

Тема 4. Мінерали

Мета: ознайомитись з найголовнішими породоутворюючими та рудними мінералами.

Матеріали та обладнання: набір зразків мінералів різних класів у вигляді агрегатів та кристалів, шкала твердості Мооса, «бісквіт» для визначення кольору риски мінерала, 10% розчин соляної кислоти (HCl), піпетка, дистильована вода (500 мл), вата, компас, визначники мінералів [4], [5].

Завдання: Освоїти техніку визначення мінералів, дослідивши й описавши мінерали наступних класів:

1. Самородні елементи (графіт, сірка, мідь, срібло, золото, алмаз);
2. Сульфіди (пірит, халькопірит, галеніт, сфалерит, кіновар, молібденіт);
3. Оксиди і гідроксиди (кварц та його різновиди, халцедон, опал, кремній, гематит, магнетит, лімоніт, корунд, піролюзит, ільменіт);
4. Силікати й алюмосилікати (олівін, топаз, авгіт, рогова обманка, тальк; польові шпати: мікроклін, альбіт, анортит та лабрадор; слюди: мусковіт та біотит);
5. Карбонати (кальцит, ісландський шпат, доломіт);
6. Сульфати (гіпс, мірабіліт, барит);
7. Фосфати (апатит);
8. Нітрати (чілійська та індійська селітри);
9. Галогеніди (галіт, сильвін, флюорит);
10. Органічні сполуки (янтар, кам'яне вугілля, антрацит, нафта, озокерит).

Порядок виконання роботи:

1. Ознайомтесь з теоретичним матеріалом.
2. Уважно розгляньте колекцію мінералів і за діагностичними ознаками визначіть основні породоутворюючі, рудні та інші поширені в природі мінерали.
3. В робочому зошиті опишіть найпоширеніші мінерали відповідних класів.

Коментар до теми.

Упродовж тривалого часу існування нашої планети (~4,6 млрд.р.) її надра розшарувалися за густиною, а відтак і за речовинним складом на ядро, мантію і земну кору, тобто Земля набула оболонкової структури. Зокрема, земна кора виповнилась різними за умовами утворення і хімічним складом речовинами, які прийнято називати гірськими породами. У свою чергу, *гірські породи* складаються із суміші *мінералів* – природних хімічних сполук, що внаслідок складних фізико-хімічних процесів утворились в надрах чи на поверхні земної кори. Більшість із них – це тверді тіла і тільки деякі перебувають у рідкому (вода, ртуть) або газоподібному (сірководень, вуглекислий газ, пара тощо) стані. Тверді мінерали здебільшого є кристалічними речовинами, хоча трапляються й аморфні, тобто такі, які хоч і перебувають у твердому стані, а все ж не мають чіткої організації на атомарному рівні.

Тут доречно визначитися з поняттям *камінь*, що його так часто можна почути в розмовах. *Камінь* – це будь-яка тверда гірська порода у вигляді суцільної маси або окремих частин, що не кується і не розчиняється у воді. Ювеліри під цим словом вбачають коштовні камені, будівельники – матеріал для спорудження фундаменту, викладання бруківки тощо. Геологи, фахівці, що вивчають будову земної кори та її речовинний склад, об'єкти свого вивчення називають не “камінням”, а, як вже знаємо, гірськими породами. У свою чергу, гірська порода або мінеральне утворення, що містить у собі метали та їх сполуки, називається *рудою*.

Багаторазовий хімічний аналіз порід земної кори виявив в ній атоми 89 хімічних елементів – від водню до урану включно (за винятком технецію, прометію й астату).

Середній вміст того чи іншого хімічного елемента в речовині земної кори, виражений у відсотках від маси породи, прийнято називати *кларком*. Отже, коли кажуть, що кларк, наприклад, заліза 4,4, то це означає, що в 100 кг породи міститься в середньому 4,4 кг чистого заліза (Fe). З'ясувалося, що вся різноманітність гірських порід на Землі переважно утворена всього із 8 хімічних елементів (їх сумарний кларк 99,5), а найперш із кисню, кремнію й алюмінію, кларки яких відповідно сягають 48, 30 і 8 (табл. 8.1).

Таблиця 8.1. Середній хімічний склад земної кори.

Е л е м е н т и	кг/т	К л а р к и, %		
		за масою	за к-стю. атомів	за об'ємом
1. Кисень	479	47,9	63	92,0
2. Кремній	295	29,5	21	0,9
3. Алюміній	81	8,1	6	0,8
4. Залізо	44	4,4	2	0,7
5. Кальцій	31	3,1	2	1,5
6. Калій	24	2,4	1	2,1
7. Натрій	21	2,1	3	1,5
8. Магній	20	2,0	2	0,5
Р а з о м :	995	99,5	99,9	99,9
Всі інші	5	0,5	< 0,1	< 0,1

Вивчаючи внутрішню будову мінералів вчені з'ясували, що це не хаотичне нагромадження тих чи інших відносно поширених хімічних елементів, а ідеально структурована система у вигляді трьохмірно-періодично розміщених атомів (іонів) які загалом утворюють так звану кристалічну решітку. Наприклад, в решітці мінералу під назвою галіт (поварена сіль, NaCl) кожен іон натрію оточений шістьма іонами хлору і навпаки (рис.8.1).

Здатність атомів (іонів) об'єднуватись у певній послідовності й утворювати кристалічну решітку надає врешті-решт твердій речовині форми багатогранника, тобто кристала. Отже, *кристал* – це тверде тіло, що природно існує у формі багатогранника. З'ясувалося і те, що кожному мінеральному виду властива своя сукупність хімічних елементів, своя структура кристалічної решітки, а відтак і своя форма кристала. Форма кристала окреслюється його морфологічними елементами або *елементами обмеження* як то: гранями – тобто площинами, що обмежують кристал у просторі, ребрами – лініями перетину суміжних граней, вершиною – точкою, в яких перетинаються ребра кристала та *міжгранними кутами*, тобто кутами між відповідними гранями. А ще, кристалам властива здатність до самоогранювання, симетрія, постійність міжгранних кутів та анізотропія.

