

Володимир В. Манюк

ЗАГАЛЬНА ГЕОЛОГІЯ ТА ГЕОМОРФОЛОГІЯ

ВИЗНАЧЕННЯ МІНЕРАЛІВ



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
Кафедра географії

Володимир В. Манюк

ЗАГАЛЬНА ГЕОЛОГІЯ ТА ГЕОМОРФОЛОГІЯ

Визначення мінералів

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК

для студентів спеціальностей 103. Науки про Землю,

106. Географія рекреації та туризму,

014. Середня освіта (географія)

*Ухвалено на вченій раді
історичного факультету
протокол № 5
від 19.12. 2023 р.*

Дніпро

2023

УДК 55 +551.4] (075.8)

М2.4

Рецензенти: доктор геол. наук, проф. кафедри геології та розвідки родовищ корисних копалин НТУ "Дніпровська політехніка"
Марина В. Рузіна
канд. геол.-мінер. наук, проф. кафедри загальної та структурної геології НТУ "Дніпровська політехніка"
Юрій Т. Хоменко

Володимир В. Манюк Навчально-методичний посібник до вивчення дисципліни «Загальна геологія та геоморфологія»: визначення мінералів. Дніпро: Ліра, 2023. – 72 с.

Наведено короткі теоретичні відомості та практичні рекомендації до вивчення, описання і визначення найбільш важливих мінералів у відповідності із сучасною класифікацією, діючою в Україні. Виконання лабораторних робіт передбачає ознайомлення студентів із основами кристалографії і мінералогії, літології і петрографії, особливостями діагностування мінералів магматичного, осадового і метаморфічного походження, джерелами їх видобутку, географією поширення родовищ, визначенням області використання. Посібник призначений для студентів, які навчаються за напрямом «Науки про Землю», а також за спеціальностями «Географія», «Геоєкологія» та «Геоботаніка», на яких програмою передбачено засвоєння курсу «Загальна геологія». Використовується авторська методика діагностування зразків, запропонована при складанні навчально-методичного посібника до вивчення дисципліни «Геологія родовищ корисних копалин. Неметалеві корисні копалини».

Навчально-методичний посібник

Володимир В. Манюк

Загальна геологія: визначення мінералів.

для студентів спеціальності 103. Науки про Землю, 106. Географія рекреації та туризму, 014. Середня освіта (географія),

© Манюк В.В., 2023

Вступ. Загальна геологія, на відміну від інших наук геологічного циклу або наук про Землю, не зосереджена на вивченні окремого явища або об'єкту, але охоплює все різноманіття природних явищ, пов'язаних з поверхнею і надрами Землі та їх зв'язок із Всесвітом. Коло інтересів загальної геології від історії Землі і Всесвіту до планетарних проблем глобальної тектоніки, дрейфу континентів, різноманіття геологічних процесів та гірських порід і мінералів. Саме в породах і мінералах записаний геологічний літопис Землі тривалістю близько 4 мільярдів років, впродовж яких змінювався і формувався вигляд нашої планети, створювалися сприятливі умови для утворення різноманітних родовищ корисних копалин. Тож і почнемо практичне знайомство із геологією з цеглинок, що складають поверхню і надра Землі, з гірських порід і мінералів.

Метою навчального посібника є перше знайомство із надзвичайно багатим світом мінералів та надання практичних навичок у визначенні мінеральних видів на підставі вивчення їх хімічних і фізичних властивостей, кристалографічних форм та закономірностей утворення і знаходження у природі. Наведений у посібнику огляд сучасної літератури дозволяє знайти вичерпні теоретичні основи щодо вивчення мінералів і не перевантажувати ними посібник.

1. Поняття про мінерали

Мінералами називаються природні хімічні сполуки кристалічної будови з особливим хімічним складом і надзвичайно різними фізичними властивостями та такі що є, в свою чергу, складовими гірських порід і утворені внаслідок прояву різноманітних геологічних процесів. Запропоноване визначення синтезує сучасні уявлення найвідоміших українських мінералогів (Павлишин, 2008; Матковський, 2009) і враховують рекомендації Міжнародної мінералогічної асоціації (International Mineralogical Association (IMA), 2023). Некристалічні природні утворення віднесені до так званих мінералоїдів, але вони генетично пов'язані з кристалічними утвореннями і попри все вони залишаються об'єктами мінералогії. Серед великої кількості класифікацій мінералів приймаємо класифікацію німецького мінералога Уго Штрунца (Strunz-mindat, 2023), як міжнародно визнану та прийняту IMA. Мінеральні види представлені в цій класифікації наступними класами:

- | | |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1. Самородні елементи | 7. Борати |
| 2. Карбіди, нітриди, фосфіди | 8. Сульфати |
| 3. Сульфіди і сульфосолі | 9. Хромати, вольфрамати, молібдати |
| 4. Галоїди і фториди | 10. Фосфати, арсенати, ванадати |
| 5. Оксиди і гідроксиди | 11. Силікати |
| 6. Карбонати і нітрати | 12. Органічні сполуки |

За оцінкою ІМА в світі нараховується 5688 мінералів і ця кількість постійно зростає. Тож, зрозуміло, що з кожного класу при виконанні лабораторних робіт будуть досліджуватися лише обмежена кількість найбільш поширених і найбільш важливих мінералів, на прикладі яких студенти отримають навички та вміння визначати мінерали за певним набором характерних ознак.

До головних з них належать форма мінералів, їх колір, колір риски, густина, твердість, блиск, прозорість, спайність, злом, а також такі специфічні властивості, як магнітність, реакція із розбавленою соляною кислотою, запах, смак, жирність, гігроскопічність, мінливість, зональність мінералів.

1.1 Форма мінералів залежить від внутрішньої будови мінералів, їх хімічного складу та умов кристалізації. В природі мінерали зазвичай зустрічаються або у вигляді кристалів, які мають більш-менш чітко відбиту форму багатогранників, або їхніх найрізноманітніших зрощень – агрегатів (рис.1).



Рис. 1 Форма знаходження мінералів у вигляді кристалів (гірський кришталь, аметист, сірка та гіпс). Авторська колекція.

Таким чином, однією з ознак визначення мінералу є його зовнішнє кристалографічне оформлення. Форма кристалів залежить від закономірного розташування частинок, що складають мінерал – атомів (іонів) та молекул. Для деяких мінералів форма настільки характерна, що визначає їх назву. Наприклад це мінерал сфен (від грецького слова клин, руда на титан), кристали якого мають клиновидну форму, тетраедрит (має тетраедричний вигляд), аксиніт, що має форму сокири (від грецької аксина – сокира). Розділ кристалографії, який вивчає морфологію, внутрішню будову і генезис мінеральних видів і агрегатів кристалів отримав назву *мінералогічна кристалографія*. Мінеральні агрегати за формою поділяються на кристалічні, секреції, конкреції, псевдоморфози, дендрити, зернисті і землісті маси.

Кристалічні агрегати зазвичай поділяються на друзи і щітки, які відрізняються за розмірами та формою. Друзами прийнято називати скупчення кристалів різних розмірів на одній спільній основі (аметист, кальцит, гірський кришталь, гіпс тощо). Щітки відрізняються меншими та відносно однаковими розмірами кристалів. Утворюються такі зрощення внаслідок кристалізації мінеральної речовини із розчинів, що циркулюють по тріщинах та будь-яких порожнинах у гірських породах переважно при процесах метасоматозу і інших постмагматичних явищах (рис.2).



Рис. 2 Щітка кристалів (1) та друзи (2-4). Авторська колекція. 1 – діоптаз; 2 – кактус-кварц; 3 – ванадиніт; 4 – кальцит.

Секреції являють собою мінеральні утворення різної форми (частіше овальні або округлі) і розмірів, яке виникає при заповненні порожнини у гірській породі кристалічною або колоїдною речовиною внаслідок процесів гіпергенезу або метасоматозу. Відрізняються від схожих на них конкрецій послідовним зонально-концентричним відкладенням мінеральної речовини від периферії секреції до її центру. За розмірами поділяються на жеоди (>10 мм) та мигдалини (< 10 мм) (рис.3).

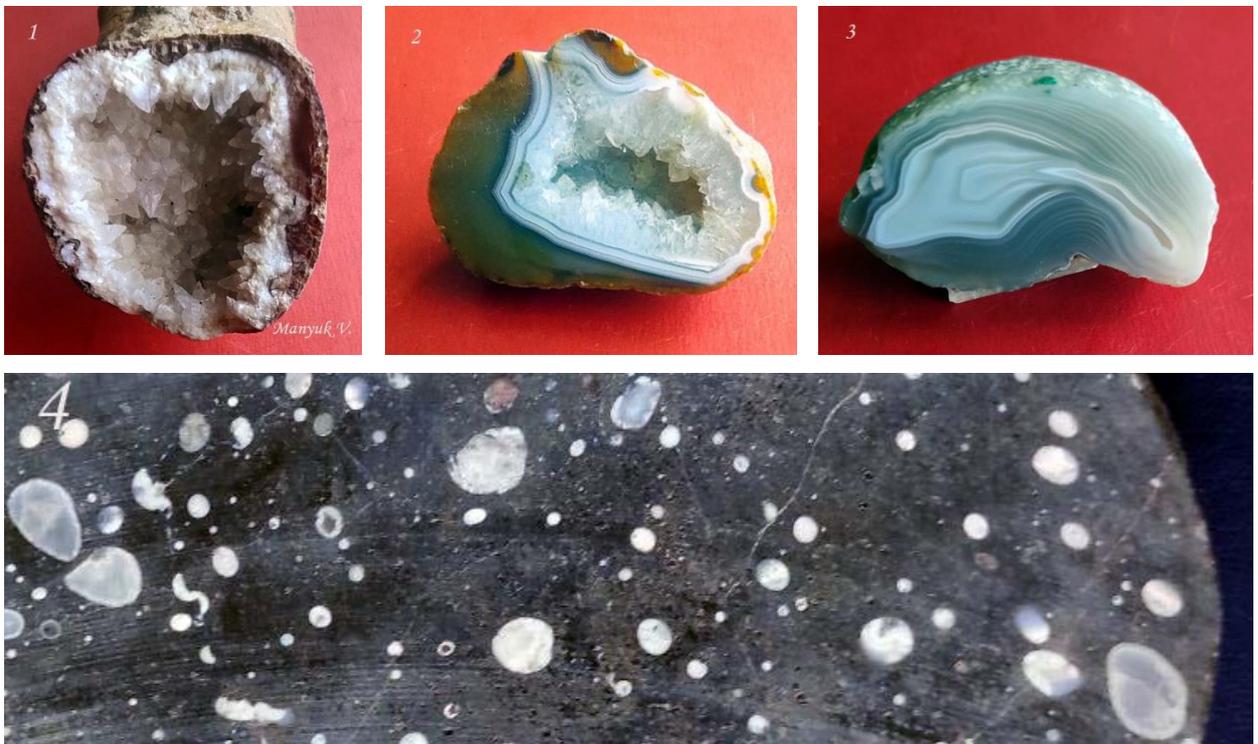


Рис. 3 Різновиди секрецій: 1 – 3 жеоди; 4 – мигдалини. Авторська колекція. 1 – кристали кальциту у раковині крейдового амоніту; 2 – 3 агати з вулкану Карадаг; 4 – мигделекам'яний андезито-базальт з юрських вулканітів Криму

Конкреції. Сферичні або овальні утворення зовні схожі на секреції, але відрізняються тим, що мінеральна речовина відкладається від центру до периферії, дуже часто мають радіально-променисту будову. Зазвичай для їх формування необхідна наявність будь-якого центру кристалізації. Характерні для фосфоритів, таких мінералів як марказит, сидерит, гетит, гематит (рис. 4). Більш дрібні стягіння, розміром менш як 10 мм, називаються пізолітами, а якщо діаметр частинок 1-3 мм оолітами (наприклад пізолітові та оолітові марганцеві і залізні руди, оолітові вапняки). Велетенські сферичні утворення зонально-концентричної будови, розміри

яких перевищують 1 м, називають онкоїдами – складовими біогермів морів та океанів (рис.5).

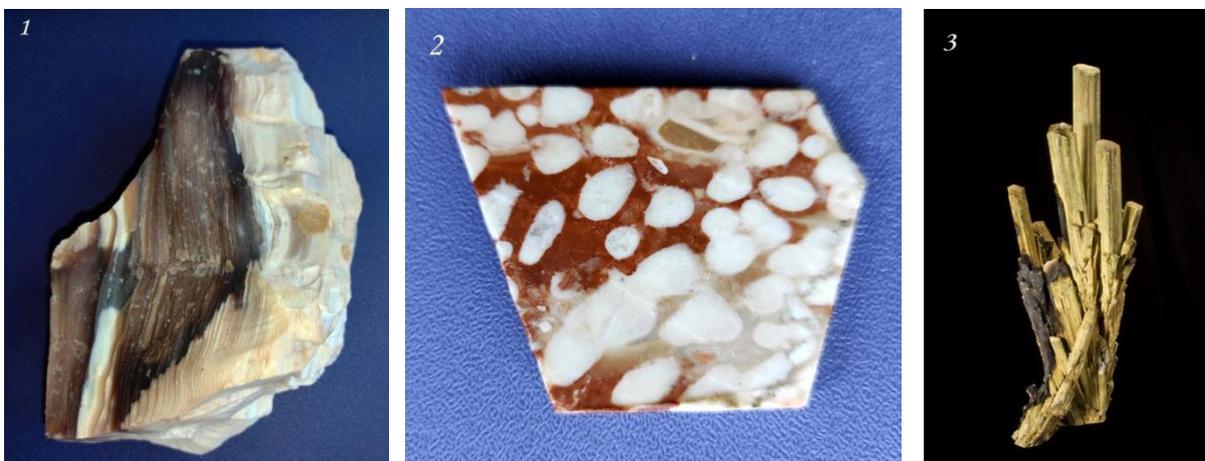


Рис. 4 Конкреції: 1,2 – фосфорит (венд України, авторська колекція); марказит (Спарта, Рандолф, Иллинойс, США).



Рис. 5 Різновиди конкрецій за розмірами: 1 – онкоїд (біогерм сарматського віку); 2 – пізоліти манганіту у манганокальциті; 3 – оолітовий вапняк понтичного віку. (Фото автора).

Псевдоморфози являють собою продукти хімічного заміщення первинних мінералів при збереженні їх зовнішньої форми. В природі поширені не тільки явища кристалографічного заміщення одного мінералу іншим, але й заміщення мінеральною речовиною різних частин рослин (фітоморфози) та тварин (зооморфози), які часто разом називають біоморфози. Найбільш поширені біоморфози кремнезему по деревині, карбонатів по коралах і молюсках, оксиди заліза по піриту, хризосола по куприту та інші (рис.6).



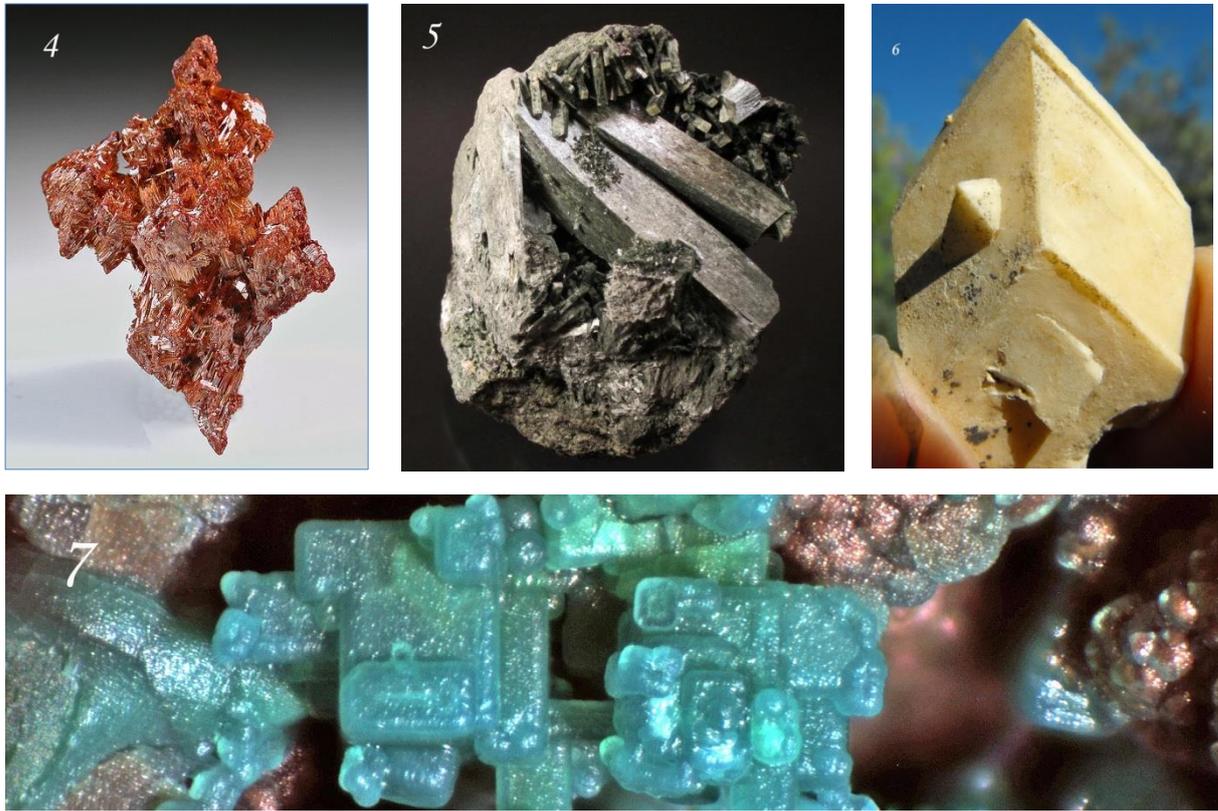


Рис. 6 Псевдоморфози. 1- халцедон по деревині; 2 – кальцит по коралах; 3 – стибніт по стибіконіту; 4 – рутил по анатазу; 5 - актиноліт по діоптазу; 6 – кальцит по глаубериту; 7 - хризокола по куприту 1-2 – авторська колекція; 3 – Joe Budd photo <https://www.irocks.com/learn-about-pseudomorph-fine-mineral-specimens>; 4-7 - Mindat.org <https://www.mindat.org/mesg-392615.html>

Дендрити. Деревоподібні агрегати мінералів, які утворюються внаслідок швидкої кристалізації розчинів, пари або розплавів, головним чином за плоскостями тріщин порід. Найбільш типові для оксидів марганцю, рідше оксидів і гідроксидів заліза, часто зустрічаються дендритові утворення срібла, золота, міді тощо (рис. 7).



Рис. 7 Дендрити: 1 – марганцю у родоніті; 2 – рутилу у кристали кварцу; 3 – міді; 4 – піролюзиту; 5 – золота. 1 – 3 авторська колекція, 4 - Геологічний словник <https://geodictionary.com.ua/node/2391>; 5 – золото Мужівського родовища (Металеві і неметалеві корисні копалини, 2005)

Зернисті агрегати. Являють собою скупчення мінеральної речовини з одного або кількох мінералів, які за розміром зерен поділяються на дрібно-, середньо та крупнозернисті. Гірські породи, розмір зерен яких менш як 0,1 мм називаються алевритами (пухкі) та алевролітами (зцементовані відміни). До гравелітів належать породи, розмір зерен яких більше 1 мм. У вигляді зернистих агрегатів зустрічаються майже всі гірські породи і мінерали (рис. 8).



Рис. 8 Зернисті агрегати: 1-алеvрит; 2-граніт дрібнозернистий; 3-силвїніт середньозернистий; 4-граніт крупнозернистий; 5-гравеліт Wikiwand: https://www.wikiwand.com/uk/Уламкові_гірські_породи

Землисті агрегати. Це пухкі або слабо ущільнені борошністі маси схованокристалічної структури, які легко руйнуються, розтираються руками, із розміром зерен менше 0,1 і 0,01мм (пеліти і алеврити, каолін, піролюзит, лімоніт), можуть мати різний генезис і мінеральний склад, але більш притаманні осадовим породам (рис.9).



Рис. 9 Землисті агрегати: 1-піролюзит; 2-каолініт; 3-плюмбоярозит. Авторська колекція та ВУЕ <https://vue.gov.ua/лімоніт#/media/Файл:Лімоніт.jpg>

1.2 Фізичні властивості мінералів. Надважливим при визначенні мінералів і гірських порід є знання їх фізичних властивостей. Умовно вони поділяються на три групи: оптичні, механічні і специфічні.

