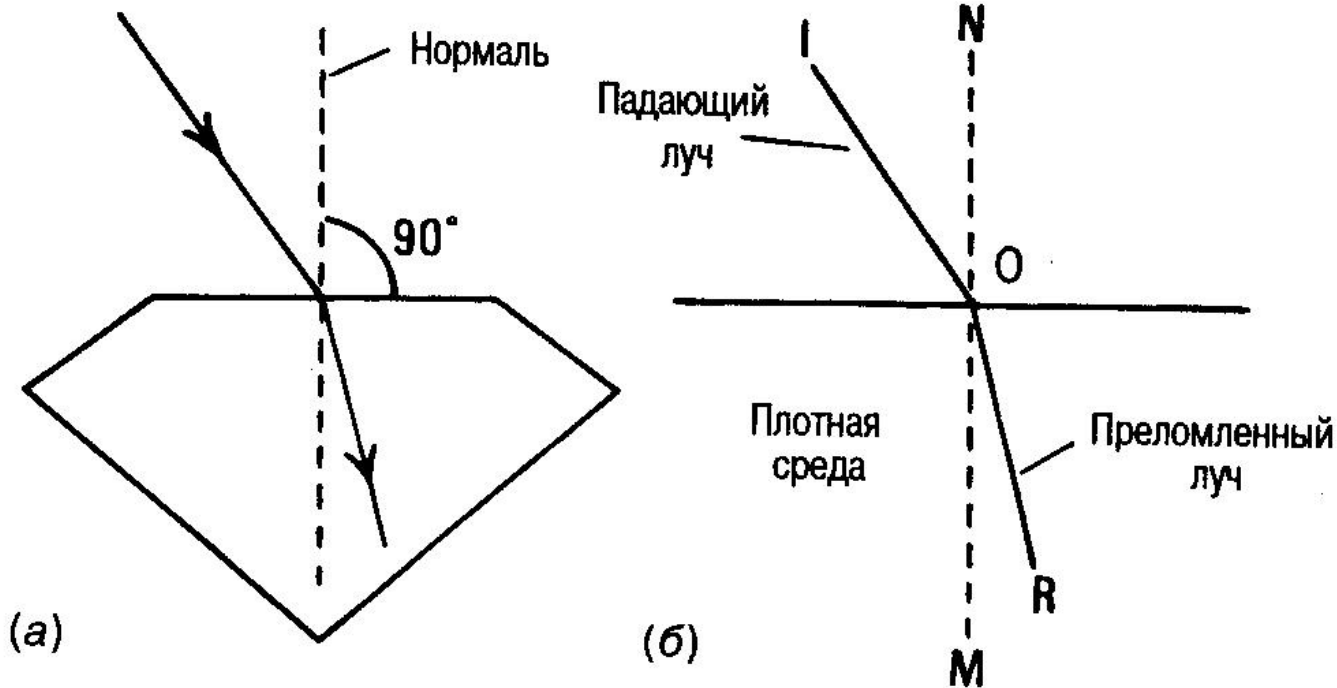
**Фільтр Челсі** пропускає світло в червоному і зеленому діапазонах спектру відповідно пропусканню смарагдом світла в червоній області і поглинанню в жовто-зеленій

Фільтр складається з двох ретельно з'єднаних желатинових фільтрів, які пропускають темно-червоне і поглинають жовто-зелене світло. Коли яскраво освітлені зелені камені продивляються крізь цей фільтр, смарагди стають чітко червоними або рожевими залежно від інтенсивності забарвлення каменю. Імітації виглядають зеленими. Фільтр не може бути застосований для розпізнавання штучних смарагдів . Деякі природні смарагди(наприклад, з ПАР) також не дають можливості побачити рожевий колір.





# Світлозаломлення.



а) Світло, що падає, входить у коштовний камінь (під кутом, що не дорівнює  $90^\circ$ ), заломлюється в напрямку до нормалі. Світло, що виходить з каменя (під кутом, що не дорівнює  $90^\circ$ ), заломлюється у напрямку від нормалі. б) Оскільки повітря - менш щільне середовище, показник заломлення оптично більш щільного середовища дорівнює відношенню синусів кутів  $\text{ION}$  і  $\text{MOR}$ .

## Показник заломлення

$$n = \frac{\sin \angle ION}{\sin \angle MOR}$$

Існують різні способи визначення цього показника, в яких повітря використовують як стандарт і при цьому визначають:

- Відношення оптичної густини коштовного каменю до оптичної густини повітря;
- Відношення швидкості світла в повітрі до швидкості світла у коштовному камені.