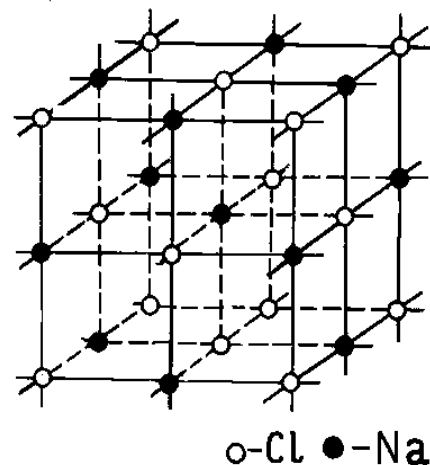


Рис.8.1. Розміщення іонів у кристалі галіту.

Здатність кристала до самоогранювання, тобто до збільшення своїх розмірів можлива за поєднання ряду умов: наявності насиченого хімічними елементами розчину або розплаву і його складу, відповідних значень температури і тиску, а ще – присутності ядер кристалізації (зародків) та інтенсивності перемішування середовища. Особливості внутрішньої структури кристала, безпосередньо впливають на його фізичні властивості: зовнішній вид (габітус), твердість, колір тощо. За сприятливих умов (у зрівноваженому середовищі) кристали набувають вигляду правильних багатогранників, як то: піраміди, діпіраміди, призми, куба, тетраедра, октаедра, ромбоедра, пінакоїда.

Утворення кристала (кристалізація) процес досить складний і навіть у найбільш вивченого мінерала – кварца до кінця не з'ясований. Ріст кристала за ідеальних умов відбувається пошарово і ступінчасто вздовж граней. Однак, ідеальні умови кристалізації складаються нечасто, здебільшого рівновага кристалізаційного процесу порушується, що найперш відбивається на елементах обмеження – для них характерний розвиток одних граней за рахунок інших, що призводить до спотворення форми кристала. І все ж, наука про кристали й закономірності їх утворення (*кристалографія*) досягла помітних успіхів. Сьогодні у світі вирощують тисячі тонн так званих штучних коштовних каменів, які, до речі, за якістю нічим не поступаються природним, зокрема: благородний опал, циркон, турмалін, гранати, аквамарин, шпінель, рубін, сапфір і навіть алмаз.

Симетрія кристала – це така його властивість завдяки якій його морфологічні елементи (грані, ребра, вершини) здатні збігатися із собою внаслідок визначеного повороту кристала у просторі на 360° . Симетрія того чи іншого кристала впливає із симетрії відповідної йому кристалічної решітки. Розрізняють такі елементи симетрії кристала відносно яких вона можлива: вісь, площина і центр симетрії. Вісь симетрії – уявна лінія, при обертанні навколо якої на 360° кристал декілька разів повторює своє початкове положення у прсторі. Число повторень початкового положення кристала під час обертання навколо осі симетрії, називається її порядком. Усі відомі види кристалів мають осі симетрії

другого, третього, четвертого і шостого порядків. Найбільше осей симетрії у куба. Площина симетрії – уявна площина, що поділяє кристал на дві дзеркально рівні частини. Найбільше площин симетрії у того ж таки куба – 9. Центр симетрії – точка всередині кристала, в якій перетинаються і діляться навпіл усі прямі лінії, що з'єднують діаметрально протилежні елементи обмеження. У кристалів один центр симетрії. Чим більше в кристала елементів симетрії, то тим гарніший в нього відблиск, тим він привабливіший.

Всі існуючі в природі кристалічні форми за особливостями симетрії згруповано в 7 систем або сингонії: моноклінну, ромбічну, триклінну, тетрагональну, тригональну, гексагональну та кубічну. Головні відмінності між ними полягають у величині осей симетрії і кутах, під якими ці осі перетинаються.

Зауважимо, природні кристали у своїй більшості за величиною непоказні, різноорієнтовані, а їх форми, як уже згадувалось, спотворені. Така природна сукупність мінеральних індивідів утворена у процесі їх групового росту і зіткнення між собою називається *мінеральним агрегатом*. Здавалося б, як за таких обставин можна визначитись з видовою приналежністю мінералів? Виявляється, завдяки закону постійності міжгранних кутів, суть якого полягає в тому, що кут між двома будь-якими гранями (двогранний кут) у різних за формою кристалів одного і того ж мінерального виду постійний. Міжгранні кути вимірюються спеціальним приладом – гоніометром, що уможливує діагностувати мінерал за найдрібнішими кристаликами. Отже, знання сингонії з врахуванням інших діагностичних ознак (про що йтиметься далі), необхідність щодо успішного визначення мінерального виду.

Анізотропними називають мінерали, які проявляють неоднакові ті або інші фізичні властивості в різних напрямках. Наприклад, прикладений до кристала кварцу у певному напрямку електричний струм змінюється в ньому на механічні коливання, тоді як в інших напрямках згаданий ефект не виявляється; коефіцієнт теплового розширення в одному з напрямків в мінералі більший, а в іншому – менший. Прикладами анізотропності є досконала спайність, орієнтована в одній площині, наприклад, у слюди; подвійне променезаломлення в кристалі ісландського шпату та ін.

Хімічний склад мінералів та їх формула. Як відомо, мінерали – це сполуки хімічних елементів. Правда, є мінерали утворені якимось одним хімічним елементом (графіт, алмаз, золото, срібло та ін.). Однак більшість мінералів існує у вигляді подвійних або бінарних сполук і солей. Бінарні сполуки складаються із двох елементів (оксиди – Al_2O_3 , сульфіді – FeS_2 , хлориди – $AgCl$).

Солі – це сполуки металів з певною групою атомів (радикалами), останні беруть участь у хімічних реакціях як одне ціле. Наприклад, радикал $[SiO_4]^{4-}$ властивий силікатам; $[CO_3]^{2-}$ – карбонатам; $[HCO_3]^-$ – гідрокарбонатам; $[PO_4]^{3-}$ – фосфатам; $[SO_4]^{2-}$ – сульфатам; $[NO_3]^-$ – нітратам.

Хімічні формули мінералів: емпіричні, якщо вони відображають загальний їх хімічний склад ($H_4Al_2Si_2O_9$ – каолінит); графічні дають уявлення про характер розміщення атомів (рис. 8.2); структурні – дають уявлення про порядок зв'язку між окремими елементами (приміром, формула води: $H-O-H$) і кристалохімічні формули, які вказують з яких структурних одиниць складається кристалічна решітка мінералу, наприклад, того ж таки каолініту – $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$. На перше місце у формулі ставиться той хімічний елемент якого більше: $(Ca,Mg)[CO_3]$ – доломіт.