1.2.1 Оптичні властивості мінералів (блиск, колір, колір риси, прозорість, мінливість (полюск), двозаломлення та іризація).

Блиск мінералів. Один з оптичних ефектів, який зумовлений відбиттям світла від поверхні мінералу, якою зазвичай є площина сколювання або спайності. Більшість мінералів утворюють групу з неметалевим блиском, інші характеризуються металевим або напівметалевим блиском. Важливість блиску для деяких мінералів відображено у синонімах їх назв: халькозин (мідний блиск), антимоніт (сурм'яний блиск), галеніт (свинцевий блиск), гематит (залізний блиск). Велика кількість мінералів взагалі не мають виразного блиску і характеризуються, як мінерали з матовим блиском, який краще називати матовою поверхнею. Перш за все це землісті і зернисті агрегати мінералів.

Металевий блиск схожий на блиск поверхні металів. До мінералів з таким блиском належать непрозорі з чорною рисою, а саме галеніт, мартит, магнетит та інші, а також мінерали у яких відсутня спайність і будь-які площини сколювання. Мінерали з металевим блиском переважно безбарвні, сірі або темно сірі, тому колір блиску від сірого до сріблястого. В той же час деякі кольорові метали (пірит, халькопірит, арсенопірит) мають колір відблиску відповідний їх кольору. **Напівметалевий блиск** (тьмянний металевий) притаманний наприклад графіту, кіноварі, куприту.



Рис. 10 Приклади мінералів з металевим блиском: 1 – галеніт; 2 – пірит; 3 – магнетит.



Рис. 11 Приклади мінералів з напівметалевим блиском: 1- кіновар; 2 – гематит; 3 – куприт. (1-2 авторська колекція), 3 - Золотий Студент. <https://zlotystudent.com.ua/likuvalni-ta-magichni-vlastivosti-mineralu-kuprij>

Інтенсивність блиску тим більша, чим більше різниця між швидкостями світла при переході його у кристалічне середовище, тобто чим більше **показник заломлення**.

Скляний блиск. Характерний для мінералів з найнижчими показниками заломлення від 1,3 до 1,9. До них належать кварц, флюорит, кріоліт, більшість галоїдних з'єднань, карбонатів, силікатів та інших кисневих солей а також шпінель, гранати та корунд.

Алмазний блиск. Дуже сильний блиск, характерний для мінералів з показником заломлення 1,9 – 2,6. Прикладами таких є сфалерит, каситерит, циркон, сірка самородна, алмаз та деякі інші.

Інший важливий чинник окрім показника заломлення, що впливає на наслідки відбиття світла, це характер поверхні, від якої світло відбивається. Тож, якщо поверхня мінералу не є дзеркально рівною, відбите світло втрачає впорядкованість і виникають такі відміни блиску як **жирний** (нефелін, пірохлор, кераргірит), **восковий** (різновиди халцедону, кременю, матові агрегати сфалериту), **смолистий** (деякі жовті радіоактивні мінерали).

Мінералам з чітко відбитим орієнтуванням елементів будови у просторі притаманний характерний відлив або полиск, наприклад **шовковистий** або **перламутровий**.



Рис. 12 Мінерали, для яких характерний скляний блиск: 1 – аметист; 2 – флюорит; 3 – кальцит; 4 – олігоклаз; 5 – корунд; 6 – кальцит (авторська колекція).

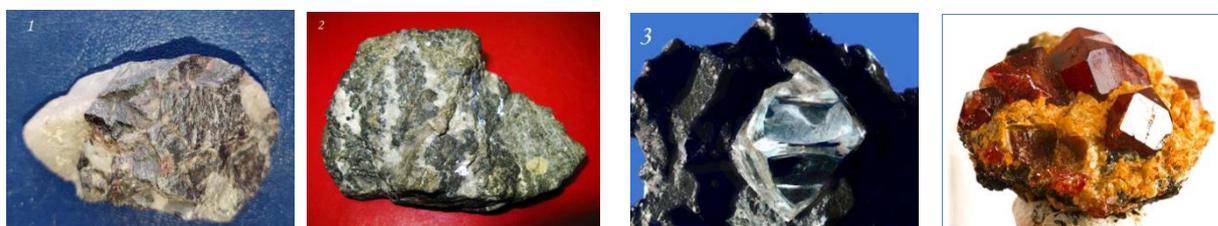


Рис. 13 Мінерали, для яких характерний алмазний блиск: 1- каситерит; 2 – сфалерит; 3 – алмаз; 4 – циркон. (1-2 авторська колекція; 3-4 Золотий Студент. <https://zlotystudent.com.ua/kamin-cirkonij-korisni-vlastivosti-i-spoluchuvanist-zi-znakami-zodiaku>)

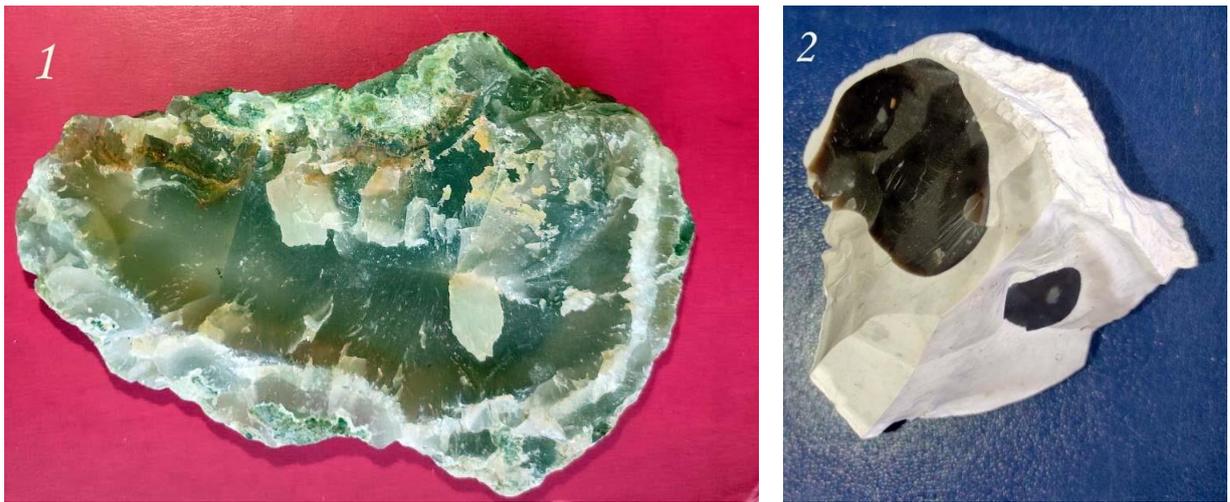


Рис. 14 Мінерали, для яких характерний восковий блиск: 1 – халцедон; 2 – кремій (авторська колекція)



Рис. 15 Мінерали, для яких характерний жирний блиск: 1 – сірка самородна; 2 – нефелін (авторська колекція)



Рис. 16 Мінерали, для яких характерний шовковистий блиск: 1 – селеніт; 2 – тигрове око (різновид крокідоліту, який є різновидом рибекіту); 3 – немаліт (різновид бруситу); 4 – хризотил-азбест (авторська колекція)



Рис. 17 Мінерали, для яких характерний перламутровий блиск: 1 – біотит; 2 – мусковіт; 3 – гіпс (авторська колекція)

Колір мінералів. Одна з важливих характеристик мінералів, яка перша кидається в очі і дозволяє у першому наближенні відрізнати багато мінералів.

Важко, наприклад, сплутати з іншими мінералами яскраво червону кіновар, насичено синій лазурит, лимонно-жовтий (золотистий) аурипігмент, фіолетовий аметист або смарагдово-зелений діоптаз. Характерний колір мінералу суттєво звужує коло схожих мінералів і допомога у їх діагностиці. Для мінералів з групи каменобарвної сировини, виробного каміння колір у більшості випадків є критерієм оцінки їх якості. У природних хімічних з'єднаннях відрізняють три види забарвлення за походженням: ідіохроматичне, алохроматичне та псевдохроматичне.

Ідіохроматизм. Типове забарвлення мінералів, які ніколи не утворюють безбарвних кристалів, зумовлене внутрішніми властивостями самого мінералу. Це, наприклад, латунно-жовтий пірит, синій азурит, зелений малахіт, червона кіновар тощо.



Рис. 18 Ідіохроматичні мінерали. 1- пірит; 2 – лазурит; 3 – малахіт; 4 - бірюза. Золотий Студент. <https://zlotystudent.com.ua/duzhe-drevnij-kamin-malaxit> Good house, <https://goodhouse.com.ua/poradi/14945-kamin-biryuza>

Найбільш яскравим представником хромофорів є власно хром, назва якого вказує на цю особливість. Вміст оксиду хрому (Cr_2O_3) у мінералах зазвичай зумовлює надзвичайно інтенсивне забарвлення: червоне (рубін, піроп наприклад), фіолетове (кеммерерит, родохром), яскраво-зелене (смарагд, уваровіт).



Рис. 19 Мінерали, колір яких зумовлений присутністю домішки хрому: 1 – рубін; 2 – піроп; 3 - смарагд; 4 – уваровіт; 5 - кеммерерит (1,3,5 - Gems. <https://a-gems.com/36524-ruby>, <https://gems.ua/news/lzumrudGruppaBerilla>, <https://uk.wikipedia.org/wiki/Кеммерерит>, 2,4 – авторська колекція).

Алохроматизм. Властивість деяких мінералів набувати кольору, не характерного для даного мінералу. Найкращим прикладом є кварц, який має багато різновидів за кольором: моріон (чорний), цитрин (золотисто-жовтий), раухтопаз (сірий, димчастий), аметист (фіолетовий), празем (зелений), рожевий (рис. 20). Це явище зумовлюють тонко розпорошені механічні домішки, забарвлені у той чи інший колір хромофори. Часто барвник у мінералах розподіляється нерівномірно, може утворювати зонально-концентричні шари. Яскравим прикладом є надзвичайно різноманітний світ агатів (рис. 21).



Рис. 20 Мінерали – різновиди кварцу, для яких характерний алохроматизм: 1 – моріон; 2 – цитрин; 3 – раухтопаз із моріоном; 4 – аметист; 5 – рожевий кварц; 6 – празем. (1-5 авторська колекція, 6- FineSell. <https://finesell.online/vse-kamni/prazem.html>)



Рис. 21 Приклади зонально-концентричного забарвлення у агатах (авторська колекція)

Псевдохроматизм. У деяких прозорих мінералів іноді спостерігається «гра кольорів», яка зумовлена переважно явищами інтерференції світла у вигляді опалесценції та іризації у зв'язку із відбиттям його від поверхні будь-яких включень. Іризація, або яскравий поліск різних відтінків кольору на площинах спайності або сколювання (рідше) при певному положенні до напрямку променів світла, характерні перш за все для лабрадориту, та деяких інших мінералів з групи польових шпатів (олігоклаз, санідін, ортоклаз, адуляр), які отримали завдяки цьому явищу власні назви: сонячний камінь (біломорит),

місячний тощо. Часто всі іризуючі польові шпати називають авантюринові (aventurine feldspar). Та найбільш яскраво райдужна гра кольорів проявляється у шляхетних опалів, завдяки чому отримала назву опалесценція. Іризуючі строкатозабарвлені плівки часто утворюються також у деяких мінералів з групи сульфідів: борніту, халькопіриту, залізного блиску.

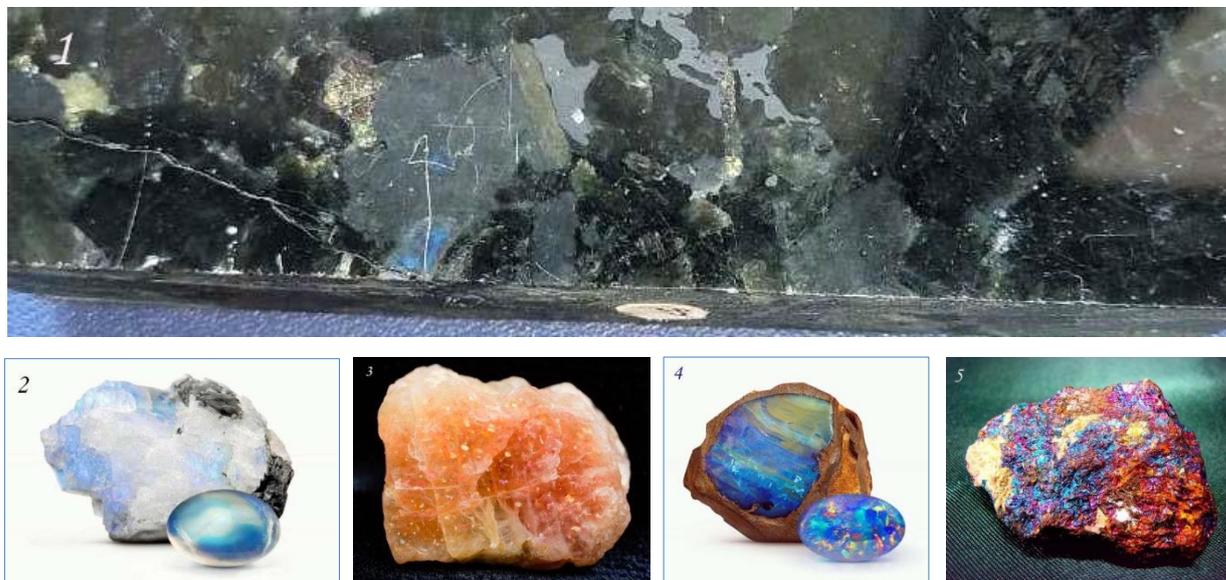


Рис. 22 Приклади псевдохроматизму у світі мінералів: 1 – лабрадорит; 2 – Місячний камінь (біломорит); 3 – Сонячний камінь; 4 – опал; 5 – борніт. (1 – авторська колекція; 2,3 ЗолотийСтудент: <https://zlotystudent.com.ua/u-chomu-krasa-yuvelirnix-prikras-z-misyachnim-kamenem>; 4 - Gems, опал: <https://a-gems.com/37848-opal>; 5 - Pikist: <https://www.pikist.com/free-photo-vnyhr/ro>)

Колір rischi. Деякі мінерали можуть бути схожими за кольором, але відрізняються кольором у порошок, який можна легко отримати, якщо провести досліджуваним мінералом по матовій (неглазурованій) поверхні порцелянової платівки (бісвіт). Як гематит так і мартит можуть бути сірого кольору, але риска мартиту сіра, а гематиту завжди червона. Мінерал пірит латунно-жовтий, а риска у нього чорна; у різнобарвного флюориту риска завжди біла. Колір rischi можна визначати лише для відносно м'яких мінералів, твердість яких не перевищує твердість порцелянової платівки (5 за шкалою Мооса).

1.2.2. Механічні властивості мінералів. Найбільш важливим з них при діагностуванні мінералів є **твердість, спайність та злам**. Серед інших крихкість, ковкість, окремість, гнучкість і пружність.

Твердість. Під твердістю розуміють ступінь опору, який здібний створити даний мінерал будь-якому зовнішньому механічному впливу (різанню, стиранню, дряпанню). Найбільш простий спосіб визначення твердості мінералу дряпання одного мінералу іншим, тобто встановлення його відносної твердості. Для цього використовується шкала Мооса, яку запропонував німецький мінералог Фрідріх Моос ще у 1811 р. У 10-ти

бальній шкалі підібрані мінерали-еталони твердості, за допомогою яких можна встановити твердість всіх інших мінералів (рис.23).



Рис. 23 Еталонні мінерали шкали Мооса для визначення твердості. 1-тальк, 2-гіпс, 3-кальцит, 4-флюорит, 5-апатит, 6-ортоклаз, 7-кварц, 8-топаз, 9-корунд, 10-алмаз.

Більш точне визначення твердості, або абсолютної твердості, визначається спеціальними приладами – склерометрами або твердомірами. За відсутності шкали Мооса орієнтовну твердість мінералу можна визначити підручними засобами з використанням олівця, залізного цвяху, мідної монети, ножа та ін. (табл. 1).

Табл. 1. Порівняння відносної і абсолютної твердості мінералів та приклади підручних засобів для визначення твердості.

Еталонні мінерали	Відносна твердість	Абсолютна твердість, МПа
Тальк	1 (карандаш)	24
Гіпс	2	360
Кальцит	3 (2,5 - 3 ніготь)	1090
	3 (3 – мідна монета)	
Флюорит	4 (залізний цвях)	1890
Апатит	5 (скло)	5360
Ортоклаз	6 (наждак)	7967
Кварц	7	11200
Топаз	8	14270
Корунд	9	20600
Алмаз	10	100600

При визначення твердості слід враховувати, що деяким мінералам притаманна анізотропія твердості, тобто у різних напрямках може бути різною твердість залежно від будови кристалічної ґратки.

Спайність. Являє собою здатність кристалічних форм мінералів розколюватися за певними плоскими поверхнями або площинами спайності. Останні утворюються внаслідок неоднакових сил зчеплення між певними плоскими сітками кристалічної ґратки мінералу. Для діагностування мінералів найкраще скористатися шкалою досконалості спайності, прийнятою у більшості європейських країн та у якій не виділяються мінерали середньої спайності (рис. 24) .

- ✓ *Perfect* (цілком досконала) – мінерал розщеплюється пальцями на окремі гладенькі поверхні (слюди, гіпс, тальк, графіт);
- ✓ *Distinct* (досконала) – мінерал від легкого удару розколюється у одному або кількох напрямках з утворенням більш товстих рівних гладеньких поверхонь (галіт, кальцит, галеніт, ортоклаз);
- ✓ *Difficult* (недосконала) - при розколюванні переважають уламки, обмежені нерівними поверхнями (апатит, олівін);
- ✓ *Imperfect or indistinct* (цілком недосконала) – усі уламки при розколюванні скоріш ламаються, а не відколюються, мають нерівні поверхні, тобто спайність відсутня (кварц, магнетит).



Рис. 24 Спайність мінералів: 1 – 4 цілком досконала (1-біотит, 2-гіпс, 3-тальк, 4-графіт); 5 -8 досконала (5-галіт, 6-кальцит, 7-ортоклаз, 8-галеніт); 9 – 11 недосконала (9-апатит, 10-олівін, 11-сірка); 12 -14 цілком недосконала (12-кварц, 13-магнетит, 14-корунд). (1-8, 11-13 - авторська колекція; 9 - Вікіпедія. Апатит. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Апатит>; 10 - Geologyscience. Olivine. <https://geologyscience.com/minerals/olivine>; 14 - Вікіпедія. Корунд. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Корунд>

Злам. Більшість мінералів характеризуються відсутністю спайності або її недосконалістю, але можуть діагностуватися за характером зламу зразка, який не проходить за площиною спайності. Відрізняють наступні види зламу:

- ✓ *Раковистий* - гладка опукла або випукла поверхня, що нагадує черепашок двостулкових молюсків (найбільш типова для аморфних кременю, обсидіану, опалу, але і деяких кристалічних мінералів, наприклад кварцу);
- ✓ *Голчастий або скалкуватий* – характерний для голчастих, волокнистих та стовпчастих агрегатів мінералів (хризотил-азбест, актиноліт, тремоліт, рібекіт та ін.);

- ✓ Землистий – спостерігається у деяких дрібнозернистих, пелітових і алевритових агрегатів мінералів (лімоніт, каолініт, боксит);
- ✓ Шорсткий (зазублений) – утворює при розколюванні зразка нерівні зазубрені, шорсткі поверхні, характерні для деяких самородних елементів (срібло, мідь);
- ✓ Східчастий – при розриві суцільності мінералу або агрегату мінералів утворює східчасті поверхні (польові шпати, галеніт);
- ✓ Нерівний – поверхні зламу нерівні, різної форми і розмірів, випадкові, шорсткі (арсенопірит, апатит, нефелін).



Рис. 25 Злам мінералів (приклади) 1,2 – раковистий (1-кремій, 2-яшма); 3,4 – голчасті (3-сфен, 4-рібекіт); 5,6-землисті (5-лімоніт, 6-боксит); 7 – шорсткі (7-самородна мідь); 8 – східчасті (8-польовий шпат). Авторська колекція.

1.2.3. *Специфічні властивості мінералів.* До них належать густина мінералів (питома вага), магнітність, радіоактивність, смак, запах, реакція з розбавленою соляною кислотою, люмінесценція.