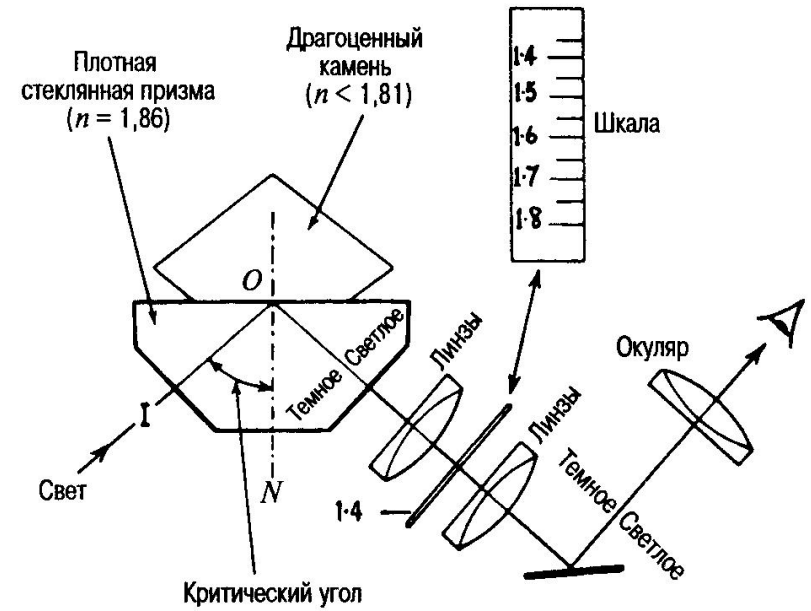
### **Методи визначення показника світлозаломлення:**

- Метод прямого вимірювання;
- Імерсійний метод;
- Метод призми.

# Методи визначення показника світлозаломлення



Рефрактометр

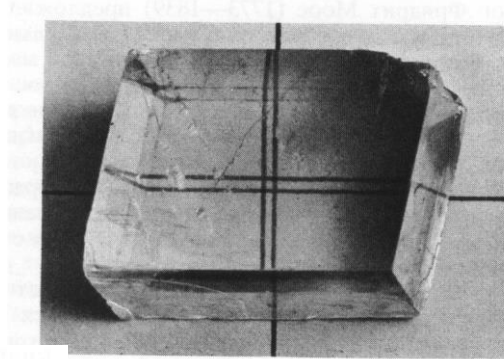
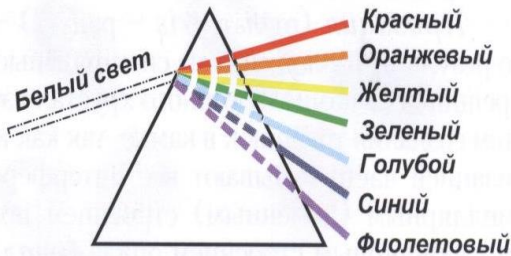


Оптична схема сучасного рефрактометра.

# Інші властивості ювелірних каменів.

- Двозаломлення.
- дисперсія

Розкладання білого світла на кольори:



Приклад двозаломлення  
- ісландський  
шпат(кальцит)

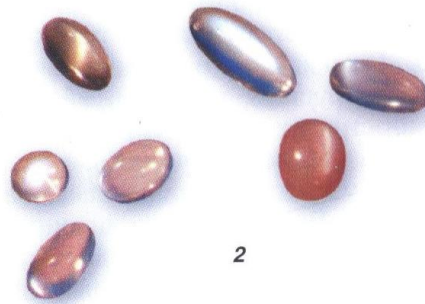
- Прозорість;
- Блиск;
- Плеохроїзм - ефект селективного поглинання променів світла
- Люмінесценція - збиральне поняття, яке охоплює світіння речовини під впливом випромінювань чи іншого фізичного впливу , а також хімічних реакцій.
- Густина;
- Твердість;
- Спайність;
- Злам;
- Наявність включень.

## Поверхневі ефекти:

- 1-тигрове око;
- 2-адулярисценція кабошонів місячного каменю;
- 3-астеризм(корунд);
- 4-соколине око;
- 5-котяче око(хризоберил);
- 6-опалізація;
- 7-опалесценція перлів;
- 8-райдужність(обсидіан);
- 9-хрестовий камінь(хіастоліти);
- 10-іризація(лабрадор);
- 11-поліхроїзм(кристал ельбаїту в кварці).