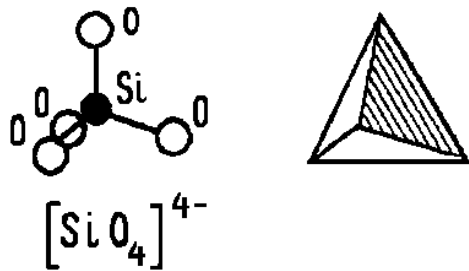


Рис. 8.2. Графічне зображення радикала

Класифікація мінералів. В основу класифікації мінералів покладено їх хімічний склад та особливості кристалічної будови мінералу. Всі відомі види і різновиди, а це близько 4000 мінералів згруповано в 10 класів:

- | | |
|------------------------------|------------------------|
| 1. Самородні елементи; | 6. Сульфати; |
| 2. Сульфіді; | 7. Фосфати; |
| 3. Оксиди і гідроксиди; | 8. Нітрати; |
| 4. Силікати й алюмосилікати; | 9. Галогеніди; |
| 5. Карбонати; | 10. Органічні сполуки. |

Походження мінералів. Утворення мінералів в умовах географічної оболонки відбувається за найрізноманітніших умов. Загалом за походженням розрізняють ендегенні й екзогенні мінерали:

- ендогенні – утворення мінералів зумовлено енергією земних надр і відбувається в їх глибинах;
- екзогенні – мінералоутворення відбувається за рахунок сонячної енергії, води, мікроорганізмів тощо в умовах земної поверхні.

Серед ендегенних процесів мінералоутворення виділяють шість найважливіших типів: магматичний, пневматолітовий, гідротермальний, пегматитовий, вулканічний і контактнo-метасоматичний.

Магматичний тип. Мінерали, що виникають внаслідок ендегенних процесів так чи інакше пов'язані з діяльністю *магми* – флюїдно-силікатним розплавом речовини земних надр. Внаслідок охолодження, а також під впливом інших фізико-хімічних чинників (зміни тиску, концентрації елементів тощо) магма починає кристалізуватися, тобто в розплаві у певній послідовності утворюються мінерали. Оскільки кристалізація здійснюється в умовах постійної зміни температури, тиску, хімічного складу розплаву тощо, то й виникають мінерали відмінні за хімічним складом і фізичними властивостями.

Встановлено, що кристалізація магми може розпочинатися вже при температурі 1600°C. Спочатку випадають тугоплавкі мінерали – магнезит (Fe_3O_4), апатит $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{Cl},\text{F})$, хроміт ($\text{Fe},\text{Cr}_2\text{O}_4$). Далі викристалізовуються залізо-магнієві силікати – олівін $(\text{Mg},\text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$, авгіт $(\text{Ca},\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})[\text{SiO}_3]$, за ними – складні алюмосилікати: рогова обманка $(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})[(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$, біотит $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{OH},\text{F})_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$. При температурі 900-800°C кристалізуються бідні на кремнезем $[\text{SiO}_4]^{-4}$ польові шпати: анортит $(\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8])$, лабрадор – ізоморфна суміш альбіту та анортиту, а вже за ними збагачені кремнеземом польові шпати, як то: ортоклаз $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ та альбіт $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ і під кінець, за наявності вільного кремнезему – кварц $[\text{SiO}_2]$.

Пегматитовий тип мінералоутворення. У процесі кристалізації магма збіднюється на кремнезем, натрій, калій, алюміній, залізо, магній та інші хімічні елементи, але водночас збагачується важкими металами і легкими речовинами (флюїдами). Така залишкова магма, за версією А.О.Ферсмана, за певних температурних умов виповнює пустоти у попередньо викристалізованих породах, утворюючи так звані *пегматитові жили*. Здебільшого останні виповнюються крупними кристалами гірського криштально (різновид кварцу), польового шпату, топазу, мусковіту, апатиту та багатьма іншими мінералами. У пегматитових жилах часто трапляються витончені кристали дорогоцінних мінералів: берилу, турмаліну, сподументу, топазу, корунду, альбіту та ін.

Пневматолітовий (від грец. «пневма» – газ) тип мінералоутворення. Із магми під час її кристалізації виділяються легкі її компоненти (*флюїди*), які віддаляючись від магматичного вогнища охолоджуючись осідають на стінках тріщин і пустот. Таким шляхом утворюються так звані породи *грейзени* багаті на вольфрам, молібден, олово, тантал та інші рідкісні метали.

Гідротермальний тип мінералоутворення. При зниженні температури магми до 375–350°C з неї (залежно від величини тиску) виділяється рідка вода. За такої температури вода надзвичайно агресивна і здатна розчиняти речовини з якими контактує. Як і в попередньому випадку, віддаляючись від магматичного вогнища така збагачена хімічними елементами і їх сполуками вода охолоджується і наявні в ній елементи відкладаються на стінках тріщин, виповнюючи їх, зокрема, золотом, сріблом, міддю, свинцем, миш'яком, оловом та іншими цінними металами.

Вулканічний тип мінералоутворення найперш визначається хімічним складом виверженої на поверхню лави. Процес додегазації лави відбувається й на денній поверхні де вона охолоджується швидко твердне, утворюючи тонкозернисту суміш з багатьох силікатів. Одночасно супутні з лавою вулканічні гази взаємодіють із поверхневими породами, утворюючи певні мінерали – пірит, хлорне залізо, сірку, сірководень та ін.

Контактнo-метасоматичний тип мінералоутворення відбувається на межі контакту магми, флюїдів, гідротерм з оточуючими їх породами. Видовий склад новоутворених мінералів залежатиме як від хімічного складу і температури магми або лави так і від хімічного складу контактуючої породи. За таких умов контактна порода зазнає метаморфізму та метасоматичних перетворень за яких з'являються специфічні, тобто притаманні тільки для даного типу творення мінерали: група гранатів, зокрема піроп, альмандин, гроссуляр, тальк, хлорит, серпентин та його волокниста різновидність азбест та ін.