Густина мінералу. Залежить від хімічного складу мінералу та його структури, особливо важливу роль при цьому відіграє атомна вага елементів, які входять до складу мінералів, а також їх валентність і розмір іонних радіусів. Дозволяє досить надійно діагностувати мінералів за їх питомою вагою і змінюється у широких межах: від значення менш як 1 (озокерит) до 23 у мінералів групи іридίου. У лабораторних умовах визначається за допомогою гідростатичних ваг, а у практиці польових робіт приблизним зважуванням на долоні. Таке зважування дозволяє поділити мінерали на: дуже легкі (густина до $1,5 \text{ г/см}^3$, наприклад гірська шкіра або палигорськіт, бурштин); легкі ($1,5 - 2,5 \text{ г/см}^3$, гіпс, сірка самородна), середні (густина $2,5 - 4,0 \text{ г/см}^3$, більшість карбонатів, майже всі силікати, деякі оксиди); важкі (густина $4 - 10 \text{ г/см}^3$, барит, вітерит, англезит, церусит); дуже важкі (густина більше 10 г/см^3 , мінерали групи платини, золото, срібло (рис. 26).

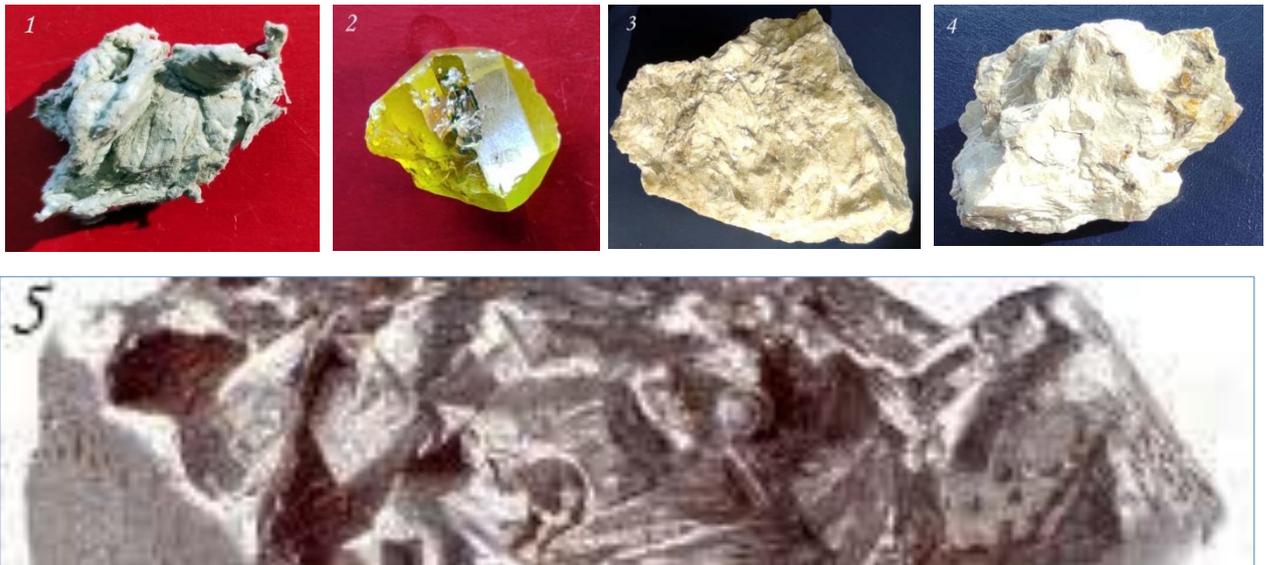


Рис.26 Приклади мінералів різної густини: 1 – дуже легкі (гірська шкіра або палігорськіт); 2 – легкі (сірка); 3 – середні (магнезит); 4 – важкі (вітерит); 5 – платина самородна. (1-4 авторська колекція, 5 - Dreamstime. <https://www.dreamstime.com/platinum-nugget-native-gram-kondyor-massif-khabarovsk-krai-russia-isolated-white-background-image152960022>).

Магнітність. Наявність у деяких мінералів магнітних властивостей, які легко встановити компасом за відхиленням стрілки. За магнітними властивостями, тобто здібністю мінералів намагнічуватися у зовнішньому магнітному полі, всі мінерали поділяються на слабomagнітні (діа- і парамагнетики, до яких належать флюорит, кальцит, самородні срібло та золото та ін.) та сильно магнітні (феро- і феромагнетики: магнетит, титаномангнетит, хроміт). Гематит і гетит розглядають як антиферомагнетики.

Смак. Мінерали, які добре розчиняються можуть мати специфічний смак, за яким їх можна відрізнити. За такою ознакою відрізняють гірко солоні сильвін та карналіт від солоного галіту.

Запах. Деякі мінерали внаслідок тертя, удару або при розколюванні, можуть виділяти специфічний запах, який відрізняє їх серед інших і допомагає діагностувати. Прикладами таких мінералів є самородна сірка, бурштин. Для арсенопіриту, піриту характерний запах сірководню або часнику, фосфориту – запах горілої шкіри, вологий каолін пахне глиною. Інші мінерали пахнуть самі по собі, наприклад озокерит, асфальт, гагат та їм подібні.

Реакція із соляною кислотою. Одна з найбільш важливих фізичних властивостей, яка дозволяє діагностувати мінерали класу карбонатів та гірські породи які складені за участі карбонатних мінералів. Наприклад чистий, з мінімальною кількістю домішок вапняк бурхливо реагує на краплю соляної кислоти, виділяє велику кількість бульбашок із шипінням. В той же час мергель слабо реагує на кислоту через велику кількість глинястих мінералів, доломіт «ліниво» із запізненням скипає, магнезит дає реакцію лише в порошок і з підігрітою кислотою.

Люмінесценція (холодне світло). Деяким мінералам притаманна властивість світитися під впливом зовнішнього опромінювання будь-яким збудником. Мінерали люмінесціюють, якщо отримують певну кількість енергії, яка сприяє переходу їх частинок на новий збуджений стан, що триває певний час. Серед багатьох відомих видів люмінесценції при визначенні мінералів мають значення наступні:

- ✓ *Фотолюмінесценція* - світіння, яке виникає при опромінюванні світлом оптичного діапазону частот — від ультрафіолетових до видимих;
- ✓ *Термолюмінесценція* - світіння деяких мінералів при їх слабкому нагріванні;
- ✓ *Рентгенофлуоресценція* – виникає при опромінюванні катодними променями.

За тривалістю люмінесценції відрізняють флуоресценцію (припиняється відразу після припинення дії джерела світла) та фосфоресценцію (продовжується деякий час після припинення опромінювання). Люмінесцують такі мінерали як флюорит (різноколірне світіння), шеєліт і повеліт (червоне), деякі плагіоклази (синє), вілеміт (зелене), рубін, смарагд, олександрит, шпінель. Для шеєліту і повеліту це головний метод діагностики.

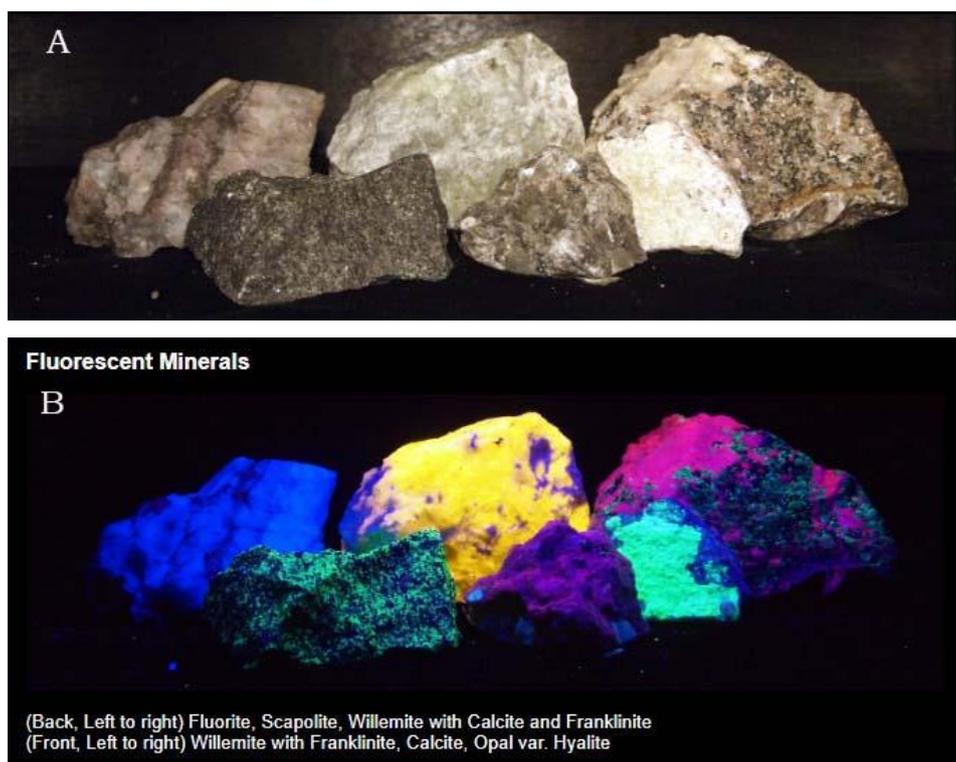


Рис. 27 Флюорит, скаполіт, вілеміт, кальцит та опал до опромінювання (A) та після опромінювання (B). Stephen Hui Geological Museum. Virtual museum tour.

https://www.earthsciences.hku.hk/shmuseum/earth_mat_1_2_6.php

2. Методика визначення мінералів за їх фізичними властивостями.

Діагностика мінералів за фізичними властивостями один з найбільш простих і ефективних методів їх визначення як в польових так і в лабораторних умовах. Для полегшення процесу визначення і вивчення мінералів за

комплексом діагностичних фізичних властивостей у посібнику використовується удосконалений і суттєво розширений автором «Визначник основних породо- і рудотвірних мінералів за їх фізичними властивостями», складений колективом авторів посібника до вивчення курсу «Загальна геологія» у 2009 р. (Барг, Бондар, 2009).

В основу «Визначника...» покладені фізичні властивості мінералів, які відносно легко діагностуються. У якості основної властивості прийнята **твердість**, яка є постійною для даного мінералу та її легко визначити на підставі використання шкали Мооса та підручних засобів, описаних вище. За твердістю усі мінерали, що ввійшли до таблиці розділені на 4 групи:

1. **М'які мінерали** (твердість менше 2,5) – можна подряпати нігтем.
2. **Мінерали середньої твердості** (твердість від 2,5 до 3,5) – можна подряпати бронзовою монетою або голкою.
3. **Тверді мінерали** (твердість від 3,5 до 5) – можна подряпати склом.
4. **Дуже тверді мінерали** (твердість від 5 до 7) – можна подряпати наждаком або кварцом.
5. **Надтверді мінерали** (твердість від 7 до 10) – можна пошкрябати мінералами, твердість яких вище досліджуваного.

Розподіл у середині кожної групи здійснюється за іншою важливою властивістю, що легко визначається – блиском мінералу. За цією ознакою в кожній групі виділяються дві підгрупи:

1. Мінерали з металевим і напівметалевим блиском
2. Мінерали без металевого блиску

В основу «Визначника...» закладено і третю діагностичну ознаку, якою є спайність мінералів, яка визначається у кристалах мінералів та кристалічно-зернистих агрегатах. За спайністю у кожній підгрупі виділяється 4 класи:

1. Спайність цілком досконала і досконала.
2. Спайність середня.
3. Спайність недосконала або цілком недосконала.
4. Спайність візуально не визначається.

Крім того, у межах кожного класу визначення мінералу додатково ґрунтується на інших фізичних властивостях: колір, колір риски, злам, густина, магнітність та всі інші специфічні ознаки, характерні для певного мінерального виду. Також, у таблиці наведено дані щодо найбільш характерних для мінералу форм знаходження у природі, їх практичне використання та приклади найбільш відомих родовищ як в Україні так і в світі.

3. Визначник основних породо- і рудоутворюючих мінералів за їх фізичними властивостями

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
1 група. Мінерали м'які (твердість менша 2,5)					
1.1 Мінерали з металевим та напівметалевим блиском					
1.1.1 Спайність цілком досконала і досконала					
Графіт C	Колір – сталеві-сірий до чорного М'який, бруднить руки, жирний на дотик	Тонколукуваті агрегати, рідше волокнисті, жердуваті; Кристали (рідко) табличчасті, шестикутні платівки; гексагональна сингонія	Непрозорий, легкий (густина 2,1)	Атомна промисловість, радіотехніка, електротехніка, фарби, мастильні матеріали, виготовлення олівців	Суліван (Канада), Берегівське, Вишківське (Закарпаття), Нагольний кряж
Молібденіт MoS ₂	Колір – світло-сталеві-сірий, свинцево-сірий, блиск металевий, риска сіро-чорна густина 5	Дрібнолукуваті агрегати, гексагонально-табличчасті кристали, луски гнучкі; гексагональна сингонія	Дуже м'який, береться до рук, дрібно лускуватий,	Головна руда молібдену: легування сталі, отримання сплавів з Co, Cr та V, у атомній промисл., фарбовій.	Клаймакс (США), Чукіамата (Чилі), Каджаран (Вірменія), Пержанський, Вербинський та ін. рудопрояви України.
1.2 Мінерали без металевих блиску					
1.2.1 Спайність цілком досконала і досконала					
Галіт NaCl	Колір – безбарвний, білий, блиск скляний, жирний, прозорий, густина 2,2; риска біла	Кубічні кристали, рідко октаедричні, суцільні маси, зернисті агрегати; кубічна сингонія	Солоний, розчиняється у воді, флуоресцує, крихкий	Харчова промисловість, хімічне виробництво, технічна сіль	Величка (Польща), Артемівське, Солотвинське, Слов'янське.

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Сильвін KCl	Колір – блакитний, червонуватий, безбарвний, білий; блиск скляний, прозорий, густина 2, риска біла	Кубічні та гексаедричні кристали, суцільні зернисті маси, іноді шаруваті, сталактити	Гірко-солоний, крихкий, лам нерівний, легко розчинний у воді	Калійні добрива (92%), миловаріння, отримання поташу, виробництво ціаністого калію (KCN).	Канада, Таїланд, США; в Україні – Калуське, Стебницьке, Голинське, Бориславське.
Бура Na₂B₄O₇·10H₂O	Колір – блакитний, безбарвний, зеленуватий; блиск жирний; риска біла; прозорий і напівпрозорий, густина 1,7	Короткопризматичні кристали, суцільні зернисті маси і прожилки у глинястих породах, моноклінна сингонія	Не стійка, на повітрі зневоджується, вкривається скоринкою тинкалконіту або керніту,	Отримання бору та його сполук: склоробна і керамічна промисловість, виробництво мила і м'яких засобів	Озеро Борак (США), Невада, Каліфорнія; в Україні прояви в Криму, Закарпатті, ДДЗ, Причорноморській западині.
Гіпс CaSO ₄ ·2H ₂ O	Колір – білий, безбарвний, жовтий, червонуватий, рожевий; риска – біла, блиск скляний, перламутровий, шовковистий; прозорий і напівпрозорий, густина 2,3	Таблитчасті і стовпчасті кристали, волокнисті агрегати (селеніт), листуваті і зернисті агрегати; сингонія моноклінна	Двійники гальські і паризькі («ластівчин хвіст»), флуоресцує і фосфоресцує, крихкий, може розчинятися у воді	Будівництво (алебастр), скульптури, медицина, добриво (гіпсування ґрунтів), форми у керамічному виробництві	США, Канада, Іран, Туркменія; в Україні Троянське, Артемівське, Ков'ятинське родовища, Попасні Ліски, Скитське
Мірабіліт Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O (глауберова сіль)	Колір – білий, риска біла, блиск скляний, прозорий, густина 1,5	Короткостовпчасті кристали, зернисті і порошокваті маси, нальоти, кірки, сингонія моноклінна	Солоний, крихкий, на повітрі випаровується і втрачає масу, розчиняється у воді	Хімічна (отримання соди) і скляна промисловість, медицина,	Кара Богаз Гол (Туркменія), Велике Солоне озеро (США), Крим
Тальк Mg ₃ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₂	Колір – світло-зелений, білий; блиск восковий, з перламутровим полиском, жирний; напівпрозорий (до прозорого); риска біла; густина 2,8	Таблитчасті кристали, тонколистуваті агрегати,	Один з найм'якших мінералів, жирний на дотик, гнучкі агрегати, хімічно інертний, флуоресцент	Вогнетривка, гумова, паперова, керамічна фармацевтична промисловість, парфумерія, стеатит – виробне каміння	Соботин (Чехія), Гродзіще (Польща), Бріансон (Франція); в Україні – Правдинське,

Продовження табл. 2

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Каолініт $Al_4 [Si_4O_{10}] (OH)_8$.	Колір білий (з відтінками залежно від домішок), риска біла, матовий до перламутрового, не прозорий, злам раковистий, густина 2,6	Землисті і борошністі маси, конкреції, ооліти, жовна, щільні схванокристалічні агрегати, сингонія триклінна	Жирний на дотик, раковистий злам у щільних різновидів, легко розмокає у воді, набуває пластичності	Вогнетрив, виготовлення фарфору і порцеляни, фарб, гуми, лінолеуму, олівців, паперова промисловість,	Кау-Лінь (Китай), Олексіївське (Казахстан), в Україні Просянівське, Часов-Ярське, Пологівське, Обозненське.
Пірофіліт (піроксит) $Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$	Колір – рожевий, білий з жовтим відтінком, зелений; риска біла, блиск скляний з перламутровим відливом; непрозорий та напівпрозорий; густина 2,7	Призматичні кристали, пластинчасті і променисто-пластинчасті суцільні маси; сингонія моноклінна	Жирний на дотик, тонкі листочки гнучкі, при нагріванні розщеплюється на надтонкі листочки; щільний зеленуватий різновид – агальматоліт	Виробне каміння, будівельний матеріал, виробництво паперу, кераміки, вогнетрив, гумова і електротехнічна промисловість	Китай, Руді гори, Банська Штявниця (Словачія), Сукерімб (Румунія), Овруцький кряж у Житомирській області
Біотит $K(Mg, Fe)_3 (OH, F)_a [AlSi_3O_{10}]$	Колір – чорний, рідше жовтувато-бурий; риска біла; блиск скляний, прозорий, густина 3,1	Таблитчасті кристали (дуже рідко), переважно таблитчасті і пластинчасті агрегати; сингонія моноклінна	Тонколукуваті агрегати, характерний чорний колір, східчастий злам. Алюмосилікат шаруватої будови.	Електроізоляційний матеріал, виготовлення фарб, колекційне каміння, у косметичній промисловості. Промислове значення має тільки вермікуліт	Є важливим породотвірним мінералом магматичних, метаморфічних і метасоматичних порід (зокрема гранітів, діоритів, гнейсів, сієнітів слюдяних сланців, гранодіоритів, трахітів. Гренландія, УЩ, Балтійський щит та інші.