1



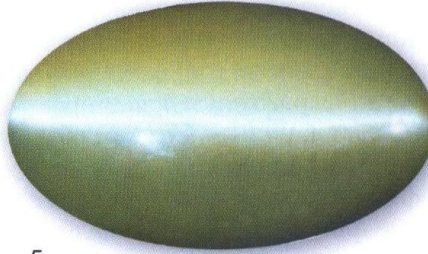
2



3



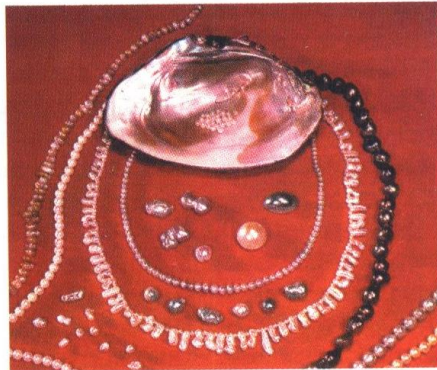
4



5



6



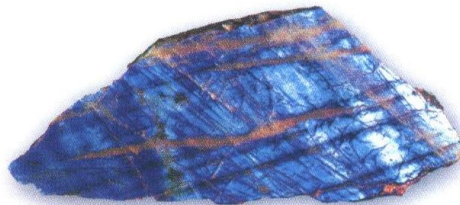
7



8



9



10



11

# Класифікації ювелірних каменів.

## Класифікація М.Бауера-О.Є. Ферсмана.

- Група каміння Назва
- I. (.Дорогоцінне каміння/самоцвіти).
- 1. порядок. Алмаз, рубін, сапфір, смарагд, олександрит, благородна шпінель, евклаз.
- 2.по рядок Топаз, аквамарин, берил, червоний турмалін, демантоїд. кров'яний аметист, альмандин, уваровіт, жадеїт, благородний опал, циркон.
- 3. порядок.
- 1. гранат, кордієрит, кіаніт, епідот, діоптаз, бірюза, варисцит, зелений турмалін.
- 2. Гірський кришталь, димчастий кварц, світлий аметист, халцедон, агат, сердолік, геліотроп, хризопраз, празем, напівопал.
- 3. Сонячне каміння, місячне каміння, лабрадор, нефелін, содаліт, обсидіан, титаніт, бенітоїт, преніт, андалузит, діопсид, скаполіт, томсоніт.
- 4.гематит, пірит, касітерит, кварц з золотом.
- II. Виробне/кольорове/ каміння.
- » 1.порядок. Нефрит, лазурит, главколіт, содаліт, амазоніт, лабрадор, родоніт, азурит, малахіт, авантюрин, кварцит, гірський кришталь, димчастий кварц, агат + його різновиди, яшма, везувіан, рожевий кварц, письмовий граніт.
- » 2.порядок. Лепідоліт, фукситовий сланець, серпентин, агальматоліт, стеатит, селеніт, обсидіан, мармуровий онікс, датоліт, флюорит, галіт, графіт, лазурит, смітсоніт, цоїзит.
- » 3.порядок. Гіпс. порфіри, і частково декоративний матеріал - брекчії, зливні кварцити та 1н.
- III. Дорогоцінні камені органогенні.
- Перли, корал, бурштин, гагат

# Класифікація В.І.Соболевського.

## Дорогоцінне каміння/самоцвіти:

I клас : алмаз, смарагд, олександрит, хризоберил, евклаз, благородна шпінель та особливо рідкісні різновиди корунду : рубін, сапфір, падпараджа (оранжевий сапфір)

II клас : топаз, різновиди берилу(аквамарин, вороб'євит, геліодор), турмалін, рожевий та темно-червоний(сибірит), фенакит, аметист, циркон( оранжевий гіацинт, зелений та ін./, благородний опал.

III клас : бірюза, гірський кришталь( безбарвний та димчастий раухтопаз), хризопраз, сердолік, агати з гарним малюнком, кривавик, бурштин, гагат.

## Кольорове каміння

I клас : малахіт, родоніт, нефрит, лазурит, амазоніт, лабрадор, авантюрин, халцедон, письмовий граніт

II клас: офіокальцит, агальматоліт, мармуровий онікс, флюорит, селеніт, яшма, морська пінка.

## Класифікація Є.Я,Києвлєнка(1973)

- Перша група
- I порядок : алмаз, смарагд, синій сапфір, рубін. Ринкова вартість цих каменів складає \$2000 за карат.
- II порядок : олександрит, благородний жадеїт, оранжевий, жовтий, фіолетовий, зелений сапфір, благородний чорний опал. Ринкова вартість таких каменів - \$ 400-1500 за карат.
- III порядок : демантоїд, благородна шпінель, благородній білий та вогняний опал, аквамарин, топаз, родоліт, місячне каміння (адуляр), червоний турмалін. Ринкова вартість цього каміння коливається від \$ 80 до 300 за карат.