Екзогенні процеси мінералоутворення відбуваються в умовах земної поверхні або у приповерхневій частині земної кори (так званій *корі вивітрювання*). Енергетичним джерелом цього процесу є сонячна енергія, що проявляється через стан поверхневих вод, атмосферних газів, температурних коливань середовища та життєдіяльність організмів. Екзогенного походження галіт NaCl (кухонна, або кам'яна сіль), мірабіліт $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, водний різновид квацу опал $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, лімоніт $\text{FeO}(\text{OH})$, всі глинисті мінерали.

Мінералоутворення в умовах земної поверхні проходить набагато складніше ніж в глибинах земної кори. Починається екзогенний процес мінералоутворення, зокрема глинистих мінералів, з вивітрювання гірських порід магматичного походження.

Вивітрювання, іншими словами руйнування гірських порід і відповідно наявних в них мінералів, відбувається внаслідок прямої чи опосередкованої дії на породи (або мінерали) води, атмосферних

газів, частих коливань температури, дії рН середовища, а також внаслідок діяльності організмів. Розрізняють три типи вивітрювань: фізичне, хімічне і біологічне.

Фізичне вивітрювання. Головними факторами тут виступають: температура з її частою мінливістю, вода з її динамічністю й аномальністю та земне тяжіння. Наприклад, підпадаючи під сонячне проміння мінерали нагріваються, а отже змушені розширюватися. Однак, мінерали, що входять до складу кристалічних гірських порід, суттєво відрізняються за такими ознаками, як лінійне чи об'ємне розширення. Приміром, у процесі нагрівання до однієї і тієї ж температури коефіцієнт об'ємного розширення альбіту, порівняно з анортитом, зростає у 3, а порівняно з кварцом – всього у 2 рази. До того ж, коефіцієнт розширення і стиснення навіть у одного і того ж породоутворюючого мінералу неоднаковий у різних кристалографічних напрямках, що є причиною виникнення місцевих напруг у межах навіть мономінеральної породи. Все це призводить до появи у кристалічній речовині різних за напрямком і величиною сил, та до утворення на межі контакту, а також в тілі самого мінералу, мікротріщин. В новоутворені тріщини неодмінно потрапляє вода, яка тут створює значний капілярний тиск: у мікротріщинах 10^{6-7} мм – $1,5 \text{ кг/см}^2$, а у нанотріщинах 10^{9-} мм – 1500 кг/см^2 . Аналогічно діє на стінки тріщин вода під час її замерзання, збільшуючись в об'ємі на 10%, лід одночасно створює тиск до 800 кг/см^2 . Схоже діють різні солі – приєднуючи воду вони збільшуються в об'ємі і також тиснуть на стінки тріщин. Очевидно, що за таких умов вода є винятково потужним фактором механічного подрібнення (диспергування) порід та мінералів без зміни їх хімічного складу. У подальшому, втративши свою монолітність, уламки породи під впливом земного тяжіння, текучої води, льоду чи вітру інтенсивно переміщуються, продовжуючи механічно подрібнюватись.

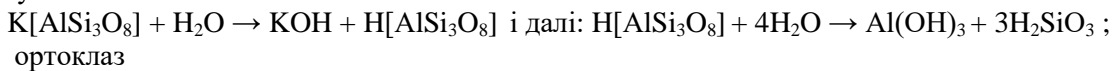
Хімічне вивітрювання. Під хімічним вивітрюванням розуміють зміну хімічного складу мінералів і мінералогічного гірських порід під впливом води та розчинених в ній газів, найперш O_2 та CO_2 . Процес хімічного вивітрювання обіймає цілий ряд простих хімічних реакцій: розчинення, гідратації, гідролізу, окислення-відновлення, карбонізації-декарбонізації, десилікація тощо. Відомо, що вода є універсальним розчинником. Розчинність – це властивість речовини розчинятися у воді. Ступінь розчинення поширених у земній корі сполук неоднакова. Так, за літніх значень температури хлорні сполуки розчиняються добре: у 100 частинах води – 36 частин галіту (NaCl), 64 частини карналіту ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). А от карбонатні породи розчиняються у воді дуже погано. Зокрема, у 100000 частинах води кальциту (CaCO_3) розчиниться всього до 7 частин, сидериту (FeCO_3) – до 6, а доломіту ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) і того менше – до 3 частини. І тільки у холодній, збагаченій CO_2 воді розчинність карбонатних порід дещо зростає, з утворенням рухомого гідрокарбонату кальцію: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Порівняно краще розчиняються сірчаноокислі сполуки: на 10000 частин води гіпсу ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) розчиняється 25 частин, ангідриту (CaSO_4) – до 20. І все ж, незважаючи на погану розчинність карбонатів і сульфатів, упродовж тривалого часу текуча вода саме у гіпсових та вапнякових відкладах утворює великі порожнини – карстові тунелі, печери, понори тощо. Дуже важко розчиняються алюмосилікати, навіть у теплій воді не розчиняється кварц і тільки гідротермальні води хоч слабо, а все ж розчиняють його.

Чим більш подрібнена, тобто диспергована речовина, тим більша в неї контактна-реакційна поверхня. З її збільшенням посилюється глибина подальших перетворень кристалічної породи вже на рівні кристалічної решітки. Таке зверхруйнування (гіпергенез) переважно відбувається внаслідок гідролізу мінералів, тобто під дією води, завдяки цьому універсальному розчиннику, але вода виступає тут не в ролі розчинника як такого, а в ролі донора протнів (H^+ -іона). Цей процес зводиться до заміщення лужних і рідкоземельних елементів у кристалічних решітках мінералів на іони дисоційованих молекул води.

Відомо, що зростанню концентрації вільних іонів водню у розчині сприяє розчинення у воді вуглекислого газу, а відтак утворенню слабкої вугільної кислоти: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$. Позитивно заряджений іон водню (протон) щонайменше у десятки тисяч разів менший будь-якого атома чи іона у складі кристалічної решітки, що дає йому можливість вільно проникати в атомні структури мінералів та специфічно руйнувати їх із середини. Йдеться про те, що під час гіпергенезу руйнування мінералу у звичному розумінні не відбувається, з їх внутрішньої структури завдяки протонам водню виносяться лише катіони наявних там хімічних елементів, що міняє не тільки хімічну формулу, але і структурно перебудовує початковий мінеральний вид у абсолютно новий.