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Мусковіт $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$	Колір – безбарвний, можуть бути відтінки жовтого, золотистого, зеленого і червонуватого кольорів; блиск скляний до перламутрового; риска біла, прозорий, густина 2,5	Кристали пластинчасті, таблитчасті, рідше стовпчасті; лускуваті, променисті й волокнисті агрегати, суцільні листуваті маси: сингонія моноклінна	Перламутровий полиск, легко розщеплюється на тонкі пружні прозорі листочки	Чудовий ізолятор, виготовлення конденсаторів, радіотехніка, електроізолятор, вогнетрив; скрап мусковіту використовується для виготовлення толю, вогнетривких фарб тощо	Біхар (Індонезія), Бразилія, Північна Кароліна, Дакота, Нью Гемпшир (США), Онтаріо (Канада); в Україні рудопрояви: Бельчаківський, Устьївський, Яструбецький, Єлисеєвський, Жаберницький, Балка Великого Табору та інші
Аурипігмент As_2S_3	Колір - золотисто-жовтий, яскравий; риска жовта; блиск жирний до алмазного; прозорий лише в тонких лусках; густина 3,5	Кристали коротко призматичні (рідко), дрібнолускуваті, щільні або зернисті маси, радіально- променисті зрощення, сфероліти, сингонія моноклінна	М'який, в'язкий, отруйний мінерал, з дуже характерним помаранчово- золотистим кольором	Отримання миш'яку, жовтої фарби. Миш'як використовується у виробництві пестицидів, скла, кераміки, консервантів для деревини та напівпровідників, у медицині	Джультфа, Духумі (Азербайджан), Алахар (Македонія), Меркур (США), Хайдаркан (Киргизстан), у Закарпатті, Микитівському родовищі ртуті (у непромислових масштабах)
1.2.2 Спайність недосконала або відсутня					
Сірка S	Колір – жовтий, риска біла; блиск жирний, на гранях алмазний; прозора і напівпрозора; густина 2,1	Діпірамідальні товстотаблитчасті кристали, зернисті маси, натічні та нирковидні, сингонія ромбічна	Характерний жовтий колір, запах при терті, крихка	Хімічна, гумова, паперова промисловість, інсектицид у сільському господарстві, у виробництві сульфатної кислоти	Ірак, Польща, в Україні Роздольське, Немирівське, Язівське

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
2 група. Мінерали середньої твердості (твердість 2,5 – 3,5)					
2.1 Мінерали з металевим та напівметалевим блиском					
2.1.1 Спайність цілком досконала і досконала					
Галеніт PbS	Колір – свинцево-сірий; риска сірувато-чорна; блиск металевий; густина - 7,5	Кубічні і кубооктаєдричні кристали, зернисті суцільні маси, вкрапленість і гнізда; сингонія кубічна	Радужна мінливість (синій, фіолетовий відливи при окисленні); крихкий	Головна руда свинцю (акумулятори, кабелі, захисні екрани, виготовлення фарб (білила), військова справа (кулі) і т.і.	Суліван (Канада), Брокен Хілл (США), Садонське (Кавказ), Турланське (Казахстан); в Україні Березівське, Вишківське (Закарпаття), Нагольний кряж (Донбас)
Буланжерит Pb ₅ Sb ₄ S ₁₁	Колір свинцево-сірий, залізо-чорний; риска червоно-коричнево-чорна; блиск металевий; густина 4,2	Голкоподібні кристали (рідко), волокнисті і масивні маси, сингонія моноклінна	Крихкий, гнучкі кристали	Другорядна руда свинцю	Гарц (Німеччина), Чехія, Копаонік (Сербія), Алгачинське, Кличкінське, Дарасун (Забайкалля), в Україні Нагольний кряж
2.1.2 Спайність недосконала або відсутня					
Мідь самородна Cu	Колір ясно-червоний, мідно-рожевий, риска червона; блиск металевий; густина 8,4 -8,9	Кубічні або октаєдричні кристали, частіше дендрити, платівки, суцільні маси; сингонія кубічна	Ковка, висока електропровідність, дуже характерні дендрити	Електропромисловість, радіотехніка, машинобудування, отримання сплавів (бронза, латунь, мельхіор)	Верхнє озеро (США), Чукіамата, Діспутада (Чилі), в Україні Ратненський, Рафалівський родовища (Волинь), Бахмутська котловина, Крута Балка, Чивчинські гори (Карпати), Український щит (Конкський, Сурський райони)

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Халькопірит CuFeS_2	Колір – медово-жовтий, латунний; риска – зеленувата, чорна; блиск – металевий; густина 4,1-4,3	Кристали тетраедричні (рідко), вкрапленість, суцільні маси	Синя і фіолетова мінливість на поверхнях окислення, сірчаний запах	Електропромисловість, радіотехніка, отримання сплавів (бронза, латунь, мельхіор)	Джезказган, Саяк (Казахстан), в Україні Ратненський, Рафалівський родовища (Волинь), Карпати
2.2 Мінерали без металевго блиску					
2.2.1 Спайність цілком досконала і досконала					
Флогопіт $\text{KMg}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	Колір зелений, коричнево-бурий, червонуватий; риска біла; блиск скляний, на площинах спайності перламутровий із золотистим полиском, густина 2,85	Таблитчасті коротко призматичні кристали, листовато-платівкові, лускуваті агрегати; сингонія моноклінна	Присутнє явище астеризму, штриховка на гранях кристалів, характерний зелений колір	Ізолятор, виготовлення конденсаторів, радіотехніка, електроізолятор, вогнетрив; скрап використовується для виготовлення толю, вогнетривких фарб	Слюдянське (Забайкалля), Онтаріо (Канада), Мадагаскар, Цейлон, Айрон Гілл (США), Карлінгфорд (Ірландія); в Україні: Лукашівське родовище у Вінницькій області.
Лепідоліт $\text{KLi}_2\text{Al}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]\{\text{F},\text{OH}\}_2$.	Колір фіолетовий, рожевий, може бути білим і червонуватим; колір риски білий; блиск скляний, перламутровий; густина 2,9	Пластинчасті, псевдо гексагональні кристали, листовато-платівкові і лускуваті агрегати; сингонія моноклінна	Характерний фіолетовий колір, вельми досконала спайність, лускуваті і платівкові агрегати	Джерело отримання літію (отримання оптичного скла, лужні акумулятори для підводних човнів, у піротехніці, медицині, рентгенографії тощо)	Розена (Моравія), Тарбагатай (Казахстан), Мадейра (Бразилія), Мурзинка (Урал), Мінас Жерайс (Бразилія); в Україні Полохівське родовище
Крокоїт PbCrO_4	Колір помаранчевий, червоний; колір риски помаранчево-жовтий; блиск алмазний; прозорий; густина 6	Кристали призматичні і жердуваті, друзи кристалів, кірки, сингонія моноклінна	Характерні яскраво-помаранчеві кристали, друзи кристалів, велика густина	Зустрічається рідко і не утворює промислових скупчень; пошукова ознака на свинець, використовується як колекційне каміння	В зонах окислення свинцево-цинкових руд (Тасманія у Австралії, Бразилія, Філіппіни, Березівське родовище (Урал), Румунія, Німеччина

Продовження табл. 2

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Еритрин $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Колір рожевий, фіолетовий, малиновий, червонуватий; колір риски рожево- червоний; блиск тьмянний, перламутровий; густина 3,1	Голчасті кристали (рідко), радіально- променисті агрегати, плівки, вицвіти, землісті маси	Характерний рожевий колір, землісті пухкі маси в зонах звітрювання, асоціації з кобальтином	Руда кобальту (важливий компонент сплавів з різними металами, підвищує термостійкість і твердість сталі, має антикорозійні властивості)	Кобальт (Онтаріо), Шнеєсберг (Німеччина), Бу Аззер (Марокко); в Україні Сухохоторське, Чортомлицьке родовища на УЩ
Кальцит CaCO_3	Колір безбарвний, білий, жовтуватий; риска біла; блиск скляний (до перламутрового); прозорий; густина 2,7	Скаленоедричні, ромбоедричні, пластинчасті кристали; друзи кристалів, щітки, ооліти	Східчастий лам, прозорість, характерні кристали, реакція з соляною кислотою (HCl), слабка оранжева люмінесценція	Важливий породоутворюючий мінерал карбонатних порід; вапняк, крейда, мергель; ісландський шпат- оптична сировина, онікс- виробне каміння	Крим (ісландський шпат), Докучаєвське родовище, ДДЗ, В Україні родовище Колюсик та рудопрояви на Волино-Поділлі
Гідроборацит $\text{CaMg}[\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_3]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Колір безбарвний, білий, рідше рожевий, червоний; риска біла; блиск скляний; прозорий; густина 2,2	Видовжені стовпчасті, пластинчасті кристали; щільні агрегати; сингонія моноклінна	Крихкий, від інших боратів відрізняється за оптичними константами,	Руда бору (виробництво скла (50%), мийних засобів, емалей, глазурі, металургійних флюсів	Борон (США), в Україні Булганацьке і Тарханкутське (Крим),
Барит BaSO_4	Колір білий, безбарвний, жовтуватий, червонуватий; риска біла; блиск скляний; прозорий і напівпрозорий; густина 4,5	Пластинчасті, призматичні, стовпчасті кристали, щільні, схованокристалічні, землісті агрегати, зустрічаються натічні форми	Велика густина, ультрафіолетова люмінесценція	Руда бору (виробництво скла (50%), мийних засобів, емалей, глазурі, металургійних флюсів, білої фарби, гуми, пластмас, паперу, обважнювач бурових розчинів	Шотландія, Корнуол, Арканзас (США), в Україні Нагольний кряж (Донбас), Закарпаття, Прикарпаття, Придністров'я

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Целестин SrSO_4	Колір блакитний, безбарвний, зелений; риска біла; блиск перламутровий, скляний; напівпрозорий, густина 4,0	Подовжено- призматичні, голчасті і таблитчасті кристали; щільні маси, конкреції	Висока питома вага, світлий колір (часто блакитний), ультрафіолетова люмінесценція	Руда стронцію (піротехніка, виробництво трасуючих куль, лаків, у ядерній енергетиці	Монтекіо-Манджоро, Сицилія (Італія), Єна (Німеччина), Мадагаскар; в Україні Покровсько- Киреєвське родовище (Донбас, разом із флюоритом)
Ангідрит CaSO_4	Колір білий, червонуватий, блакитний; блиск скляний; прозорий; густина 3	Пінакоїдальні, рідко таблитчасті кристали, дрібнозернисті і масивні агрегати; сингонія ромбічна	Світлий колір, найлегший з сульфатів у напрямку площин спайності, твердіший за гіпс	У будівництві в'язучі матеріали, деякі відміни використовуються як виробне каміння	Зальцбург (Австрія), в Україні Передкарпаття, Донбас і ДДЗ,
2.2.2 Спайність недосконала або відсутня					
Карналіт $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Колір червонуватий, червоно-бурий, білий; риска біла; блиск скляний, густина 1,6	Псевдогексагональні кристали (дуже рідко), суцільні зернисті маси; сингонія ромбічна	Гірко-солоний на смак, дуже гігроскопічний, червонуватий колір, прозорий і напівпрозорий, сильно флуоресцує	Мінеральні добрива, отримання калію, магнію і бромю	Страссфурт, Штутгарт (Німеччина), в Україні Калуш-Голинське (Передкарпаття), Стебницьке
Хризотил-азбест $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$	Колір сірувато-зелений, жовто-зелений; колір риски білий, блиск шовковистий, густина 2,5	Волокнисті маси, сингонія моноклінна	Волокнисті агрегати із довжиною ластичних волокон до 25 мм, розпушується, вогнестійкий і луготривкий	Один з кращих вогнетривів: азбестоцементні листи, вогнестійкі тканини, фасадні плити, гальмові стрічки, теплоізоляційні матеріали	Тюрингія (Німеччина), Корнуол (Англія), Арізона (США), Північний Кавказ, Австралія тощо

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Олівеніт $\text{Cu}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})$.	Колір оліwkово-зелений, риска зелена; блиск алмазний, скляний, шовковистий; прозорий; густина 4,4	Призматичні кристали, нирковидні і кулясті агрегати та друзи кристалів; сингонія ромбічна	Характерний колір, прозорі гарні призматичні колекційні кристали, алмазний блиск	Колекційне каміння, разом з іншими мінералами промислових родовищ руда на мідь	Шьоне Аусзіт (Німеччина), Альстон Мур (Англія), Хайдаркан (Киргизстан), Чукіамата (Чілі), Цумеб (Намібія)
Форнацит $\text{CuPb}_2(\text{CrO}_4)(\text{AsO}_4)(\text{OH})$	Колір зелений, жовтий; риска оліwkова; блиск жирний, скляний; прозорий і напівпрозорий; густина 6,3	Призматичні кристали, друзи кристалів, сингонія моноклінна	Асоціює з діоптазом і вульфенітом, флюоритом, хризоколою, крихкий	Колекційне каміння, другорядна руда на свинець	Реневіль, Джуе, Бразавіль (Конго), Марокко
Ванадиніт $\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{C}$	Колір світло-коричневий, жовто-червоний; риска світло-жовта; блиск алмазний, жирний; напівпрозорий прозорий; густина 7,1	Призматичні і голчасті кристали, пігулкоподібні; радіально-променисті і волокнисті агрегати; сингонія гексагональна	Характерні шестикутні пігулкоподібні кристали, крихкий, рідше шестикутні піраміди, кірки, округлі утворення	Колекційне каміння, руда ванадію (легуюча добавка до сталі і чавуну, у ядерних реакторах, у авіації і ракетобудуванні, медицині тощо)	Намібія, Марокко (Мібладен), Китай, ПАР, Бразилія, Австралія
Деклазит $\text{PbZn}(\text{VO}_4)(\text{OH})$	Колір червонуватий, коричневий, помаранчевий; риска коричнево-червона; блиск жирний, алмазний; непрозорий до напівпрозорого (просвічує по краях кристалів); густина 6,2	Короткопризматичні кристали, нирковидні і волокнисті агрегати, суцільні зернисті маси; сингонія ромбічна	Крихкий, у зонах окислення свинцево-цинкових родовищ	Руда ванадію (легуюча добавка до сталі і чавуну, у ядерних реакторах, у авіації і ракетобудуванні, медицині тощо), колекційне каміння	Оттаві-Тсумеб (Африка), Брокен Хілл (США), Гульшад, Каскайгир (Казахстан), Берг-Аукас (Намібія), Кордова (Аргентина)

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
3. Тверді мінерали (з твердістю від 3,5 до 5)					
3.1 Мінерали з металевим і напівметалевим блиском					
3.1.1 Спайність цілком досконала і досконала					
Манганіт $MnO[OH]$.	Колір чорний, темно-сірий, темно-коричневий; риска бура; блиск напівметалевий, тьмянний; густина 4,3	Кристали призматичні, стовпчасті; друзи і щітки кристалів; ооліти, натічні форми, дрібнокристалічні агрегати	Чорний колір, часто натічні форми, характерний стовпчастий вигляд кристалів, бура риска	Марганцева руда (виплавка феромарганцю, шпигелю, отримання сталі, виготовлення оліфи, мастил, чорного пігменту, відбілювання тканин)	Чіатурі (Грузія), Гейсен Зігерланд, Ільменау (Німеччина), Блатно (Чехія), Фрамервіль (Габон), Бейтсвіл (США); в Україні: Нікопольське, Великотокмацьке
Сфалерит ZnS	Колір коричнево-бурий, сіро-чорний; риска коричнева, бура; блиск металевий, алмазний; густина 4,0	Тетраедричні, ромбододекадричні кристали; зернисті скупчення, зональні агрегати, ооліти; сингонія кубічна	Крихкий, сильний алмазний блиск, бура риска, спайність за ромбододекаедром	Головна руда цинку (оцинкування, отримання цинкових білил, флуоресцюючих екранів)	Сенчері (Австралія), Пшибрам (Чехія), Біннентале ((Швейцарія); в Україні: Нагольний кряж, Березівське і Мужієвське родовища у Закарпатті
3.1.2 Спайність недосконала або відсутня					
Блякла руда $Cu_{12}(SbAs)4S_{13}$	Колір блідо-сірий, сталеве-сірий, залізо-чорний; риска такого ж кольору; блиск напівметалевий і металевий; густина 5,4	Кристали тетраедричні, зернисті суцільні маси і вкрапленість, сингонія кубічна	Крихкий, тьмянний відтінок на зломі	Другорядна руда на мідь з домішками срібла і свинцю. Більш як 50% міді використовується у електротехніці, також отримання сплавів, у гальванотехніці	Стілуотер (США), Талнах (Сибір), Рафалівське родовище в Україні

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Лімоніт $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Колір буро-коричневий, вохристий, червонувато-жовтий; риска бура; блиск металевий, напівметалевий, матовий, смолистий; густина 3,6	Голчасті стовпчасті кристали (рідко), переважно землісті суцільні маси, натічні форми, ніздрюваті і порошкові агрегати, оолітові і конкреції; спайність ромбічна	Характерні коломорфні форми знаходження, бурий і вохристо-бурий колір	Залізна руда. Більша частина залізних руд використовується для виплавки чавуну, також отримують фарби (вохра, мумія, сурик), обважнювачі бурових розчинів	Лотарінгія (Франція, Німеччина), КМА, Урал; в Україні: Керченське родовище, Криворізьке, Білозерське
3.2 Мінерали без металевого блиску					
3.2.1 Спайність цілком досконала і досконала					
Доломіт $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Колір сіро-білий, коричнево-сірий, білий; риска біла; блиск скляний; від непрозорого до напівпрозорого; густина 2,9	Ромбоєдричні кристали, масивні зернисті маси; сингонія тригональна	Погано реагує з соляною кислотою (HCl) («ліниво»), спайність за ромбоєдром	Будівельне каміння, виготовлення в'язучих речовин, важливий флюс у металургії, вогнетривка сировина, у хімічні промисловості	Родовища України: Оленівське, Стельське, Новотроїцьке, Каракубське (Донецька область), Фрунзенське родовище (Кривий Ріг), Кузинське родовище (Карпати)
Сидерит FeCO_3	Колір жовто-коричневий, буро-червоний, темно-вохристий; риска бура; блиск скляний; непрозорий до напівпрозорого, густина 4,0	Ромбоєдричні кристали, зернисті суцільні маси, конкреції; сингонія тригональна	Дає реакцію із підігрітою соляною кислотою, досконала спайність за ромбоєдром, крихкий	Важлива руда заліза (не містить шкідливих сірки та фосфору)	Штирін (Альпи), Біскайська затока (Іспанія), Зіген (Німеччина); в Україні Керченське родовище.

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Магнезит $MgCO_3$	Колір сірувато-білий (строкатий), жовтий, білий; риска біла; блиск скляний; чисті кристали прозорі; густина 3,0	Ромбоедричні кристали, крупнозернисті і схованокристалічні суцільні маси; сингонія тригональна	Характерний строкатий колір, занозистий східчастий злом, слабка реакція з HCl у порошку	Вогнетрив, отримання в'язучих речовин для будівництва, отримання магнію, магнезіального цементу	П'ємонт (Італія); Фесаалія (Греція); в Україні Донецький кряж, Криворізьке родовище, Правдинське родовище (Дніпропетровська область), Веселянське
Алуніт $KAl_3 [SO_4]_2(OH)_6$	Колір переважно білий, може бути різних відтінків за рахунок домішок (жовтий, бузковий); риска біла; густина 2,9	Кубічні і товсто табличчасті кристали; суцільні дрібнозернисті маси, волокнисті агрегати	Характерний білий колір, прозорий і напівпрозорий, іноді з перламутровим полиском	Джерело отримання галунів, сульфату алюмінію, перспективна руда на алюміній,	Заглік (Азербайджан), Китай, Австрія; в Україні Березівське, Бийганське, Лопушнянське і Добросільське родовища у Закарпатті
Серпентин $(Mg,Fe,Ni)_6Si_4O_{10}(OH)_8$	Колір зелений, бурий, часто строкатий (з темно зеленими плямами), звідки синонім зміювик; риска біла; блиск скляний, жирний, восковий; густина 2,9	Кристали не утворює, щільні маси, лускуваті і волокнисті агрегати	Характерний колір від зеленувато-жовтого до темно-зеленого з плямами різних кольорів	Будівельний матеріал (баласт під залізницю), виробне каміння, теплоізоляційний та вогнетривкий матеріал	Вебстер (США), Австралія, Кольський півострів; в Україні; Приазовський і Середньопридніпровський блоки УЩ, Побужжя (Біла церква)
3.2.2 Спайність середня					
Колеманіт $Ca[B_2O_4(OH)_3] \cdot H_2O$	Колір безбарвний, білий; риска біла; блиск скляний, прозорий; густина 2,4	Короткостовпчасті і пірамідальні кристали, друзи і зростки кристалів, променеподібні агрегати, сингонія моноклінна	Характерні дрібнокристалічні щітки кристалів у жеодах; білий колір, реакція з підігрітою соляною кислотою	Руда бору (50% для виробництва скла, 30% отримання мийних засобів, решта для виготовлення емалей глазури)	Долина смерті у пустелі Мохаве (США), Чилі, Індер (Казахстан), Борон (США), (Бігадич) Турція