IV порядок : синій, зелений, рожевий, поліхромний турмаліни, благородний

Сподумен(кунцит, гіденіт), циркон, жовтий, зелений, золотавий і рожевий берил, бірюза, хризоліт, аметист, хризопраз, піроп, альмандин, цитрин. Вартість таких каменів - \$10-50 за карат.

Друга група.

I порядок : раухтопаз, гематит-кривавик, янтар-сукциніт, гірський кришталь,

жадеїт, нефрит, лазурит, малахіт, авантюрин. Вартість - \$ 30-150 за 1 кг сировини.

II порядок : агат, кольоровий халцедон, кахолонг, амазоніт, родоніт, геліотроп, рожевий кварц, іризуючий обсидіан, звичайний опал, лабрадор, біломорит та інші непрозорі іризуючі шпати. Вартість їх \$ 1-15 за 1кг.

Третя група.

Яшми, письмовий граніт, скам'яніла деревина, мармуровий онікс, лиственіт, обсидіан, гагат, джеспіліт, селеніт, флюорит, авантюриновий кварцит, агальматоліт, малюнковий кремій, кольоровий мармур.

# Промислова класифікація ювелірного і виробного каміння ВНДЮвеліпрпром(1980).

## Тип I. Ювелірне каміння.

### Підтип I-1.Прозоре каміння.

**Група I-1-1.** Твердість 10- алмаз.

**Група 1-1-2.** Твердість 7-10.- корунд, берил, турмалін. гранат, хризоберил, шпінель, монокристали кварцу, топаз, евклаз, фенакит, циркон, кордієрит, андалузит, ставроліт.

**Група .1-1-3** Твердість менша 7 до 5 - сподумен. хризоліт, кіаніт, діоптаз, бразиліаніт, танзаніт, хромдіопсид, апатит, бенітоїт, аксиніт, скаполіт, томпсоніт, данбурит, улексит, каситерит, гамбергит, актиноліт, зелений обсидіан.

**Група1.-1-4.** Твердість менше 5 - сфалерит, флюорит, брусит. цинкит, шеєліт.

**Підтип I-2.** Непрозорі , блискучі камені.

**Група I-2-1.** Однорідні- гематит-кривавик, пірит, кобальтин, псиломелан

**Група I-2-2.** Малюнкові- гематит-гетитова скляна голова, криптомелан-голандитова скляна голова.

**Підтип I-3.Каміння, що просвічує :**

**Група I-3-1** Яскраво забарвлені камені – сердолік, хризопраз, хлоропал, рожевий кварц, кольорові напівопали, смітсоніт, преніт, цоїзит, напівпрозорий жадеїт.

**Група I-3-2.** Камені з малюнком або гарними включеннями. - агат, волосатик, моховик, онікс/ сардонікс, карнеол, онікс ,

**Група I-3-3** Камені без малюнка та кольорового забарвлення -халцедон, напівопал, кахолонг.

**Група I-3-4** Псевдохроїчні камені з визначеним орієнтуванням - благородний опал, місячний камінь, іризуючий обсидіан.

**Підтип I-4-** Непрозорі матові камені із гарним забарвленням та щільною фактурою поверхні.

**Група I-4-1** Каміння, що використовується у виробках з наступною обробкою: бірюза, варисцит, корал,

**Група I-4-2** Камені , що застосовуються в природному вигляді - перли.

**Тип II.** Ювелірно-виробне каміння.

**Підтип II-1.** В'язкі камені. Твердість більша б:

**Група II-1-1.** Нефрит, жадеїт та їх тверді природні імітації, гранат-хлоритова порода, ксенотім, фібrolіт,

**Підтип II-2.** Каміння середньої в'язкості, твердість 5-6:

**Група II-2-1.** Яскраво забарвлені камені - лазурит, родоніт, амазоніт, яшми, унакит(агрегат епідоту і калієвого польового шпату), чароїт.

**Група II-2 -2.** Малюнкові камені - скам'яніла деревина, пегматит графічний, кремій малюнковий, яшма, обсидіан, геліотроп, периліт.

**Група II-2-3,** Псевдохроїчні камені - біломорит, соколине і тигрове око, сріблястий ("іризуючий") обсидіан, авантюрин, перламутр.