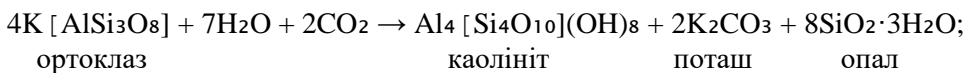
Для прикладу розглянемо процес хімічного вивітрювання дуже поширеної в природі магматичної гірської породи – граніту, який на 60-66% складається з польових шпатів. Вважають, що хімічне вивітрювання польового шпату та утворення низки нових мінералів відбувається за наступними схемами:

– за участю самої тільки води, реакція гірлолізу – взаємодії мінералу з водою й утворенням нових сполук:



ортоклаз

– за участі води і розчиненої в ній вугільної кислоти:

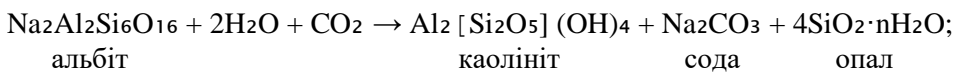


ортоклаз

каолініт

поташ

опал

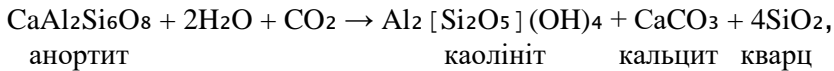


альбіт

каолініт

сода

опал



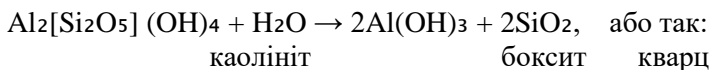
анортит

каолініт

кальцит

кварц

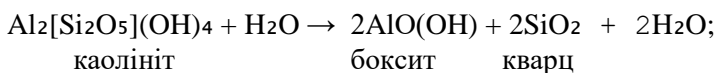
Надалі, каолініт, який за умов помірного клімату є досить стійким, в умовах вологого і теплого клімату під впливом тієї ж води продовжує руйнуватися до утворення бокситу та кремнію:



каолініт

боксит

кварц

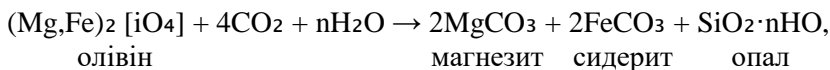


каолініт

боксит

кварц

Або, хімічне вивітрювання олівіну, мінералу, що входить до складу ще однієї поширеної гірської породи – базальту:



олівін

магнезит

сидерит

опал

з утворенням трьох нових мінералів – магнезиту, сидериту і кварцу.

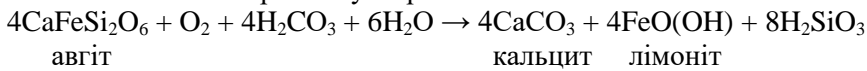
У процесі гідратації, наприклад, до мінералу гематиту приєднується вода й утворюється інший мінерал – лімоніт: $2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{FeO}(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

гематит

лімоніт

У процесі гідролізу – реакції обмінного розкладу, кальцит, наприклад, зазнає суттєвих перетворень: $2\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

В зоні кори вивітрювання дуже поширені процеси окислення – ще один активний процес руйнування нарізноманітніших мінералів з утворення нових:



авгіт

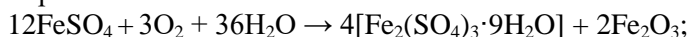
кальцит

лімоніт

Ще один приклад окислення сульфідів до сульфатів:



пірит



або окислення халькопіриту: $\text{CuFeS}_2 + 4\text{O}_2 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{CuSO}_4$;

з магнетиту утворюється гематит: $4\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 6\text{Fe}_2\text{O}_3$;

сидерит перетворюється у лімоніт: $4\text{FeCO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{FeO}(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2$.

Процеси окислення сприяють сильному підкисленню середовища (зниженню рН показника) і пришвидшенню виносу катіонів за умови достатнього зволоження та проточного режиму. Поступово лужна реакція середовища в міру вилуговування катіонів змінюється нейтральною, а на пізніх стадіях вивітрювання переходить у кислоту.

Карбонатизація – процес видозмінення породи, завдяки якому утворюються карбонати кальцію, магнію, заліза тощо явище в природі поширене, про що свідчить, наведений вище приклад вивітрювання того ж таки анортиту, олівіну чи авгіту. Швидкість карбонатизації прискорюється завдяки постійній присутності в середовищі CO_2 , взаємодіючого з водою.

Десилікація порід, видалення з них SiO_2 , особливо інтенсивна на перших стадіях вивітрювання, коли вивільнений в процесі гідролізу силікатів кремній утворює рухомі колоїдні з'єднання, що легко мігрують у лужному середовищі.

Біохімічне вивітрювання порід і мінералів здійснюється внаслідок життєдіяльності організмів: рослин, тварин, але найперш мікроорганізмів. Всі вони в процесі життєдіяльності виділяють органічні кислоти – лимонну, яблучну, щавлеву тощо, а також складові гумусу, зокрема фульвокислоти, що у підсумку значно пришвидшує руйнування гірських порід. Прикладом біохімічного вивітрювання є оглеєння ґрунту – складний комплекс процесів, здебільшого мікробіологічної і біохімічної природи, що відбувається за анаеробних (без вільного кисню) умов і охоплює:

- відновлення мінеральних та органічних речовин з утворенням і накопиченням легкорухомих форм оксидів заліза, марганцю, алюмінію, водню та інших елементів;
- перетворення первинних мінералів, зокрема алюмосилікатів у сизувато-оливкові глинисті мінерали із двовалентним залізом, магнієм (приміром: віваніт, глауконіт).

Оглеєння відчутно підкислює ґрунт, а отже різко погіршує їх родючість. В умовах земної поверхні всі три види вивітрювань доповнюються один одним.

За достатнього часу та інтенсивності вивітрювання граніт, приміром, може втратити 35% своєї маси, базальт – 90, а вапняки – 99%. Залишкова кора вивітрювання постійно буде збагачуватися оксидами Fe та Al, тобто підкислюватися.

У процесі мінералоутворення мають місце деякі геохімічні невідповідності, «відхилення від норми» у вигляді поліморфізму, псевдоморфізму, ізоморфізму і парагенезу.