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Малахіт $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$.	Колір яскраво зелений; риска блідо-зелена; блиск скляний, шовковистий; напівпрозорий; густина 3,9	Призматичні кристали (вкрай рідко), натічні форми, нирковидні і радіально-променисті, сингонія моноклінна	Яскраво-зелений колір, натічні коломорфні форми, слабо реагує з соляною кислотою	Виробне каміння, може використовуватися як руда на мідь	Калвпезі (Конго), Чок Пакське (Казахстан), Бісбі (Арізона, США), Гумешівське, Міднорудянське (Урал)
3.2.3 Спайність недосконала або відсутня					
Смітсоніт ZnCO_3	Колір сіро-коричневий, жовтуватий, блакитний; риска біла; блиск скляний до перламутрового; напівпрозорий; густина 4,5	Скаленоедричні і ромбічні кристали, нирковидні і натічні форми, часто ніздрюваті (вилуговування), сингонія тригональна	Слабо реагує з HCl , крихкий, ніздрювата текстура, зонально-концентричні кірки, присутнє двозаломлення	Руда цинку (оцинкування, отримання цинкових білил, флуоресцуючих екранів), сплави з іншими металами	Баден (Німеччина), Лавріон (Греція), о. Сардінія (Італія), Акчисай (Казахстан), Олькуш (Польща); в Україні; Донбас і Передкарпаття
Вітерит BaCO_3	Колір білий, жовтувато-сірий; колір риски білий; блиск перламутровий, скляний; густина 4,3	Діпірамідальні кристали, нирковидні і колові агрегати	Іризує перламутрово-білим кольором, велика питома вага, флуоресцує, слабо реагує з HCl	Руда барію (спеціальний тиньк, непроникний для рентгенівських променів, обважнювач бурових розчинів, отримання барію і його сполук	Сеттінгстон, Олстон-Мур (Англія); в Україні у Передкарпатті, Закарпатті, Донбасі.
Арагоніт $\text{Ca} [\text{CO}_3]$.	Колір білий, жовтуватий; колір риски білий; блиск скляний; напівпрозорий; густина 2,9	Голчасті і призматичні кристали, жердуваті, радіально-променисті зростки	Списоподібні кристали, від кальциту відрізняється відсутністю спайності	Колекційне каміння	У вулканічних областях. Складає черепашки молюсків, шари перл, сталактити і сталагміти, відклади деяких гарячих джерел (Іспанія, Сицілія)

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Людвігіт $Mg_2Fe^{3+}[O_2]BO_3$.	Колір темно-зелений до чорного; колір риски чорно-зелений; блиск алмазний, шовковистий; густина 4,7	Призматичні, голчасті, радіально-променисті кристали, сплутано-волокнисті агрегати; сингонія ромбічна	Парамагнітний, характерні форми кристалів (особливо радіально-променисті), крихкий	Руда бору (50% для виробництва скла, 30% отримання мийних засобів, решта для виготовлення емалей глазури)	Шишимські гори (Урал), Сапат Галі (Пакистан), Nordmark Odal Field, (Sweden), Big Cottonwood Mine (Юта, США)
Шееліт $CaWO_4$	Колір безбарвний, коричневий, білий; блиск жирний, алмазний; густина 6,2	Кристали діпірамідального або псевдооктаедричного габітусу, частіше вкрапленість і суцільні маси	Люмінесцює (світиться блакитним кольором у катодних променях), важкий, блиск	Руда на вольфрам (лампи розжарювання, електричні контакти і електроди,	Рудні гори (Німеччина), Андалузія (Іспанія), Ультевіс (Швеція), Корнуол (Велика Британія), (Швейцарія); в Україні: Селищенський родопроярв у Черкаській області
Флюорит CaF_2	Колір зелений, фіолетовий, блакитний, білий, безбарвний; риска біла; блиск скляний; прозорий; густина 3,2	Кубічні і октаедричні кристали; щільні схванокристалічні і зернисті маси, смугасті і радіально-променисті форми	Характерна палітра кольорів, прозорість, флуоресцює при нагріванні, крихкий, форма кристалів	Більшістю використовується як флюс у металургії, отримання фтористих з'єднань, отримання емалей і глазури	Мексика, ПАР, Іспанія; в Україні: Покровсько – Киреєвське родовище (Донбас), Бахтинське (Вінницька область)
Повеліт $Ca[MoO_4]$.	Колір жовтий, білий, синьо-зелений, колір риски світло-жовтий; блиск алмазний, прозорий; густина 4,5	Таблитчасті кристали, землісті, порошокваті, листоваті агрегати, псевдоморфози по молібдену	Реагує із соляною кислотою, люмінесцює кремово-білим, золотистим кольорами	Руда молібдену (легування сталей, отримання сплавів з нікелем, кобальтом, вольфрамом та міддю	Пайк-Крік (Каліфорнія), (Сеуен-Девлс) (Айдахо), (Азегур), (Марокко), Казахстан.

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Апатит [Ca ₅ (PO ₄) ₃ F, Cl]	Колір зелений, смарагдово- зелений, білий, блакитний; блиск скляний, жирний; прозорий, до непрозорого, густина 3,4	Призматичні, таблитчасті, голчасті кристали; зернисті цукроподібні, поперечно-жилкуваті агрегати; сингонія гексагональна	Крихкий, характерний шестигранний призматичний вигляд кристалів	Отримання мінеральних добрив (до 90%), фосфорної кислоти, у сірниковій промисловості та керамічній	Кіронавара (Швеція), Хібінське родовище (Кольський півострів); в Україні: Новолатавське родовище карбонатитів (Приазов'я), рудопрояви у Чернігівській, Запорізькій, Харківській, Івано-Франківській областях
Скородит Fe ³⁺ AsO ₄ ·2H ₂ O	Колір біло- зеленуватий, бурий; колір rischi бурий; блиск скляний, жирний; густина 3,4	Пірамідальні, призматичні, таблитчасті кристали, землісті маси, друзи, сфероліти	Асоціює з арсенопіритом, при ударі запах часнику, характерні блідо- зелені кристали	Руда на миш'як (інсектицид у сільському господарстві, у лакофарбовій і шкіряній промисловостях)	Бріч Мулла (Узбекистан), Карінта (Австрія), Льльолінг (Австралія), (Антоніа- Перейра (Бразилія), Цумеб (Намібія); в Україні у Закарпатті (знахідки)
4. Тверді мінерали (з твердістю від 5 до 7)					
4.1 Мінерали з металевим і напівметалевим блиском					
4.1.1 Спайність цілком досконала і досконала					
Арсенопірит FeAsS	Колір сріблясто- олов'яний, сірий; риск чорна; блиск металевий; густина 6,2	Призматичні, стовпчасті або псевдоромбічні кристали; зернисті агрегати, вкрапленість; сингонія моноклінна	Запах часнику при ударі, характерний сріблястий колір, псевдоромбічні дрібні кристали, отруйний	Руда на миш'як (інсектицид у сільському господарстві, у лакофарбовій і шкіряній промисловостях)	Самостійних родовищ не утворює, використовується побіжно (Австрія, Англія, Мексика, Болівія, Японія; в Україні: Нагольний кряж (Донбас), Чивчинські гори (Карпати), Криворізьке родовище залізних руд

Продовження табл. 2

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Гьотит FeOOH	Колір чорний, червоно-бурий; риска бура; блиск напівметалевий, алмазний; густина 4,4	Стовпчасті і голчасті кристали, нирковидні натічні форми, щільні, пористі, ніздрюваті та порошковаті агрегати, сталактити; сингонія ромбічна	Характерні чорні блискучі натічні нирковидні форми	Руда заліза. Більша частина залізних руд використовується для виплавки чавуну, також отримують фарби, обважнювачі бурових розчинів	Гессен (Німеччина), Корнуол (Англія), Лаура (Франція), Верхнє озеро (Канада); в Україні: Криворізьке, Білозерське, Керченське родовища
Вольфраміт (Mn, Fe)[WO_4]	Колір буро-чорний, червоно- коричневий; риска коричнева; блиск металевий, алмазний, жирний; густина 7,5	Товстотаблитчасті або призматичні кристали, рідко крупнозернисті маси; сингонія моноклінна	Крихкий, слабомагнітний, характерна форма кристалів, блиск металевий до алмазного	Головна руда на вольфрам (лампи розжарювання, електричні контакти і електроди, отримання сплавів, надає міцність)	Сангдон (Південна Корея), Тирниауз (Кавказ), Егузер (Монолія), Сьюард (Аляска), рудопрояви в межах Українського щита: Пержанський, Жовтянсько- Успенівський
4.1.2 Спайність недосконала або відсутня					
Пірит FeS_2	Колір солом'яно- жовтий; риска чорна; блиск металевий; густина 5,0	Кубічні кристали та пентагон додекаедри; вкрапленість у вигляді дрібних кубічних кристалів, суцільні зернисті маси, променисто- концентричні, кулясті, сингонія кубічна	Дуже характерні кубічні кристали з штриховкою на гранях, жовтий колір із сильним блиском на дзеркально рівних поверхнях, намагнічується при нагріванні, крихкий	Отримання сірчаної кислоти, сірки і залізного купоросу, використовувався у якості кресала, у рушницях	Один з найпоширеніших на Землі серед сульфідів, але спеціально не видобувається і власних родовищ немає. Знахідки кращих колекційних зразків: Урал, Луїза (Вірджинія), Сен-Бель (Франція), Санто- Домінго (Італія); в Україні на УЩ, Донбасі, Карпатах

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Гематит Fe_2O_3 .	Колір буро-червоний; риска вишнева, червона; блиск напівметалевий; густина 5,2	Ромбоєдричні і пластинчасті кристали, землисті, листуваті і лускуваті агрегати, щільні схванокристалічні маси; сингонія тригональна	Часто яскравий червоний колір, вишнева риска, платівкові і лускуваті агрегати, висока твердість	Важлива руда заліза. Більша частина залізних руд використовується для виплавки чавуну, також отримують фарби, обважнювачі бурових розчинів	Гора Магнітна, Благодать (Урал), КМА, Верхнє озеро (Канада), Мінас-Жерайс (Бразилія), Курумун (ПАР); в Україні: Криворізький басейн, Білозерське родовище (Запорізька область)
Магнетит $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$	Колір темно-сірий до чорного; риска чорна; блиск металевий; густина 5,2	Октаєдричні і ромбододекаєдричні кристали; суцільні зернисті маси та вкрапленість; сингонія кубічна	Висока магнітність, часто у вигляді великих октаєдричних кристалів, чорна риска	Важлива руда заліза. Більша частина залізних руд використовується для виплавки чавуну, обважнювачі бурових розчинів	Адірондак (США), Кируні (Швеція), Канада, Бразилія, Венесуела: в Україні Криворізький басейн, Білозерське родовище (Запорізька область), Гуляйпольське, Куксунгур
Піролюзит MnO_2 .	Колір чорний, риска чорна, тьмяна; блиск напівметалевий, матовий; густина 5,0	Голчасті або жердуваті кристали (дуже рідко), зазвичай землисті і сажисті маси, щільні агрегати, кірки, ооліти, дендрити, сингонія тетрагональна	Чорний колір, перевага землистих сажистих форм, крихкий, чорна риска, розчиняється у HCl з виділенням хлору	Руда марганцю (виплавка феромарганцю, шпигелю, отримання сталі, виготовлення оліфи, мастил, чорного пігменту, відбілювання тканин)	Чіатурі (Грузія), Гейсен Зігерланд, Ільменау (Німеччина), Блатно (Чехія), Фрамервіль (Габон), Бейтсвіл (США); в Україні: Нікопольське, Великотокмацьке
Хроміт $\text{Fe}^{2+}\text{Cr}_2\text{O}_4$	Колір сірий, темно-сірий; колір риски сірий; блиск напівметалевий; густина 4,8	Октаєдричні кристали, зернисті маси, вкрапленість; сингонія кубічна	Рябчикова текстура (гніздова), чорний і темно-сірий колір, коричнева риска, висока твердість	Руда на хром (легувальний додаток до сталей, фарби, окиснювачі, вогнетрив, дублення шкір, антикорозійні покриття)	Карраде де Кавальєре (Іспанія), Кемпірсайське родовище (Казахстан), Бушвельдське, Велика Дайка (Африка); в Україні: Середнє Побужжя Капітановське родовище)

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
4.2 Мінерали без металевого блиску					
4.2.1 Спайність цілком досконала і досконала					
Монацит (Ce, La)[PO ₄].	Колір червоно-бурий, жовтуватий; колір риси зеленувато-білий; блиск сильний скляний; прозорий і непрозорий; густина 5,3	Кристали таблитчасті, рідше призматичні, ізометричні і пірамідальні; зазвичай у вигляді дрібних кристалів; сингонія моноклінна	Визначається у пегматитах і гранітах за характерними непрозорими таблитчастими темно-жовтими кристалами	Джерело рідких земель і торію (виключно з россіпів)Виготовлення пірофорних сплавів для прожекторів, у хімічній промисловості каталізатори та ін.	Анаказобе, Волхамбохитра (Мадагаскар), Мінас-Жерайс (Бразилія), розсипи Індії, Шрї Ланка, Бразилії і Австралії; в Україні знахідки у Приазов'ї (УЩ)
Дістен (кіаніт) Al ₂ [SiO ₄]O	Колір блакитний, рідше синій, зелений, жовтий; риска біла; блиск скляний, густина 3,6	Видовжені пластинчасті кристали та їх зрощення, двійники	Анізотропія твердості в різних напрямках (від 4,5 до 7; характерний синій колір, видовжені пласкі кристали	Високоглиноземиста сировина-виготовлення високоякісних вогнетривких і кислототривких виробів, ізоляторів, тіглей	Лапса-Буру, Бхандара (Індія), Північна Кароліна (США), Зімбабве, Бразилія, Китай
Епідот {Ca ₂ }{Al ₂ Fe ³⁺ }(Si ₂ O ₇)(SiO ₄)O(OH)	Колір фісташково-зелений; риска біла; блиск скляний; густина 3,4. Сингонія моноклінна.	Стовпчасті, призматичні, сплюснені кристали з поздовжньою штриховкою; суцільні схванокристалічні маси	Характерний фісташково-зелений колір, вигляд кристалів	Виробне каміння	Арендаль (Норвегія), П'ємонт (Італія), Зальцбург (Австрія), Український щит

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Гіперстен (Mg,Fe ²⁺) ₂ [Si ₂ O ₆]	Колір темно-зелений до чорного; риска світло-зелена; блиск перламутровий; густина 3,9	Призматичні або таблитчасті кристали; зернисті маси із зазвичай видовжених зерен; сингонія ромбічна	Слабий плеохроїзм, впевнено діагностується лише в шліфах	Породотвірний мінерал, використовуються лише гірські породи, які його вміщують	Тунаберге (Швеція), Кавказ, Прибайкалля
Сподумен LiAl(SiO ₃) ₂	Колір білий або безбарвний, рідше рожевий, жовтий; риска біла; блиск скляний, перламутровий; від прозорого до непрозорого; густина 3,2	Призматичні або таблитчасті кристали (до 100т вагою-США, копальня Ета); щільні суцільні маси; сингонія моноклінна	Характерний білий колір, найменший кут згасання, сильний блиск	Важлива руда на літій (отримання оптичного скла, лужні акумулятори для підводних човнів, у піротехніці, медицині, рентгенографії тощо)	Кійстон (США), Варутрьоськ (Швеція), Катумба (Конго), Гарц (Австрія); в Україні знахідки у межах Криворізького родовища заліза
Родоніт (Mn, Ca) ₅ [Si ₅ O ₁₅]	Колір рожевий; риска біла; блиск скляний, перламутровий; непрозорий, іноді до напівпрозорого; густина 3,7	Таблитчасті і призматичні кристали; щільні схованокристалічні і дрібнозернисті маси, променисті агрегати	Характерний рожевий колір з чорними дендритами оксидів марганцю, крихкий	Виробне каміння, другорядна руда на марганець	Гуельве (Іспанія), Вестфалія, Східний Гарц (Німеччина), Оуру Прету (Бразилія); в Україні Чивчінське родовище у Івано-Франківській області
Силіманіт Al ₂ OSiO ₄	Колір білий, блідо-зелений; риска біла; блиск скляний; густина 3,2	Голчасті кристали, волокнисті, волосовидні, сплутано-волокнисті, променисті агрегати; сингонія ромбічна	Характерний білий колір і форма кристалів та їх зрощень	Вогнетривка сировина (для отримання силуміну), виробне каміння прозорі різновиди, коштовне каміння 4 порядку	Сушице (Чехія), Шпессарт (Німеччина), Брендівайн Спрінгс (США); в Україні знахідки на УЩ

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Антофіліт (Mg, Fe) ₇ (OH) ₂ [Si ₈ O ₂₂]	Колір жовтувато-сірий, бурозелений; риска біла; блиск скляний, шовковистий; густина 3,4	Призматичні кристали (рідко), променисті і радіально-променисті агрегати, суцільні щільні маси; сингонія ромбічна	Характерні світлі променисті агрегати, часто голчасті, сильно витягнені, снопоподібні, флуоресцює	Породотвірний, деякі відміни як виробне каміння (нууміт)	Конгсберг (Норвегія), Гренландія, США, знахідки на Українському щиті
Тремоліт Ca ₂ Mg ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂	Колір білий, світлозеленуватий; риска біла; блиск скляний, шовковистий; густина 3,4	Довгопризматичні, волокнисті, голчасті, волосоподібні та повстеподібні агрегати; сингонія моноклінна	Дуже характерні світлі волокнисті (бісоліт), голчасті, волосоподібні та повстеподібні агрегати; рідше щільні зеленуваті (нефрит), флуоресцює	Породотвірний, зелений щільний нефрит – виробне каміння; у хімічній промисловості як наповнювач; тремоліт-азбест вогнетрив	Тремол (Швейцарія), Танзанія, Фінляндія Арізона (США), Онтаріо (Канада); часті знахідки на Українському щиті
Рогова обманка (Na, K)Ca(Mg, Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , Al) ₅ [(OH, F) ₂ (Si, Al) ₂ Si ₆ O ₂₂].	Колір бурий, темно-зелений до чорного; риска зеленувата; блиск скляний; густина 3,5	Призматичні стовпоподібні кристали та їх зрощення, крокідоліт волокнистий; сингонія моноклінна	Характерний темно-зелений до чорного колір, видовжені кристали	Породотвірний мінерал порід основного складу, колекційне каміння	Поширена в межах масивів основних порід та товщах метаморфічних порід на давніх щитах
Рібекіт Na ₂ Fe ²⁺ (Fe ³⁺) ₂ [(OH, F)Si ₄ O ₁₁] ₂ .	Темно-синій до чорного, крокідоліт блакитний; риска блакитна; блиск скляний, шовковистий; густина 3,4	Призматичні і голчасті кристали, крокідоліт – паралельно-волокнистий; сингонія моноклінна	Дуже характерний тьмяно-синій, а для рібекіту тьмяно-блакитний колір, шовковистий блиск і кольори тигрового і соколиного ока	З рібекітовими гранітами пов'язані родовища рідкісних металів (Ta, Nb, Zr, Y та ін.); тигрове око і соколине око – виробне каміння (різновиди крокідоліту)	Азбестові гори (ПАР), Східний Казахстан, Нігерія, Канада, в Україні Криворізький басейн залізних руд

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Арфведсоніт $\text{NaNa}_2(\text{Fe}^{2+}_4\text{Fe}^{3+})\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Чорний, іноді із синім відливом; риска темно-блакитно-сіра; блиск скляний; густина 3,5	Стовпчасті та тичкуваті кристали; зернисті агрегати; сингонія моноклінна	Характерна форма кристалів, колір і риска, східчастий злам, крихкий	Породотвірний мінерал (масиви нефелінових сієнітів), колекційне каміння	Лангезунд Фьорд (Норвегія), Кольський півострів, Український щит (Октябрьський лужний масив)
Лабрадор $(\text{Ca}, \text{Na})[(\text{Al}, \text{Si})\text{AlSi}_2\text{O}_8]$	Колір темно-сірий до чорного із синьою іризацією; риска біла; блиск скляний; густина 2,7	Таблитчасті і таблитчато-призматичні кристали, друзи кристалів, суцільні крупнокристалічні маси; сингонія триклінна	Головна ознака - синя, блакитна або (рідше) зелена іризація на площинах спайності	Породотвірний мінерал лабрадоритів, облицювальне каміння, вироби художнього промислу	Півострів Лабрадор (Канада); в Україні в межах Коростенського плутону (Волинь, Житомирщина)
Мікроклін $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$.	Колір жовтувато-червоний, білий, сірий, зелений (амазоніт); риска біла; блиск скляний, від непрозорого до прозорого (адуляр); густина 2,6	Таблитчасті призматичні кристали, крупнокристалічні агрегати; сингонія триклінна	Зовнішньо не відрізнити від ортоклазу (тільки в шліфах), характерні двійники, в шліфах головна ознака мікроклінові решітка	Важливий породотвірний мінерал, керамічна і скляна сировина, будівельний матеріал; амазоніт виробний камінь	Мюдєн (Німеччина), Стригом (Польща), Івеланд (Норвегія) і багато інших; в Україні Український щит
Петаліт $\text{LiAl}(\text{Si}_4\text{O}_{10})$	Колір білий з відтінками; риска біла; блиск скляний; густина 2,5	Таблитчасті кристали, у пегматитах утворює великі блоки або ізометричні зерна, сингонія моноклінна	Характерний білий колір, великі кристали, фосфоресцує, зустрічається серед гранітних пегматитів	Цінна сировина для кераміки, на деяких родовищах руда для отримання літію, крихкий	Бікіта (Зімбабве), Ельба (Італія), Манітоба (Канада), Казахстан; на Українському щиті (Полохівський, Станковатський і Шполянсько-Ташлицький райони літієносних пегматитів)