**Група II-2-4** Каміння, що використовується в природному вигляді :

**Підгрупа II-2-4-** Масивні камені – ниркоподібні агрегати халцедону, смітсоніту, нефриту.

**Підгрупа II-2-4-а** Кам'яні нарости - аметистові і кварцові щітки, шкоринки уваровіту, дендрити марганцевих мінералів, самородної міді та срібла.

**Підтип II-3.** Дрібні та середньої твердості камені :

**Група II-3-2** Каміння, що обробляється в холодному стані : малахіт, азурит, зміювик, антрацит.

**Тип III. Виробне каміння.**

**Підтип III-1.** Твердість більша 5 :

**Група III-1 -1** Склуваті обсидіани, яшми, роговики, мікрокварцити, залізисті роговики.

**Група III-1-2** Гетерогенні гірські породи і мінеральні агрегати:

**Підгрупа III-1-2-а** Льодистий кварц , кварцит-таганай, амазонітовий граніт,

**Підгрупа III-1-2б** Перидотити. піроксеніти, геденбергитовий скарн.

**Підгрупа III-1-2в** Лиственіт. джеспіліт

**Підгрупа III-1-2-г** Еклогіт, гранатовий гнейс, турмаліновміщуюча порода, порфіри та ін.

**Підтип III-2-** Твердість від 5 до 3 :

**Група III-2-1.** Каміння , що просвічує - онікс арагонітовий і кальцитовий, флюорит.

**Група III-2-2** Непрозорі - мармури, офіокальцит, ангідрит, зміювик, хлорит-серпентинова порода.

**Підтип : III-3** М'які, твердість менше 3:

**Група III-3-1** Каміння, що просвічує - алебастр, селеніт, галіт.

**Група III-3-2** Непрозорі - графіт, талькохлорит, пірофіліт, брусит, стеатит.

## Загальна класифікація коштовного та декоративного каміння, що регламентується українським законодавством.

Група	Порядок	Головні камені
Дорогоцінне каміння	1	Алмаз, олександрит, рубін, сапфір, смарагд
	2	Демантоїд, евклаз, жадеїт (імперіал), опал благородний чорний, шпінель благородна
	3	Аквамарин, берил, кордіерит, опал благородний білий та вогняний, танзаніт, топаз рожевий, турмалін, хризоберил, хризоліт, цаворіт, циркон, шпінель
	4	Адуляр, аксиніт, альмандин, аметист, гесоніт, grosуляр, данбурит, діоптаз, кварц димчастий, кварц рожевий, кліногуміт, кришталь гірський, кунцит, моріон, піроп, родоліт, скаполіт, спесартин, сподумен, топаз блакитний винний та безколірний, фенакіт, фероортоклаз, хризопраз, хромдіопсид, цитрин
Напівдорогоцінне каміння	1	Бірюза, жадеїт, лазурит, малахіт, молдавіт, нефрит, тигрове та кошаче око, хауліт, хризосола, цоїзит, чароїт
	2	Агат, амазоніт, гагат, гематит, дерево скам'яніле, джеспіліт, егірин, епідозит, кахолонг, кварцит кольоровий, кремійнь кольоровий, онікс мармуровий, опал, пегматит, пірофіліт, родоніт, сердолік, серпентиніт, скарни кольорові, содаліт, халцедон, шпати іризуючі польові, яшма
Декоративне каміння		Андезит, габро, граніт, дацит, кальцифір, кварцит, конгломерати, лабрадорит, мармур, сиеніт, травертин, туф

Примітка. Згідно Декрету Кабінету міністрів України №53-93 від 17.05.1993р. “Про державний пробірний нагляд” бурштин співставляється з дорогоцінним камінням 1 порядку.

# Класифікація кольорового каміння, розроблена в Інституті геологічних наук НАН України(Е.С.Дехтулінський, 1999)

Галузь використання, ціновий ценз	Порядок цінового цензу	
	I	II
Ювелірно-виробна <i>Напівкоштовне</i>	Бурштин Кварц – моріон – авантюрин – рожевий Халцедон – сердолік – сардер Чароїт	Польові шпати – амазоніт – адуляр (місячний камінь) – лабрадор Яшма – парчова Обсидіан – іризуючий Онікс мармуровий

*Примітка:* Бурштин – промислове видобування. Обсидіан – можливе супутнє видобування. Онікс мармуровий – розвідані поклади. Польові шпати – перспективні. Сардер – перспектива не встановлена. Яшма парчова – мало перспективні. Чароїт – прояви в Україні не встановлені.