Поліморфізм (алотропія) – різновидність структури і властивостей мінеральних тіл однакового хімічного складу, наприклад графіт і алмаз. Кварц SiO_2 , один із найпоширеніших у природі мінералів, також існує в декількох поліморфних модифікаціях стійких у певному інтервалі температур і тиску: в інтервалі $< 200^\circ\text{C}$, як низькотемпературний кристобаліт (сингонія тетрагональна), в межах $200 - 870^\circ\text{C}$, як звичайний кварц (сингонія тригональна), за $840-1470^\circ\text{C}$, як високотемпературний тридиміт (сингонія гексагональна), а в межах $1470-1728^\circ\text{C}$ як високотемпературний кристобаліт (сингонія кубічна). Отже, зміна температури викликає структурну перебудову кристала кварцу завдяки чому з'являються різноманітні двійникові зростки.

Псевдоморфізм – властивість мінералів набувати кристалічної форми, яка не відповідає ні їх хімічному складу ні будові. Псевдоморфози (“хібні форми”) – це досить-таки дивовижне явище, за якого одне мінеральне тіло, з точним дотриманням всіх зовнішніх ознак до найдрібніших, буде заміщене іншим за хімічним складом новоутворенням. Наприклад, окам'яніння, коли органічна речовина в процесі метасоматозу заміщується опалом, іноді піритом, що має місце у викопних деревах і тварин.

Ізоморфізм – здатність атомів одних речовин замішувати атоми інших речовин у кристалічних решітках мінералів. Внаслідок ізоморфізму утворюються однакові за структурою, але відмінні за хімічним складом мінерали. Ізоморфізм явище досить поширене в природі. Сутність його полягає в здатності хімічних елементів, близьких за величиною і здебільшого однакових за валентністю, заміщати один одного в кристалах, надаючи їм тим самим певних фізичних відмінностей. Мінерали яким властивий ізоморфізм, називаються ізоморфними. Прикладом ізоморфізму є заміщення іоном хрому іона алюмінію в корунді (Al_2O_3) внаслідок чого останній набуває чисто-червоного з легким пурпуровим відтінком кольору – така різновидність корунду називається рубіном. Якщо деяка частка іонів алюмінію в корунді заміститься на іони заліза і титану, то матимемо волошково-синій сапфір. Заміна того ж таки іона алюмінію в берилі $\text{Al}_2[\text{Be}_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})]$ на іон хрому (іноді на ванадій) породжує один з небагатьох дорогоцінних мінералів – смарагд (ізумруд). Доречно сказати, що існує цілий ряд таких ізоморфних іонів – з атомним номером 22-29 в періодичній системі (титан, ванадій, хром, марганець, залізо, кобальт, нікель, мідь). Присутність одного (іноді двох) з них обумовлює вибіркове поглинання променів білого світла, відповідно хвилі, що залишилися непоглинутими, пофарбовують мінерал у той чи інший колір. Такі атоми називаються *хромофорами*.

Явище ізоморфізму поширюється на групу мінералів де ізоморфні властивості виявляють вже не атоми, але окремі мінерали як такі.

Наприклад: мінерал лабрадор є ізоморфною сумішшю альбіту $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ та анортиту $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ у співвідношенні 50 -70%; мінерал олівін $(\text{Fe},\text{Mg})_2[\text{SiO}_4]$ – ізоморфна суміш фаяліту $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$ та форстериту $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$; мінерал доломіт $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ – ізоморфна суміш карбонатів кальцію CaCO_3 і магнію MgCO_3 .

Парагенез – закономірно сумісне розміщення асоціацій мінералів в земній корі, що пояснюється спільністю умов їх утворення. Типовим прикладом парагенезу є спільне місцезнаходження поліметалевих мінералів класу сульфідів або мінеральні асоціації гірського кришталю, польового шпату, слюди, топазу, турмаліну тощо в пегматитових жилах. Алмази трапляються у збагаченій олівіном вивітреної породі – кемберліті разом з яскраво-червоним гранатом – піропом. Очевидно, що знання парагенезу має велике практичне значення під час пошуку родовищ тих чи інших мінералів, з'ясування умов їх утворення.

Форми знаходження (вияву) мінералів у природі. Мінерали у вигляді виключно ізольованих кристалів трапляються в природі нечасто і характерні хіба що для алмазу та берилу. Переважно зустрічаються *мінеральні агрегати* – природні угруповання мінеральних індивідів у вигляді щільної кристалічної маси де кристали можна побачити хіба що під мікроскопом. А втім, мінеральні агрегати можуть набувати інших форм серед яких розрізняють:

д в і й н и к и – у вигляді взаємно зрощених добре сформованих кристалів (гіпс, польові шпати, флюорит, гірський криштал, кальцит);

щ і т к и – група кристалів, що мають спільну основу, однакові за висотою та напрямком росту (кварц, ортоклаз, галіт);

д р у з и – група кристалів різних за висотою й орієнтацією на спільній основі (друзи кварцу, флюориту, кальциту, гіпсу);

к о н к р е ц і ї – мінеральні утворення більш-менш округлої форми радіально-променистої або шаралупчастої будови (фосфорит, лімоніт);

ж о в н а – форма мінерального агрегату з нерівною, але згладженою поверхнею та з непомітною внутрішньою будовою (часто спостерігається у кременію);

с е к р е ц і ї – частково або повністю заповнені мінеральною речовиною пустоти в породі; якщо їх розміри менші 2 см, то такі секреції називаються м и г д а л и н а м и, якщо більші –

ж е о д а м и (в базальтах деінде трапляються секреції з агатом, аметистом, цеолітом);

о о л і т и – дрібні кулясті (до 15 мм) зцементовані між собою мінеральні утворення з оксидів та силікатів заліза, марганцю, кальциту, бокситу, доломіту та інших мінералів і скріплених між собою мінеральним цементом того ж походження; здебільше в центрі ооліту знаходиться піщинка або фрагмент вапнякової черепашки якогось морського організму, навколо якого поступово й осаджувалась мінеральна речовина;

д е н д р и т и – мінеральні утворення у вигляді наморозі на віках або лускато-плівчасті агрегати, відкладені на поверхні породи (мідь, срібло, оксиди марганцю);