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
4.2.2 Спайність недосконала або відсутня					
Кварц SiO ₂	Колір чистого кварцу білий, прозорий, залежно від домішок має різні кольори; блиск скляний; прозорий, густина 2,65	Призматичні шестигранні кристали та їх друзи; зернисті і схванокристалічні агрегати, аморфні відміни; сингонія тригональна, на гранях часто поперечне штрихування	Висока твердість і поширеність у природі, форма кристалів, раковистий злом та відсутність спайності; велика кількість різновидів (аметист, цитрин, моріон, опал, халцедон, агат)	Керамічна і скляна сировина, п'єзооптична, радіотехніка, вогнетривкі кислотоїзносні вироби, виробництво карборунду, у медицині (кварцеві лампи)	Бразилія, Уругвай, Мадагаскар; в Україні Овруцьке родовище (Житомирська область), Баницьке (Сумська), Васильківське (Дніпропетровська) та інші
Моріон SiO ₂	Колір чорний, блиск скляний, прозорий, густина 2,65	Призматичні шестигранні кристали та їх друзи, сингонія тригональна	Чорний колір, інші властивості як у кварцу	Ювелірне, технічне, колекційне та виробне каміння	Канада, Мадагаскар, Казахстан, США, Канада, США, Бразилія, Забайкалля, Кавказ; в Україні Володар-Волинське родовище
Аметист SiO ₂	Колір фіолетовий, який має радіаційну природу, прозорий, густина 2,65	Призматичні шестигранні кристали та їх друзи, сингонія тригональна	Фіолетовий колір, інші властивості як у кварцу	Ювелірне, технічне, колекційне та виробне каміння	Бразилія, США, Аргентина (Уругвай), Індія, Урал; в Україні Володар-Волинське родовище, знахідки в межах Криворізького родовища, у Рівненській і Донецькій областях
Опал SiO ₂	Білий, червоний, жовтий, строкатий, блакитний, зелений, чорний; напівпрозорий, густина 2,65	Аморфний різновид кварцу, псевдоморфози, натічні форми, жовта, рідко землісті агрегати	Люмінесцює, білий, «вогняний», строкатий різних відтінків, характерна опалесценція (веселкові відливи кольору)	Ювелірне і виробне каміння, колекційне,	Австралія (85-95% світового видобутку), Ефіопія (Wegel Tena), Мексика, Арізона (США), Бразилія, Гватемала, Монголія (Угорщина); в Україні Талалаївське родовище (Вінницька область)

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Халцедон SiO_2	Колір сірий, світло-сірий до білого, чорний, коричневий, синюватий, рожевий; блиск тьмяний, восковий; прозорий до непрозорого	Аморфний, суцільні масивні форми, волокнисті, сфероліти, кірки, псевдосталактити, смугасті (агати, онікс), плямисті утворення тощо	Аморфний різновид кварцу, крихкий,	Виробне і напівкоштовне каміння (агати, онікс, хризопраз, сардер, карнеол, празем, геліотроп, сердолік), як анти абразив у точних приладах	Бразилія Ріу-Гранді-ду-Сул), Уругвай, Індія (штат Біхар), США (Орегон, Монтана), Словаччина (Трживоди), Ісландія (Рейдар-фьордур), на Кавказі, Казахстані, та ін. В Україні є на Волині, Рівненщині, у Закарпатті, в Криму.
Цитрин SiO_2	Колір жовтий, коричнево-і червоно жовтий; блиск скляний; прозорий, густина 2,65	Призматичні шестигранні кристали та їх друзи, сингонія тригональна	Характерний жовто – помаранчевий колір, інші властивості як у кварцу	Ювелірне та колекційне каміння	Баїя, Гояс, Мінас-Жерайс (Бразилія), Шотландія, Мадагаскар, Кордова, Саламанка (Іспанія), Казахстан, Франція, Пайке Пік (США)
Олівін $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$	Колір зелений різних відтінків, сірий; хризоліт прозорий; блиск скляний; густина 4,4	Призматичні коротко стовпчасті кристали (рідко); зернисті агрегати; сингонія ромбічна	Крихкий, лам раковистий, нерівний, переважно темно-зелений і зеленувато-жовтий	Важливий породотвірний мінерал ультраосновних порід; виготовлення вогнетривких матеріалів, перідот і хризоліт – ювелірне каміння	Снарума (Нова Зеландія), Піццо-Фіццо (Італія), Есна (Єгипет), Ейфель (Німеччина); в Україні на Волині
Везувіан $\text{Ca}_{10}(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Al}_4[\text{SiO}_4]_5[\text{Si}_2\text{O}_7]_2(\text{OH}, \text{F})_4$	Колір оліwkово-зелений, темно-зелений; блиск скляний; напівпрозорий; густина 3,4	Стовпчасті, призматичні, сплющені кристали; суцільні і променисті агрегати; сингонія моноклінна	Характерні форми кристалів, нерівний лам, різновиди каліфорніт, циприн прозорі	Виробне каміння першого порядку	Квебек (Канада), Швейцарія, Пакистан, Африка, Італія, Норвегія, Урал

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Нефелін (Na,K)AlSiO ₄	Колір зелений, темно-зелений; блиск жирний, на гранях алмазний; напівпрозорий; густина 2,6	Таблитчасті кристали, щільні суцільні маси, зернисті агрегати; сингонія гексагональна	Жирний блиск на зламі, характерний колір, добре полірується	Виробне каміння, отримання глинозему, цементу, соди, поташу, очищення питної води, у скляній і керамічній промисловості	Шварцвальд, Тюрингія (Німеччина), Штирія (Австрія), Онтаріо (Канада), Норвегія, Африка; в Україні у Приазов'ї та на Волині.
Лазурит Na[(AlSiO ₄)SO ₄]	Колір синій (яскраво синій, насичений), рідше блакитний, зелений; прозорий і напівпрозорий блиск скляний; густина 2,6	Октаедричні і ромбододекаедричні кристали (рідко); зернисті агрегати; сингонія кубічна	Крихкий, зазвичай с дрібною вкрапленістю піриту; характерний синій колір	Отримання синьої фарби, цінне ювелірно-виробне каміння, поліморфізм	Бадахшанське родовище (Афганістан), Таджикистан, Лаціо (Італія), Чилі.
5. Надтверді мінерали (з твердістю від 7 до 10)					
5.1 Мінерали з металевим і напівметалевим блиском					
5.1.1 Спайність цілком досконала і досконала					
Осборніт TiN	Колір золотисто- жовтий; блиск металевий; густина 5,4	Невеликі октаедри у піроксені з метеориту Бесті і ольгдаміті, дрібні зрощення кристалів; сингонія кубічна	Крихкий, яскраві дрібні кристали із сильним блиском, дуже рідкісний нітрид, знахідки у метеоритах	Синтетичний нітрид титану керамічна сировина	Урал (Верхня Сальда), Індія (у метеориті), Антарктида, Африка, США, Ізраїль; в Україні у Хмельницькій і Донецькій областях

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
Едскоттіт Fe_5C_2 .	Колір темно-коричневий; блиск металевий; густина 8	Призматичні кристали	Рідкісний мінерал, знайдений у метеоритах та отриманий раніше у лабораторних умовах	Карбід залізу з метеоритів та отриманий штучним шляхом (наукове значення)	Ведденберзький метеорит (Австралія)
Шейберзит $(Fe,Ni)_3P$	Колір срібно-білий з латунно-жовтим полиском; блиск металевий; густина 7,3	Таблитчасті і голчасті кристали (рідко), зернисті маси, сингонія тетрагональна	Фосфід заліза, нікелю і кобальту, сильна магнітна анізотропія, крихкий, рідкісний	Акцесорний мінерал, має наукове значення	Родовище Овіфак (Гренландія), Родовище Бюль біля Касселя (Німеччина), родовище вугілля Комментрі у Франції, Арізона (США)
5.1.2 Спайність недосконала або відсутня					
Муассаніт SiC	Колір білий, жовтий, зелений, темно-синій; блиск металевий; занозистий, густина 3,1	Таблитчасті кристали, дрібні гексагональні платівки у метеоритах, друзи кристалів, сингонія гексагональна	Карбід кременю, зустрічається у метеоритах і осадових породах, дуже рідкісний	Дуже рідкісний мінерал, має наукове значення	Україна, Чехія
5.2 Мінерали без металевого блиску					
5.2.1 Спайність досконала					
Ставроліт $Fe_2Al_3[SiO_4]_4(OH)O_7$	Колір червонувато-бурий, коричневий; блиск скляний, матовий; густина 3,8	Призматичні кристали, часто двійники у вигляді хрестів, рідше шестигранників; сингонія моноклінна	Дуже характерні двійники у вигляді хрестів, колір, висока твердість	Замінник плавикового шпату у металургії, руда алюмінію,	Лусака (Замбія), Тессін (Швейцарія), Овернь (Франція); в Україні Малишевське розсипне родовище, Осипенківське родовище (Приазов'я)

Назва мінералу, хімічна формула	Головні фізичні властивості	Природні форми	Інші фізичні властивості	Використання у промисловості	Головні родовища
5.2.2 Спайність недосконала або відсутня					
Корунд Al_2O_3 .	Колір блакитно-сірий, синюватий; блиск скляний, прозорий і непрозорий густина 4, злам раковистий	Пірамідальні, стовпчасті, пластинчасті кристали; суцільні зернисті маси, вкрапленість	Висока твердість (9), синюватий колір, різновиди сапфір і рубін	Прозорі відміни ювелірне каміння, непрозорі – абразивний матеріал	Семіз - Бугу (Казахстан) - абразивний, ювелірні Чантхабурі (Таїланд), Австралія, М'янма, Мадагаскар, Лагман (Афганістан) Австралія; в Україні Український щит
Альмандин $Fe_{2(3)}+Al_2[SiO_4]_3$.	Колір червоно-фіолетовий, до чорного; блиск смоляний, скляний; прозорий, густина 4,3	Кристали у вигляді ромбічних додекаедрів; суцільні зернисті маси; сингонія кубічна	Характерний колір, висока твердість, але нижче ніж у схожих шпінелі та рубіну	Прозорі не тріщинуваті кристали – ювелірне каміння, інші – абразивна сировина	Шрі-Ланка (кращі альмандини), Альмерія (Іспанія), Цейлон, Фінляндія, Монголія, Гренландія, Аляска
Циркон $ZrSiO_4$	Колір коричневий, рідше жовто-зелений; від непрозорого до прозорого, блиск алмазний; густина 4,7	Кристали у вигляді дітетрагональної біпіраміди, короткостовпчасті, призматичні з пірамідою;	Радіоактивний, метаміктний, крихкий; характерні кристали, флуоресцує	Отримання оксиду цирконію і гафнію, у ювелірній справі, вогнетривка сировина; визначення віку порід докембрію	Фіршток (Німеччина), Гітере, Крагерс (Норвегія), Коннектикут (США), Мадагаскар; в Україні у Приазов'ї та Малишевське родовище у Дніпропетровській області
Берил $Be_3Al_2Si_6O_{18}$	Колір зелений, синьо-зелений; від напівпрозорого до прозорого, блиск скляний; густина 2,9	Призматичні стовпчасті кристали та їх друзи, жердуваті агрегати, сингонія гексагональна	Характерні зелені добре ограновані видовжені кристали; висока твердість, легший за хризоберіл	Аквамарин і смарагд ювелірні відміни: джерело видобутку берилію, важливий компонент сплавів	Бернік-Лейк (Канада), Блек-Гіпс (США), Мінас Жерайс (Бразилія), Боа-Вісту (Бразилія); в Україні – Приазовський блок УЩ (Єлисеївські пегматити)

4. Загальна характеристика та фото мінералів, використаних при складанні таблиці визначення мінералів

4.1. Самородні елементи

Більш як 30 хімічних елементів, переважно металів, можуть знаходитися у земній корі у самородному стані. Це прості речовини, які досить рідко зустрічаються в земній корі, але мають велике практичне значення. Вони складаються з одного хімічного елемента, Деякі з них зустрічаються виключно у самородному стані і отримали назву шляхетних (благородних). Найбільш поширені представники класу **сірка, графіт та мідь**, використані при складанні таблиці, а також алмаз, самородні золото, платина, поліксен, залізо, ртуть, алюміній, цинк, свинець, олово, осмій, рутеній, телур та інші. Генезис самородних елементів може бути різним, від магматичного до осадового. Усі вони характеризуються значною інертністю, кристалізуються переважно у ромбічній, кубічній та гексагональній сингоніях. Типовою формою їх знаходження є різноманітні дендрити, а також краплевидні, нитковидні, пластинчасті, плівкові кульові і дртоподібні утворення.



Рис. 28 Самородні елементи: 1-3 сірка; 4-6 графіт, 7-9 мідь (1-5, 7,8 – авторська колекція; 6 - Northern geological: Graphite. <https://www.geologysuperstore.com/product/graphite>; 9 - Геологічний словник: Мідь самородна. <https://geodictionary.com.ua/node/3244>)

4.2. Карбіди, нітриди, фосфіди

До них належить невелика за кількістю група мінералів, які близькі за умовами утворення та властивостями, але досить різні. Вони близькі до самородних елементів, зокрема до мінералів групи заліза, з якими разом зустрічаються. Карбіди являють собою тверді зазвичай крихкі речовини, нерозчинні без руйнування в жодному з розчинників. Більшість карбідів належить до сполук з найвищими температурами плавлення (може сягати 3900 °C). (Wikipedia, Carbide, 2023). Нітриди це кристалічні речовини, сполуки із азотом, метеоритного або вулканічного походження, близькі до самородних елементів (осборніт, сидерозит). Вироби з них використовуються як тверді покриття, ріжучі інструменти, напівпровідники, у світлодіодах. Фосфіди ще більш рідкісні сполуки фосфору з металами, наприклад **шрейберзит**, якій увійшов до таблиці визначення. Зустрічаються переважно у метеоритах, можуть утворюватися при пожежах у вугільних копальнях. У якості прикладів карбідів взято **муассоніт** та **едскоттит**, а нітридів – **осборніт**.

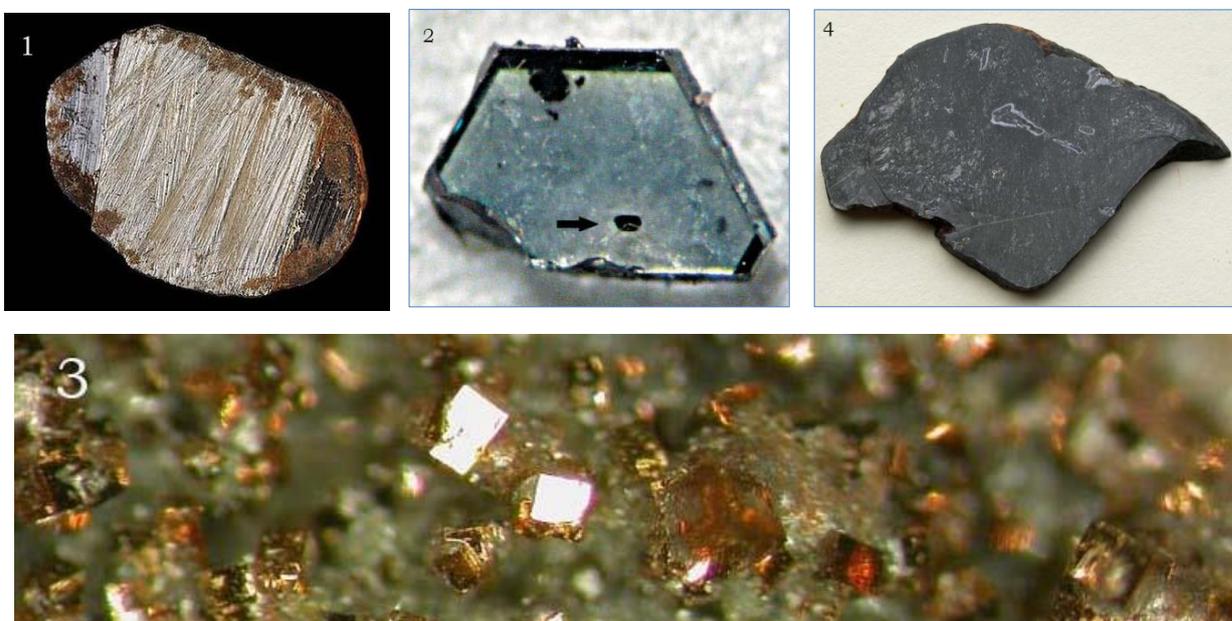


Рис. 29. Карбіди (1-едскоттит, 2-муассоніт); нітриди (3-осборніт) та фосфіди (4-шрейберзит) (Mindat.org: Schreibersite. <https://www.mindat.org/photo-289299.html>; Mindat.org: Osbornite. <https://www.mindat.org/photo-1240272.html>)

4.3. Сульфіді і сульфосолі

До цієї групи входять сірчані, селеністі, телуристі, миш'яковисті та сурм'янисті прості з'єднання, а також сульфовісмуті міді, срібла і свинцю. Вони утворюють досить чисельну кількість важливих промислових мінералів багатьох родовищ корисних копалин. Нараховується близько 40 елементів, які утворюють ці з'єднання. Суттєво переважають серед них сірчані з'єднання. Багато із з'єднань цього класу утворюють між собою тверді розчини у вигляді безперервних рядів або із обмеженою сумісністю у твердому стані. Досить поширені також різні поліморфні модифікації сульфідів і сульфосолей. Відомо більш як 100 мінеральних видів, що належать до класу сульфідів, але тільки близько 20 зустрічаються у значній

кількості. Для таблиці визначення мінералів використані 10: **аурипігмент, халькопірит, галеніт, сфалерит, пірит, кіновар, арсенопірит, молібденіт, буланжерит та блякла руда.**



Рис. 30 Сульфіди: 1-аурипігмент; 2-4 -халькопірит; 5,6-галеніт; 7-сфалерит; 8-10 пірит; 11-13 –кіновар; 14-арсенопірит; 15-молібденіт (1-3, 5,8,9,11,12 – авторська колекція; 4,6,7,10,14,15 – Mindat.org,2023).



Рис. 31 Сульфосоли: 1-буланжерит; 2,3-блякла руда (1- Mindat.org: Boulangerite; 2,3- Mindat.org: Freibergite-Tetrahedrite Series).

4.4. Галоїди (галогеніди)

Галоїдні з'єднання суттєво відрізняються від розглянутих вище груп мінералів. На відміну від них вони характеризуються типово іонними зв'язками і представлені солями фтору, хлору, броміду і йоду. Відповідно серед них відрізняють: **фториди, хлориди, броміди і йодиди**. Розрізняють прості природні галогеніди типу NaCl (мінерал галіт), складні, які містять два і більше катіонів і змішані природні галогеніди, наприклад, PbFCl. Фториди досить обмежено поширені в природі і серед 15 з'єднань елементів з фтором лише **флюорит** має практичне значення. Всі інші вкрай рідкісні. Хлориди являють собою з'єднання із хлором і на відміну від фторидів, значно більш поширені в природі. Відомі для 16 мінералів, серед яких найбільш важливі Na, Mg і K. Для таблиці визначення мінералів відповідно використані **галіт, сильвін і карналіт**. Броміди і йодиди вкрай рідкісні і в даному посібнику не розглядаються. Промислові скупчення хлоридів мають виключно екзогенне походження. Флюорит зосереджений переважно в гідротермальних родовищах, але може утворюватися і в осадових умовах.