н а т і ч н і форми – мінеральні утворення здебільшого підземних карстових печер, що виникають внаслідок просочування зверху води збагаченої гідрокарбонатом кальцію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$: при повільному стіканні розчин випаровується і $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ переходить в кальцит CaCO_3 , кристалізуючись у вигляді бурульки (*сталактиту*), що звисає зі стелі; якщо розчин скапує на долівку печери і вже там висихає, то назустріч сталактиту знизу починає рости вапняний стовпець – *сталагміт*. До натічних форм належать ниркоподібні агрегати лімоніту, малахіту;

г о л ч а с т і т а в о л о к н и с т і маси – кристали, що за формою нагадують голку і витягнуті в одному напрямку (антимоніт, рогова обманка, деякі цеоліти), або набувають вигляду рослинних волокон (азбест);

з е м л и с т і – легко розтираються між пальцями (каолініт, лімоніт);

л и с т у в а т і, пластинчасті агрегати (слюда, тальк, хлорит).

Фізичні властивості або діагностичні ознаки мінералів

Щоб розпізнати мінеральний вид важливо з'ясувати його основні діагностичні ознаки головними з яких є: колір, колір риски, прозорість, блиск, спайність, злам, твердість, питома вага; у деяких випадках магнітність, смак, реакція на кислоту тощо.

К о л і р мінералів здебільшого зумовлений їх хімічним складом (зокрема, присутністю в ньому атомів-хромофорів та їх валентністю), а ще – структурними дефектами кристалічної решітки, наявністю в ній полів з надлишком вільних електронів або особливістю їх розподілу між окремими іонами тощо. Колір мінералу – ознака здебільшого не стала, хоч у деяких вона постійна: сірка – жовта, золото – яскраво-жовте, срібло – сріблясто-біле, малахіт – зелений, кіновар – червоний. Однак, більшість із поширених мінералів мають різне забарвлення: кварц буває прозорим, білим, жовтим, оранжевим, фіолетовим, чорним тощо; флюорит – безбарвним, фіолетовим, жовтим, зеленим та ін.; гранат – від густо-червоного до зеленого. Навіть в межах одного кристала, приміром у топаза, колір може змінюватися від золотисто-коричнюватого через золотисто-жовтий з рожевим відтінком до кольору морської хвилі. Деякі мінерали, крім основного кольору проявляють своєрідний похвневий, – їх поверхня внаслідок інтерференції падаючого на них світла переливається різними барвами, подібно до того як відсвічує нафтова плівка на воді. Таке явище називається *побіжалістю*. Якщо інтерференція світла відбувається в глибині мінерального агрегату, то таке явище називається *іризацією* (виразно виявляється в лабрадорі).

Надійнішою діагностичною ознакою мінерала ніж його візуальне забарвлення є к о л і р р и с к и – тобто колір сліду, що його лишає мінерал під час проведення ним по неглазурованій порцеляновій пластинці, по так званому бісквіту. Здебільшого колір риски і самого мінералу неоднакові. Так, колір риски різнобарвних кварців, флюоритів, турмалінів завжди білий. Загалом у прозорих і напівпрозорих мінералів, а таких більшість, колір риски завжди безбарвний, білий. Колір риски, як діагностична ознака, особливо важлива для непрозорих мінералів. Для піриту, наприклад, характерна чорна із зеленуватим відтінком риска, для гематиту – вишнево-червона, а в магнетита – вона чорна, в графіту – темно-сіра з відблиском.

Б л и с к – ефект, спричинений відбитим від поверхні мінералу світлом. Всі мінерали за блиском розподіляють на дві групи:

з м е т а л і ч н и м блиском – ефект відбитого світла від свіжообробленої поверхні металу. Здебільшого, такий блиск властивий мінералам, що є рудами металів (магнетит, халькопірит, галеніт, золото); до цієї групи віднесено декілька мінералів з **н а п і в м е т а л і ч н и м** блиском (тьмяним металічним), зокрема графіт, гематит, ільменіт, піролюзит;

з н е м е т а л і ч н и м блиском, де розрізняють такі видозміни блиску:

а л м а з н и й – дуже сильний, яскравий, нагадує блиск алмаза (алмаз, сфалерит, циркон);

с к л я н и й – близький до блиску поверхні скла (кварц, топаз, кальцит, польові шпати та багато інших мінералів; специфічним блиском вирізняється рогова обманка, для якої властивий скляний блиск із характерним для рогів полиском);

п е р л а м у т р о в и й – нагадує блиск внутрішніх поверхонь черепашок деяких двостулкових моллюсків (слюда, гіпс, тальк);

ш о в к о в и с т и й – подібний до блиску шовкових ниток (азбест, селеніт, голчаста форма гіпсу);

ж и р н и й – поверхня мінералу немовбито змазана жиром, схожа на парафін (сірка, нефелін, апатит на зломі);

м а т о в и й – позбавлений будь-якого блиску, як такий він не уловлюється, тьмянний (каолініт, боксит, лімоніт).

П р о з о р і с т ь – це здатність мінералу пропускати крізь себе світло. Крізь прозорі мінерали можна, приміром, бачити літери у книжці (гірський кишталъ, ісландський шпат); крізь ті, що просвічуються, світло проходить слабо (ортоклаз, халцедон). Непрозорі мінерали навіть крізь тонкі зрізи світло не пропускають, до таких здебільшого відносяться мінерали з металічним блиском (пірит, графіт, гематит).

С п а й н і с т ь – здатність мінералу розколюватись під час удару з утворенням рівних, гладеньких окремоостей, або ж роз'єднуватись на тонкі пластинки. Спайність притаманна кристалічним мінералам. Вона пов'язана з будовою кристалічної решітки і проявляється у напрямку найменшої сили щеплення між окремими атомами. Розрізняють такі ступеня спайності:

ц і л к о м д о с к о н а л а – мінерал легко розчеплюється на окремі тонкі пластинки чи лусочки (слюди, тальк, хлорит);

д о с к о н а л а – мінерал розчеплюється від слабкого удару в одному чи кількох напрямках з утворенням рівних поверхонь (галіт, кальцит, польові шпати, рогова обманка, сфалерит, алмаз);

н е д о с к о н а л а – при ударі мінерал розколюється на куски випадкової форми з окремими рівними поверхнями (apatit, olivin, hematite, sulfur, pyrite);

ц і л к о м н е д о с к н а л а – розколювання зразка відбувається довільно, без рівних поверхонь, що характерно для аморфних і потаємнокристалічних мінералів (кварц, корунд, магнетит). Спайність може проявлятися в одному (слюда), у двох (польові шпати), у трьох (кальцит) і шести (сфалерит) напрямках. Для мінералів з недосконалою та цілком недосконалою спайністю допоміжною діагностичною ознакою може стати **з л а м** – характер поверхні уламку, що утворився під час розколювання мінералу.