Рис. 32 Фториди: флюорит (авторська колекція)



Рис. 33 Хлориди: галіт (авторська колекція)



Рис. 34 Хлориди: 1,2 – карналіт; 3 – сільвін (1,2 –авторська колекція, 3 - Mindat.org: Kalusa salt deposit, Ivano-Frankivsk Oblast, Ukraine <https://www.mindat.org/loc-4600.html>)

4.5. Оксиди і гідрооксиди

Група охоплює велику кількість найпростіших з'єднань з оксидом або гідрооксидом. У найпростіші з'єднання з киснем у тому чи іншому вигляді входить близько 40 хімічних елементів. Клас оксидів нараховує більш як 300 мінеральних видів, гідрооксидів – близько 70. Найпоширеніші з'єднання з Si, Fe, Mn, Al, в меншій мірі Cu, U. Більшість природних оксидів — сполуки з іонним зв'язком, але мінерали кремнезему характеризуються ковалентним зв'язком. Мають велике практичне значення, як найважливіші рудні мінерали, серед яких магнетит, гематит, піролюзит, каситерит, ільменіт, рутил, пірохлор, танталіт, колумбіт, вольфраміт, хроміт тощо, а також кварц, корунд і його коштовні різновиди (рубін, сапфір, лейкосапфір), ювелірні різновиди хризоберилу та інші. Для таблиці визначення мінералів використані: **кварц, моріон, аметист, опал, халцедон, цитрин, лімоніт, магнетит, піролюзит, корунд, хроміт, гетит та манганіт.**



Рис. 35 Оксиди. Кварц та його різновиди: 1-кактус-кварц; 2-гірський кришталі; 3-моріон; 4-аметист; 5-опал вогняний; 6-агат; 7-цитрин; 8-кахолонг (білий опал); 9-моріон (1-4, 6,7,9 – авторська колекція; 5,8 - Wikipedia: Opal. Queensland, Australia <https://en.wikipedia.org/wiki/Opal#/media/File:Opal-53714.jpg>)



Рис. 36 Оксиди: 1-лімоніт; 2,3-магнетит; 4-гетит; 5-піролюзит; 6,7-манганіт; 8-хроміт (1,2,4-6, 8 – авторська колекція, 3 - Mindat.org: Magnetite. <https://www.mindat.org/photo-167644.html>, 7 - Mindat.org: Manganite. <https://www.mindat.org/photo-423583.html>)



Рис. 37 Оксиди: корунд та його різновиди. 1,2-корунд; 3-сапфір; 4-рубін (1-авторська колекція, 2-4 Mindat.org: <https://www.mindat.org/photo-275742.html>)

4.6. Карбонати і нітрати

Нітрати, як легко розчинні у воді солі сильної азотної кислоти (HNO_3) поширені майже виключно у сучасних утвореннях пустель та напівпустель. Джерелом азоту для них є азот повітря. Реакція окислення цього елементу має переважно біогенний характер, тобто пов'язані з бактеріальними процесами у ґрунтах. До цього класу належать натрієва та калієва селітра, нітробарит, нітромагнезит, нітрокальцит, герхардит та буттгенбахит. З цих мінералів тільки селітра має практичне значення як одне з кращих мінеральних добрив.

Карбонати складаються з досить значної кількості мінеральних видів, більшість з яких широко розповсюджені у природі, часто породоутворюючі. Поділяються на водні і безводні. До водних відносяться карбонати лугів, подвійні карбонати лугів, лужних земель, групи кальциту, бастензиту та малахіту, а також карбонати вісмуту. Найбільш поширені та такі що мають практичне значення тільки мінерали групи кальциту, з яких будуть розглянуті **кальцит, доломіт, сидерит, магнезит, смітсоніт, вітерит та арагоніт**. Також до визначника взято менш поширений **малахіт**, важливий як виробне каміння. Водні карбонати вкрай обмежено поширені в природі і практично не використовуються у промисловості. Винятком може бути сода, але її отримують переважно штучно.



Рис. 38 Карбонати групи кальциту (1-4 кальцит; 5,6 доломіт; 7-сидерит; 9-магнезит; 10-смітсоніт; 11-вітерит; 12-аргоніт); та малахіту (8) (1-3, 5, 9-12 – авторська колекція; 4 – Золотий студент: <https://zlotystudent.com.ua/drevnij-vapnyakovij-kamin-kalcit-riznovidi-divovizhni-vlastivosti-foto-kamenyu-minerali-j-znak-zodiaku>; 6-7 - Blaenrhondda, South Wales Coalfield; 8 - Mindat. org: Malachite. <https://www.mindat.org/min-2550.htm>)

4.7. Борати

До боратів відносяться солі борних кислот, серед яких найбільше значення має ортоборна кислота (H_3BO_3). Практично всі **ВОНИ** водні солі,

представлені поліборатами Mg, Na і Ca за винятком 3 мінералів: типлеїту, пінноїту та банделіту. Залежно від хімічного складу водні борати поділяються на: водні метаборати (солі кислоти - HBO_3), водні тетраборати (борати натрію, наприклад бура), водні пентаборати (улексит та ін.), водні гексаборати (гідроборацит) та інші поліборати. До класу боратів належить 28 мінералів, з яких найбільш поширені: **улексит, каліборит, аширит та бура.**



Рис.39 Борати: 1,2 – улексит; 3- бура; 4,5 – каліборит; 6 – ашарит (1,4,6 – авторська колекція; 2 – <https://www.mindat.org/photo-7071.html>; 3 - <https://www.minerals.net/mineral/borax.aspx>; 5 - <https://www.mindat.org/photo-154436.html>)

4.8. Сульфати

Являють собою клас мінералів, у складі яких присутній сульфат-іон SO_4^{2-} . У природі відомо близько 190 мінеральних видів сульфатів, які являють собою або прості безводні солі, або прості і подвійні солі з конституційною і кристалізаційною водою або з додатковими аніонами. Утворення сульфатів може відбуватися лише в умовах підвищеної концентрації кисню та при відносно низьких температурах. Такі умови створюються поблизу земної поверхні, де і зосереджена переважна кількість мінералів цього класу. Попри велике різноманіття з'єднань кількість стійких і широко розповсюджених мінералів відносно не велика. За хімічним складом і кристалічною структурою в класі виділяють до 16 груп, серед яких група бариту, гіпсу, халькантиту, епсоміту та інші. Загальними властивостями для сульфатів є відсутність мінералів з високою твердістю, низькі показники двозаломлення, світле забарвлення. Серед найбільш поширених сульфатів

гіпс, барит, целестин, ангідрит, алуніт, мірабіліт, тенардит, ярозит та полігаліт.



Рис. 40 Мінерали групи сульфатів: 1,2 – гіпс; 3 – селеніт (волокнистий різновид гіпсу); 4,5 – барит; 6,7 – целестин; 8,9 – ангідрит; 10,11 – алуніт; 12 – мірабіліт; 13 – тенардит; 14 – ярозит; 15 – полігаліт. (1-4,6,8 та 10 – авторська колекція; 5 - Minerals.net: Borax:...; 7 - Earth and Elements: Celestine...; 9 - Minfind.com: Anhydrite...; 11- Mineralogy Database: Alunite...; 12 - WikipediaA: Mirabilite...; 13 - Mindat.org: Thenardite...; 14 - Flickr: Jarosite...; 15 - Mineralogy Database: Polihalite...)

4.9. Хромати, вольфрамати, молібдатити

Солі **хромової кислоти** дуже обмежено поширені у природі і навіть найбільш відомий крокоїт має лише колекційне практичне значення. Втім їх можна використовувати у якості пошукової ознаки родовищ свинцю. До хроматів належать 15 мінералів, у яких видотвірним катіоном є переважно Pb^{2+} , рідко деякі інші (Cu, Zn тощо). Утворюються у зоні окислення родовищ свинцю поблизу масивів ультраосновних вивержених порід. Хромати за структурою близькі до сульфатів. Утворюють дрібні призматичні, голкові або таблитчасті кристали та їх зрощення, рідше волокнисті, дрібнозернисті і натічні агрегати, кірки та ін. Вони легко розчиняються у воді, тому їх можна знайти переважно в посушливих районах. З групи хроматів розглянемо **крокоїт** та **форнацит**. **Вольфрамати** являють собою солі вольфрамової кислоти з оксоаніоном вольфраму. Найпростішим іоном вольфраму є

WO_4^{2-} або ортовольфрамат. Ортовольфрамати мають стійку кристалічну структуру на основі вказаної тетраедричної групи. Утворюють парагенетичні асоціації із молібдатами. Мінерали групи вольфраму являють собою важливу руду для отримання вольфраму. Головні мінерали **вольфраміт** і **шеєліт**. До **молібдатів** належить ще менш поширена у природі група мінералів, солей молібденової кислоти (H_2MoO_4). Сингонія молібдатів тетрагональна, ромбічна, моноклінна. Для них характерне яскраве забарвлення (жовті, червонуваті, бурі відтінки), низька твердість (1, рідко до 4) і густина). Більшість молібдатів типові мінерали зон окиснення молібденових, поліметалічних і уранових родовищ. Утворюються при екзогенних процесах як вторинні мінерали родовищ молібденіту. Єдиний мінерал, який має практичне значення **повеліт**.



Рис.41 Мінерали класу хроматів (1,2 – крокоїт, 3 – форнацит), фосфатів (4,5 – вольфраміт, 6 – шеєліт) та молібдатів (7 – повеліт). (4-6 авторська колекція, 1,2 - Crocoite.com: Crocoite...; 3 - Mindat.org: Fornacite...; 7 – Mineralogy Database: Powellite...).

4.10. Фосфати, арсенати та ванадати

До цього класу відноситься відносно велика група різноманітних за складом мінеральних видів. В Україні відомі 80 мінералів цього класу (Матковський, 2009). Втім, загальна вагова їх кількість у природі відносно невелика. Всі вони поділяються на водні і безводні. В свою чергу виділяється велика кількість груп, серед яких розглянемо найбільш поширені, а в них лише практично важливі мінерали: група монациту (**монацит**), група апатиту (**апатит** та **ванадиніт**), лібетеніту (**олівеніт**), деклуазиту (**деклуазит**), віваніту (**еритрин**), скородиту (**скородит**), уранових слюдок (**торберніт**) та бірюзи (**бірюза**). Основа структури фосфатів — фосфорнокисневі тетраедри PO_4^{3-} , що поєднуються за допомогою катіонів.

Найбільш поширені фосфати містять додаткові аніони Cl^- чи F^- . Більшість мінералів гіпергенного походження (виключення – апатит і монацит, які мають магматичне походження). Арсенати являють собою солі миш'яку (As). Відомо близько 120 мінералів цього класу. Ванадати це солі ортованадієвої

кислоти $H_3(VO)_4$, що містять аніон ванадію у найвищому **ступ** окислення +5. Сполуки є похідними гіпотетичних ванадієвих кислот.

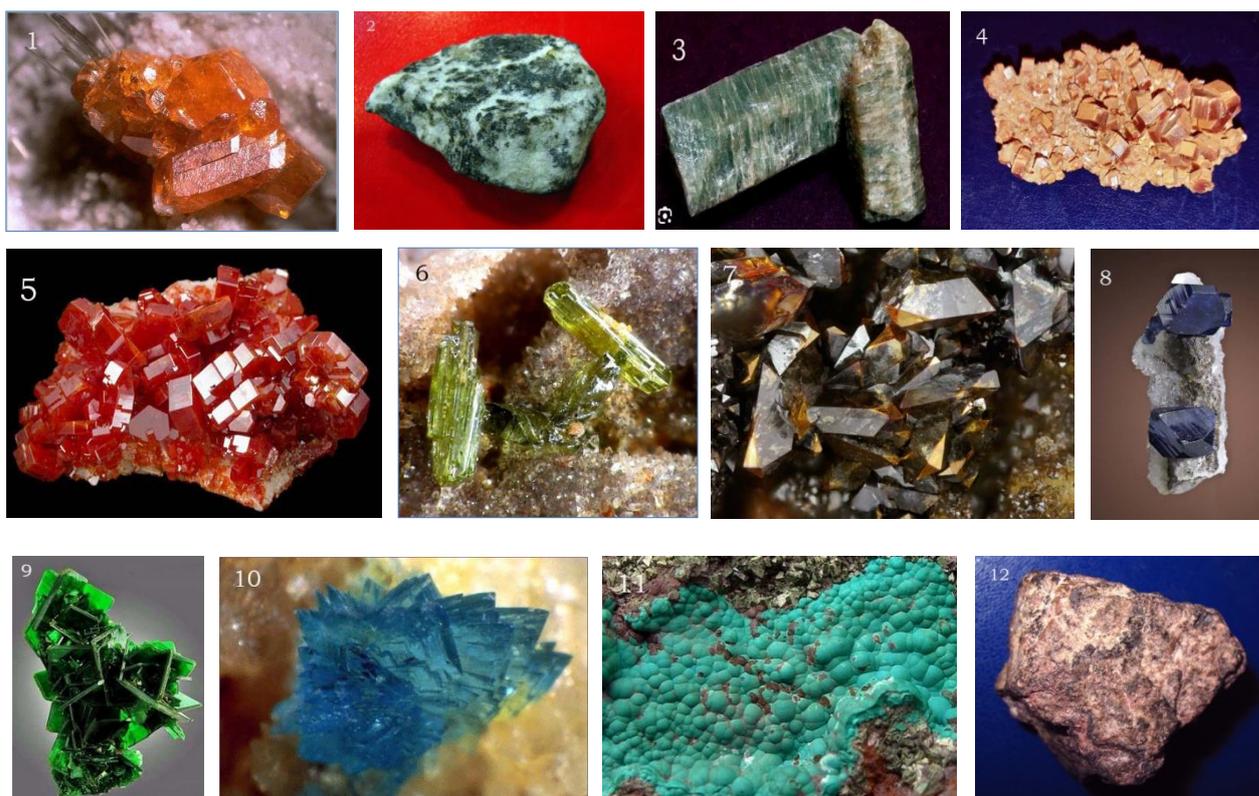


Рис 42. Фосфати (1-монацит; 2,3-апатит; 9-торберніт; 10,11-бірюза); арсенати (6-олівеніт, 8-скородит, 12-еритрин); ванадати (4-ванадініт; 7-деклуазит). (2,4,12-авторська колекція; 1 - Mineralogy Database: Monazite-(Ce)..., 2023; 3 - Britannica: apatite..., 2023; 5 - Minerals.net: the mineral vanadinite..., 2023; 6 - Mineralogy Database: Olivenite..., 2023; 7 - Mineralienatlas – Fossilienatlas: Decloizite..., 2023; 8 - Mindat.org: Scorodite. Abrestante Mine..., 2023; 9 - Pinterest: torbernite..., 2023; 10 - Mineralogy Data base: turquoise. Lynch Station... 2023; 11 - Mindat.org: Turquoise. Miguel..., 2023)

4.11. Силікати

До класу силікатів належить найбільша кількість мінералів (більш як 700), а це третина всіх мінеральних видів, а їх вагова кількість сягає 75%. Якщо до цього додати 12% вільного кремнезему у вигляді кварцу і опалу, стає зрозуміла вирішальна роль кремнію у геохімії взагалі. Значна кількість силікатів являють собою породотвірні мінерали. Кристалохімічні особливості силікатів зумовлюють їх складний хімічний склад і формули їх, відповідно, довгі і складні. У всіх силікатів кожен йон Si^{4+} знаходиться у оточенні чотирьох йонів O^{2-} , розташованих у кутах за тетраедром навколо нього. Тож кременекисневий тетраедр є головною структурною одиницею всіх силікатів. За структурою силікати поділяються на острівні, кільцеві, ланцюжкові, шаруваті і каркасні. Острівні силікати це силікати з ізольованими кременекисневими тетраедрами. Силікати цього підкласу мають найрізноманітніший склад - це мінерали, магнію, заліза, кальцію, марганцю, цинку, титану, алюмінію, рідкісноземельних елементів, берилію, торію, цирконію, скандію та ін. Найбільш важливі з них: **олівін, циркон, гранати (альмандин), сфен, дістен, ставроліт, везувіан та епідот**. Кільцеві

силікати характеризуються виокремленням трьох, чотирьох або шести груп кременекисневих тетраедрів. Серед них розглянемо **берил, турмалін, аширит, евдіаліт та кордієрит**. Силікати із безперервними ланцюжками з кременекисневих тетраедрів називаються ланцюжковими. Вони характеризуються середніми щільністю і твердістю і досконалою спайністю на грані призми. Мають радикали $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$ та $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$. Мінерали: **енстатит, гіперстен, авгіт, діопсид, силіманіт, рібекіт, арфведсоніт, родоніт та сподумен**. Силікати з безперервними відокремленими подвійними стрічками з кременекисневими тетраедрами утворюють підклас стрічкових силікатів. До них належить більшість амфіболів - велика група породотвірних мінералів. Склад і структура їх ще складніша, ніж у ланцюжкових піроксенів. Більшість амфіболів характеризуються призматичними, видовженими, голчастими і волокнистими формами кристалів. Амфіболи поділяються на ромбічні і моноклінні. Представником ромбічних розглянемо **антофіліт**, моноклінних – **рогову обманку, тремоліт та актиноліт**. В основі кристалохімічної структури листових силікатів знаходяться кременекисневі шари (листи), що складаються з шестичленних кілець кременекисневих тетраедрів. Шестерні кільця листових силікатів $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$ зв'язуються катіонами, головними серед яких є магній, алюміній і залізо, пакети складу $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$. Для них характерна низька твердість (тальк і каолініт - 1, слюди - 2-3), досконала спайність, псевдогексагональна форма кристалів, діелектричні властивості. Найбільш важливими в цій групі є **тальк, пірофіліт, серпентин, хризотил-азбест, каолініт, мусковіт, біотит, флогопіт та лепідоліт**. Каркасні силікати, це силікати з безперервними тримірними каркасами з алюмо- і кременекисневих тетраедрів. До них відносяться польові шпати та фельдшпатоїди, які складають 60% земної кори та деякі інші мінерали. З групи польових шпатів це плагіоклази (**альбіт і лабрадор**), з підгрупи ортоклазу **мікроклін**, з групи нефеліну **нефелін і лейцит**, з групи содаліту **лазурит** та окремо літій - натрієвий алюмосилікат **петаліт**.



Рис.43 Острівні силікати: 1,2 – олівін; 3,4 – циркон; 5,6 – альмандин; 7 - сфен; 8 – дістен. (4,5,7,8 – авторська колекція; 1,2 - Stehlen.org: Titanite, ...2023; 3 - Zircon Image; Zircon, ...2023; 6 - Almandine Image; Almandine, ...2023).



Рис. 44 Острівні силікати: 1 – ставроліт; 3 – везувіан; 4 – епідот (2 – авторська колекція; 1 - Kamni-i-mineraly: Stavrolite..., 2023; 3 - Store Norske Lexicon: Vesuvian..., 2023; 4 - Geology In: Epidote..., 2023)



Рис. 45 Кільцеві силікати: 1,2 – берил; 3 – шерл (чорний турмалін); 4 – турмалін зональний; 5 – аширит (діоптаз); 6,7 – евдіаліт; 8 – кордієрит (2,3,5,6 – авторська колекція; 1 - Minerals.net: The Mineral Beryl..., 2023; 4 - GeologyIN: This Could Be ..., 2023; 7 - Dakota Mines Minerals: Eudialyte..., 2023; 8 - Gemstone Education: Cordierite color stone basic properties..., 2023).



Рис.46 Ланцюжкові силікати: 1 – авгіт; 2,3 – діопсид; 4,5 – енстатит; 6 – гіперстен; 7 – силіманіт; 8 – рібекіт; 9 – арфведсоніт; 10 – рібекіт; 11,12 - сподумен (7,8,10,11 – авторська колекція; 1 - Minerals.net: The Mineral Augite...,2023; 2 - Gemstones & Crystals: Dopside ..., 2023; 3 - Le-Comtoir- Geologique.com: Diopside..., 2023; 4 - Gemwow.com: Enstatites crystals..., 2023; 5 - Minerals.net: The Mineral Enstatite..., 2023; 6 - Mindat.org: Hypersthene..., 2023; 9 - Dakota Mines Minerals: Arfvedsonite..., 2023; 12 - Spirit of isis: Spodumene. https://www.spiritofisis.org/knowledge/crystal_files/spodumene.htm



Рис. 47 Стрічкові силікати: 1 – рогова обманка; 2 – актиноліт; 3 – антофіліт; 4 – тремоліт (авторська колекція)



Рис. 48 Листові (шаруваті) силікати: 1 – пірофіліт; 2,3 – талк; 4,5 – серпентин; 6 – хризотил-азбест; 7,8 – каолініт; 9,10 – мусковіт; 11- біотит; 12 – флогопіт; 13,14 – лепідоліт (1,2,4,6,7,9-11,13,14 – авторська колекція; 3 - Hyperphysics.phy: Talk..., 2023; 5 - Moonrisecrystals: Serpentine (China)..., 2023; 8 - Minerals.net: The Mineral Kaoline..., 2023; 12 - Rruffinfo: Phlogopite. Little Chief mine..., 2023.)



Рис. 49 Каркасні силікати: 1,2 – альбіт; 3,4 – лабрадорит; 5 – мікроклін; 6 – нефелін; 7,8 – лейцит; 9 – лазурит; 10 – петаліт (2,3,6,9,10 – авторська колекція; 1 - Geology Page: Albite. Taquaral..., 2023; 4 - Rock seeker: Labradorite..., 2023; 5 - IndiaMART: Microcline Feldspar..., 2023; 7 - E-rocks: Leucite With Augite. Roccamonfina..., 2023; 8 - Mindat. Org: Leucite, Nepheline..., 2023.)

Використана та рекомендована література

Almandine Image: Almandine. Fanny Gorge mine, Spruce Pine, Mitchell County, North Carolina, USA (July, 2023) <http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=21&target=Almandine>

Assignment Point: Arsenopyrite: Properties and Occurrence (August, 2023) <https://assignmentpoint.com/arsenopyrite-properties-occurrence>

Beryl Calcite Image. (September, 2023) <http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=123&target=Beryl>

Britannica: apatite. (September, 2023) <https://www.britannica.com/science/apatite>

Crocoite.com: Crocoite. Adelaide mine, Dundas, Tasmania. (June, 2023) <https://crocoite.com/index.php/2018/03/adelaide-mine-dundas-tasmania>

Crystal fraction, Australia: Berg Aukas mine, Grootfontein District. Namibi: Decloisite. (July, 2023) <https://crystalfraction.com/product/descloisite-0-2>

Dacota Mines Minerals: Arfvedsonite Alluaiv Mt., Lovozero Massif, Kola Peninsula (July, 2023) <https://www.dakotamatrix.com/products/11949/arfvedsonite#!prettyPhoto>

Dacota Mines Minerals: Eudialyte from Kipawa alkaline complex, Quebec, Canada (August, 2023) <https://www.dakotamatrix.com/mineralpedia/6120/eudialyte#!prettyPhoto>

Earth and Elements: Celestine. (September, 2023) <https://www.earthandelements.co.uk/products/celestite-cluster-rough-healing-crystal>

E-rocks: Leucite With Augite. Roccamonfina, Caserta Province, Campania, Italy. (November, 2023) <https://e-rocks.com/item/zlt882281/leucite-augite>

Flickr: Jarosite. Sierra Almagrera, Spain (August, 2023) https://www.flickr.com/photos/smulaxx/15749.089816/in/pool-97068393@N00?fbclid=IwAR2qrb9f8xrDcXOrD4NxyvAViVi46WVgGBGridj_WZG9nxZhISyXQ2zYLsc

Gemwow.com: Enstatites crystals. Bangkok Thailand (November, 2023) <http://www.gemwow.com/product/ProductDetail.aspx?gemcode=GAP0438>

Geology In: Epidote. (July, 2023) <https://www.geologyin.com/2017/10/magnificent-epidote-crystals-on.html>

Geology Page: Albite. Taquaral, Minas Gerais, Brazil. (September, 2023) <https://www.geologypage.com/2012/03/albite.html>

Geology. Cleavage of Minerals. (August, 2023) <https://www.geologyin.com/2014/03/cleavage-of-minerals.html>

Geology.com: Corundum. (June, 2023) <https://geology.com/minerals/corundum.shtml>

Geology.in: tourmaline. (August, 2023) <https://www.geologyin.com/2017/08/this-could-be-most-expensive-tourmaline.html>

GeologyIN: This Could Be the Most Expensive Tourmaline Ever. Pederneira Mine. (June, 2023) <http://poradu.pp.ua/nauka/37959-rogova-obmanka-vlastivost-sklad-zastosuvannya.html>

Hyperphysics.phy: Talk. Santa Catalina Island, California. (July, 2023) <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Geophys/talc.html>

IndiaMART: Microcline Feldspar. Visakhapatnam, Andhra Pradesh. International Mineralogical Association (August, 2023) <https://mineralogy-ima.org>

Internet Archive Wayback Machine: Monacite. (September, 2023) [http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=791&target=Monazite-\(Ce\)#google_vignette](http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=791&target=Monazite-(Ce)#google_vignette)

John Betts-Fine Minerals: Barite. (October, 2023) <http://www.johnbetts-fineminerals.com/jhbnyc/gifs/82098.htm>

Large Norwegian encyclopedia: Vesuvian. (November, 2023) <https://snl.no/vesuvian>

Le Comptoir Geologique: Minerals, Fossils & Gemstones. Lazurite. (November, 2023) <https://www.le-comptoir-geologique.com/lazurite-encyclopedia.html>

Le Comptoir Geologique.com: Diopside – Encyclopedia. (October, 2023) <https://www.le-comptoir-geologique.com/diopside-encyclopedia.html>

Mindat. Org: Leucite, Nepheline. Vulkaneifel, Rhineland-Palatinate, Germany. (October, 2023) <https://www.mindat.org/photo-559929.html>

Mindat.org: Muscovite. (September, 2023) <https://www.mindat.org/photo-70800.html>

Mindat.org: Anorthite (Var: Labradorithe). (September, 2023) <https://www.mindat.org/photo-10003.html>

Mindat.org: Anthophyllite. (September, 2023) <https://www.mindat.org/photo-543982.html>

Mindat.org: Aquamarione. (August, 2023) https://www.mindat.org/a/best_beryl_var_aquamarine

Mindat.org: Arfvedsonite. (August, 2023) <https://www.mindat.org/min-325.html>

Mindat.org: Biotite. (August, 2023) <https://www.mindat.org/photo-201328.html>

Mindat.org: Boulangerite. (July, 2023) <https://www.mindat.org/photo-94591.html>

Mindat.org: Colemanite. (June, 2023) <https://www.mindat.org/photo-236284.html>

Mindat.org: Colemanite. Rio Tinto Borax Mine, California, (August, 2023)

Mindat.org: Corundum. (November, 2023) <https://www.mindat.org/photo-275742.html>

Mindat.org: Dravite. (August, 2023) <https://www.mindat.org/photo-476012.html>

Mindat.org: Elbaite. (July, 2023) (<https://www.mindat.org/photo-455150.html>)

Mindat.org: Fluorite. (July, 2023) <https://www.mindat.org/min-1576.html>

Mindat.org: Fornacite. (July, 2023) <https://www.mindat.org/photo-1124808.html>

Mindat.org: Fornacite. Renéville Mine, Republic of the Congo (July, 2023) <https://www.mindat.org/photo-997142.html>

Mindat.org: Freibergite-Tetrahedrite Series. (September, 2023) <https://www.mindat.org/min-8866.html>

Mindat.org: Galena. Traversella Mine, Metropolitan City of Turin, Piedmont, Italy. (August, 2023) <https://www.mindat.org/loc-2105.html>

Mindat.org: Gray copper ore. (August, 2023) <https://www.mindat.org/min-45904.html>

Mindat.org: Heliodor. (August, 2023) <https://www.mindat.org/loc-31708.html>

Mindat.org: Hypersthene. (October, 2023) <https://www.mindat.org/photo-103332.html>

Mindat.org: Hypersthene. Tataouine (Foum Tatahouine), Tataouine, Tunisia (October, 2023) <https://www.mindat.org/photo-63272.html>

Mindat.org: Kaliborite. Inder, Atyrau Region, Kazakhstan (October, 2023) <https://www.mindat.org/photo-154436.html>

Mindat.org: Kalusa salt deposit, Ivano-Frankivsk Oblast, Ukraine (October, 2023) <https://www.mindat.org/loc-4600.html>

Mindat.org: Magnetite. (September, 2023) <https://www.mindat.org/photo-167644.html>

Mindat.org: Malachite. (October, 2023) <https://www.mindat.org/photo-340782.html>

Mindat.org: Malachite. Mashamba West Mine, Sicomines copper-cobalt project, Mutshatsha, Lualaba, DR Congo (October, 2023) <https://www.mindat.org/min-2550.html>

Mindat.org: Microcline. (November, 2023) <https://www.mindat.org/photo-150040.html>

Mindat.org: Molybdenite. (July, 2023) <https://www.mindat.org/min-2746.html>

Mindat.org: Monazite. (October, 2023) Bellerberg volcano, Rhineland-Palatinate, Germany. <https://www.mindat.org/min-2750.html>

Mindat.org: Nature copper. (June, 2023) <https://www.mindat.org/photo-145182.html>

Mindat.org: Nepheline. (October, 2023) <https://www.mindat.org/photo-565439.html>

Mindat.org: Orpiment. Quiruvilca Mine, Quiruvilca District, Santiago de Chuco Province, La Libertad, Peru (October, 2023) <https://www.mindat.org/show.php?id=3021>

Mindat.org: Osbornite. (October, 2023) <https://www.mindat.org/photo-1240272.html>

Mindat.org: Pyrolusite. (July, 2023) <https://www.mindat.org/photo-423583.html>.

Mindat.org: Schreibersite. (November, 2023) <https://www.mindat.org/photo-289299.html>

Mindat.org: Scorodite. Abrestante Mine, Concepción del Oro Municipality, Zacatecas, Mexico. (July, 2023) <https://www.mindat.org/photo-397826.html>

Mindat.org: Sillimanite. (July, 2023) <https://www.mindat.org/photo-629590.html>

Mindat.org: Sphalerite. (August, 2023) <https://www.mindat.org/photo-196889.html>

Mindat.org: Sylvite. (August, 2023) <https://www.mindat.org/min-3850.html>

Mindat.org: Talk. (August, 2023) <https://www.mindat.org/photo-177589.html>

Mindat.org: Thenardite. Boron, Kern County, California, USA (August, 2023)
<https://www.mindat.org/photo-118600.html>

Mindat.org: Torquoise. (June, 2023) Miguel Vacas Mine, Vila Viçosa, Évora, Portugal
<https://www.mindat.org/photo-338617.html>

Mindat.org: Ulexite, Rio Tinto Borax Mine, Boron, California, USA (August, 2023)
<https://www.mindat.org/photo-7071.html>

Mindat.org: Citrine. (November, 2023) <https://www.mindat.org/min-1054.html>

Mindat.org: Arsenopyrite. (June, 2023) <https://www.mindat.org/photo-166843.html>

Mindat.org: Cinnabar. Xiangxi, Hunan, China. (August, 2023) <https://www.mindat.org/min-1052.html>

Mineral Catalog: Olivin. (November, 2023) <https://mineralcatalog.com.ua/mineralolivin-olivine>

Mineralienatlas – Fossilienatlas: Decloizite. Argentinien, Provinz/Minas, Pedania (August, 2023)
<https://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/MineralData?mineral=Descloizit>

Mineralogy Database. Boulangerite Mineral Data (July, 2023)
<http://webmineral.com/data/Boulangerite.shtml>

Mineralogy database: Almandine. (November, 2023)
<http://www.webmineral.com/specimens/picshow.php?id=21&target=Almandine>

Mineralogy Database: Alunite. Marysvale, Piute County, Utah, USA
<http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=1538&target=Alunite>

Mineralogy database: Chrysotile. (July, 2023)
<http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=1377&target=Chrysotile>

Mineralogy Database: Crocoite. (September, 2023)
<http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=292&target=Crocoite>

Mineralogy database: Erythrite. (July, 2023)
<http://www.webmineral.com/specimens/picshow.php?id=370&target=Erythrite>

Mineralogy Database: Monazite-(Ce). Conselheiro Pena, Minas Gerais, Brazil. (November, 2023)
[http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=791&target=Monazite-\(Ce\)](http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=791&target=Monazite-(Ce))

Mineralogy Database: Olivenite. (June, 2023) Majuba Hill mine, Pershing County, Nevada, USA.
<http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=860&target=Olivenite>

Mineralogy database: Petalite. (September, 2023)
<http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=1342&target=Petalite>

Mineralogy Database: Polihalite. Ronneburg U deposit, Gera district, Thuringia, Germany.
(August, 2023) <http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=935&target=Polihalite>

Mineralogy Database: Powellite. Pandulane quarry, Maharashtra, India. (August, 2023)
<http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=940&target=Powellite>

Mineralogy database: Rhodonite. (September, 2023)
<http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=980&target=Rhodonite>

Mineralogy database: Riebeckite. (September, 2023)

<http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=983&target=Riebeckite>

Mineralogy database: Riebeckite. <https://www.mindat.org/photo-196278.html> (September, 2023)

Mineralogy database: Scorodite. (August, 2023)

<http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=1038&target=Scorodite>

Mineralogy Database: turquoise. Lynch Station, Campbell County, Virginia, USA. (November, 2023) <http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=1172&target=Turquoise>

Mineralogy database: Zircon. (November, 2023)

<http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=2671&target=Zircon>

Minerals.net: The Mineral and Gemstone Kingdom. Epidote. (July, 2023)

<https://www.minerals.net/mineral/epidote.aspx>

Minerals.net: The Mineral and Gemstone Kingdom. Kyanite. (November, 2023)

<https://www.minerals.net/mineral/kyanite.aspx>

Minerals.net: The Mineral Augite. (November, 2023) Diamond Lake, Ontario, Canada.

<https://www.minerals.net/mineral/augite.aspx>

Minerals.net: The Mineral Beryl. Beaugard Quarry, Alstead, Cheshire County, New Hampshire (September, 2023) <https://www.minerals.net/mineral/beryl.aspx>

Minerals.net: The mineral Borax. (September, 2023) <https://www.minerals.net/mineral/borax.aspx>

Minerals.net: The Mineral Enstatite. Webster, Jackson County, North Carolina (November, 2023)

<https://www.minerals.net/mineral/enstatite.aspx>

Minerals.net: The Mineral Kaoline. Vance County, North Carolina (November, 2023)

<https://www.minerals.net/mineral/kaolinite.aspx>

Minerals.net: the mineral vanadinite. Mibladen, Atlas Mountains, Khénifra Province, Morocco. (August, 2023) <https://www.minerals.net/mineral/vanadinite.aspx>

Minfind.com: Anhydrite. Naica, Chihuahua, Mexico (September, 2023)

<https://www.minfind.com/mineral-640714.html>

Moonrise crystals: Serpentine (China). (August, 2023)

<https://moonrisecrystals.com/product/serpentine-china>

Moriarty designers&Gemstone: Sapphire. (June, 2023) <https://www.moregems.com/products/21-63ct-blue-sapphire-mineral-specimen>

Northern geological: Graphite. (June, 2023)

<https://www.geologysuperstore.com/product/graphite>

Pinterest: torbernite. (June, 2023) <https://www.pinterest.com/pin/95068242121075831>

Rock seeker: Labradorite. (November, 2023) <https://rockseeker.com/ultimate-guide-to-labradorite>

Ruffinfo: Phlogopite. Little Chief mine, Whitehorse, Yukon Territory, Canada (November, 2023) <https://ruff.info/Phlogopite/R070330>

Spirit of isis: Spodumene. (November, 2023) https://www.spiritofisis.org/knowledge/crystal_files/spodumene.htm

Stehlen.org: Titanite. Wannenköpfe, Ochtendung, Eifel region, Germany (July, 2023) <https://www.strahlen.org/archive/wannenkopfe/titanite24.html>

Stoehen Hui Geological Museum. Virtual museum tour. Mineral Properties. (June, 2023) https://www.earthsciences.hku.hk/shmuseum/earth_mat_1_2_6.php

Store Norske Lexicon: Vesuvian. Eg near Kristiansand (November, 2023) <https://snl.no/vesuvian>

Strunz-mindat (2023) Classification - Primary Groups (June, 2023) <https://www.mindat.org/strunz.php>

The mineralogical record: (August, 2023) <https://mineralogicalrecord.com/3d-flip-book/july-august-2023>

TopJems: Морганіт. (June, 2023) <https://topgems.com.ua/blogs/vse-o-dragocennyh-kamnjah/morganit-znachenie-svoystva.html>

Trinity Minerals Company. (June, 2023) <http://www.trinityminerals.com/index.htm>

Truly blog: Diopside Stone. (2023, September) <https://trulyexperiences.com/blog/diopside-stone>

Webmineral: Anhydrite. (November, 2023) <http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=50&target=Anhydrite>

Wikigempedia: Cordierite color stone basic properties (June, 2023) https://www.wikigempedia.com/cordierite.html#google_vignette

WikipediA: Carbide. (June, 2023) <https://en.wikipedia.org/wiki/Carbide>

Wikipedia: Opal. Queensland, Australia (November, 2023) <https://en.wikipedia.org/wiki/Opal#/media/File:Opal-53714.jpg>

Wikipedia: Pyrite. (June, 2023) <https://en.wikipedia.org/wiki/Pyrite#/media/File:2780M-pyrite1.jpg>

Wikipedia: Smitsonite. (September, 2023) https://en.wikipedia.org/wiki/Smithsonite#/media/File:Smithsonite_4.JPG

WikipediaA: Mirabilite. (September, 2023) <https://en.wikipedia.org/wiki/Mirabilite>

Witherite. Cave-in-Rock, Hardin County Illinois. (September, 2023) <https://perssonrareminerals.com/?product=witherite-minerva-1-mine-cave-in-rock-hardin-county-illinois-usa>

Zircon image. (October, 2023) <http://www.webmineral.com/specimens/picshow.php?id=2671&target=Zircon>

Zircon Image: Zircon. Seiland, Alta, Norway. (November, 2023) <https://www.mindat.org/loc-32878.html>

Барг І.М., Бондар О.В. Посібник до вивчення курсу «Загальна геологія». Дніпропетровськ, РВВ ДНУ, 2009. – 28с.

Вікіпедія: Халькопірит. (2023,серпень) <https://uk.wikipedia.org/wiki/Халькопірит#>

Геологічний словник: Мідь самородна. (June, 2023) <https://geodictionary.com.ua/node/3244>

Добрі поради: Рогова обманка: властивості, склад і застосування.
<http://poradu.pp.ua/nauka/37959-rogova-obmanka-vlastivost-sklad-zastosuvannya.html>

Золотий Студент. Карборунд. (November, 2023) <https://zlotystudent.com.ua/karborund-material>

Матковський О., Павлишин В., Сливко О. Основи мінералогії України. 2009. Підр. — Львів : ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 856 с

Металеві і неметалеві корисні копалини України. 2005. Т. -1, Гурський Д.С., Єсипчук Д.С., Калінін В.І., Нечаєв В.С.,Третьяков Ю.І., Шумлянський В.А. Київ, 785 с.

Мірабіліт. Автор: Rob Lavinsky, iRocks.com – CC-BY-SA-3.0, CC BY-SA 3.0, (August, 2023)
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10160694>

Павлишин В.І., Довгий С.О. Мінералогія. 2008. Вступ до мінералогії. Кристалохімія, морфологія і анатомія мінералів. Київ, КНТ, 536 с.

ЗМІСТ

Вступ	3
1. Поняття про мінерали	3
1.1 Форма мінералів	4
1.2 Фізичні властивості мінералів	8
1.2.1. Оптичні властивості мінералів	9
1.2.2. Механічні властивості мінералів	14
1.2.3. Специфічні властивості мінералів	18
2. Методи визначення мінералів за їх фізичними властивостями	20
3. Визначник основних породо- і рудоутворюючих мінералів за їх Фізичними властивостями	22
4. Загальна характеристика та фото мінералів, використаних при складанні таблиці визначення мінералів	47
4.1. Самородні елементи	47
4.2. Карбіди, нітриди, фосфідиди	48
4.3. Сульфідиди і сульфосолі	48
4.4. Галоїди (галогенідиди)	50
4.5. Оксидиди і гідрооксидиди	51
4.6. Карбонатиди і нітратиди	53
4.7. Боратиди	53
4.8. Сульфатиди	54
4.9. Хроматиди, вольфраматиди, молібдатиди	55
4.10. Фосфатиди, арсенатиди і ванадатиди	56
4.11. Силікатиди	57
Використана та рекомендована література	62

Навчальне видання

Манюк Володимир Васильович

ЗАГАЛЬНА ГЕОЛОГІЯ ТА
ГЕОМОРФОЛОГІЯ
Визначення мінералів

(НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ ПОСІБНИК)