Розрізняють такі види зламу:

з е р н и с т и й – на поверхні зламу видно кристали, з яких складається мінерал – нагадує відкол спресованого цукру, характерний для мінералів з недосконалою спайністю (ангідрит, апатит);

ч е р е п а ш к о в и й – характер зламу нагадує відбиток черепашки, властивий для аморфних і потаємнокристалічних мінералів (кварц, обсидіан);

с х і д ч а с т и й – поверхня нерівна з характерними уступами (польові шпати, кальцит);

з е м л и с т и й – поверхня зламу матова, шорстка, немовби вкрита пилом (каолін, боксит, лімоніт);

с к а л к о в и й – нагадує поверхню необструганої дошки, злам тріски (рогова обманка, азбест, гіпс);

Т в е р д і с т ь – здатність мінералу протистояти зовнішній механічній дії, наприклад стиранню чи різанню. Твердість обумовлена особливістю кристалічної будови. Якщо якийсь мінерал залишає подряпину на іншому мінералі, то очевидно перший з них твердіший. За цим принципом мінералог Ф.Моос ще у 1811 році склав 10-бальну мінералогічну шкалу твердості якою послуговуються і дотепер (табл.8.2).

Таблиця 8.2. Шкала Мооса у порівнянні з іншими шкалами твердості

Твердість за Моосом	Мінерал	Твердість стосовно деяких предметів	Твердість за склерометром, кг/мм ²	Твердість шліфування
1	Тальк	Твердість м'якого олівця	2,4	0,03
2	Гіпс	Залишаються подряпини від нігтя	36	1,25
3	Кальцит	Подряпини від залізного цвяха	109	4,5
4	Флюорит	Подряпини від леза ножа; скло не дряпає	189	5,0
5	Апатит	Подряпини від голки	536	6,5
6	Ортоклаз	Подряпини від напилка; дряпає скло	795	37,0
7	Кварц	Залишає подряпину на склі	1120	120,0
8	Топаз	Залишає подряпину на кварці	1427	175,0
9	Корунд	Залишає подряпину на топазі	2060	1000,0
10	Алмаз	Не дряпається нічим	10060	140000,0

Шкала Мооса – відносна шкала. За нею можна встановити який мінерал твердіший стосовно іншого. Так, твердість кварцу й алмазу відповідно 1120 і 10060 кг/мм², тобто мінерали зі значенням твердості 7 і 10 за шкалою Мооса, насправді різняться у 9, а за протидією шліфуванню у 1170 разів. Орієнтовно відносну твердість мінералу можна визначити за твердістю підручних предметів (див. табл. 8.2). У природі переважають мінерали твердістю 3–7.

Г у с т и н а (питома вага) – маса мінерала в одиниці об'єму (г/см³), одна з найважливіших діагностичних ознак. Точно густину мінералу визначають на гідростатичних терезах. Метод ґрунтується на законі Архімеда – шляхом занурення мінералу в рідину з наперед відомою густиною встановлюють його об'єм, а вже потім визначають густину мінералу. Очевидно, що визначити густину мінералу в польових умовах проблематично. За густиною мінерали поділяються на: легкі – питома вага до 2,5 г/см³ (галіт, графіт, опал, янтар, сірка, гіпс); середні – 2,5-4 г/см³ (кварц, кальцит, рогова обманка, апатит, топаз, алмаз, корунд); важкі – 4-8 г/см³ (пірит, гематит, магнетит, кіновар, галеніт); дуже важкі – питома вага більше 8 г/см³ (самородні метали – срібло, платина, золото – до 19,3 г/см³; щодо найбільшої густини серед речовин, то таку має іридій – 22,6 г/см³).

Деяким мінералам властиві специфічні діагностичні ознаки, а саме:

- магнітність, здатність мінералів відхиляти стрілку компаса (магнетит, ільменіт, магнітний колчедан FeS);
- реакція мінералу на 10% розчин соляної кислоти (HCl), характерна для мінералів класу карбонатів і сульфідів. Так, мінерали, що містять понад 1% CaCO₃, під дією 10% розчину HCl виділяють CO₂ і з поверхні піняться “скипають”, теж саме з доломітом CaMg(CO₃)₂, але розмеленим у порошок, або реагують тільки із підігрітою кислотою (магнезит MgCO₃);
- змінюють забарвлення полум'я – так, ті з них, що містять натрій, надають полум'ю жовтого забарвлення, мідь – смарагдового, а ті що містять кальцій або стронцій – червоного;
- смак, галіт має чисто солоний смак, сільвін та мірабіліт – гірко-солоні, карналіт – гіркий, селітри – пекучий;
- запах, так, під час тертя фосфоритів відчувається запах горілої кістки; їдкий дим – під час горіння сірки; внаслідок реакції із соляною кислотою піниться більшість сульфідів, при цьому виділяється сірководень (H₂S), який діагностується за запахом;
- двопереломлення світла, характерне для прозорої різновидності кальциту – ісландського шпату;
- поява іскри, з'являється під час різкого удару піритом, кременем об залізо.

За сукупністю вищезгаданих ознак та за допомогою визначників мінералів [4;5] остаточно встановлюється видова назва мінералу. Всього в земній корі виявлено близько 4000 видів і різновидів мінералів, на території України – понад 600.

Коротка характеристика поширених у природі мінералів

Самородні елементи (графіт, алмаз, золото, сірка, мідь, срібло, платина, ртуть).

Г р а ф і т С – кристалів майже неутворює. Зазвичай існує у вигляді дрібнолускуватих агрегатів. Колір від темно-сірого до чорного. Риска чорна, блискуча. Спайність досконала в одному напрямку, злам нерівний, землистий, блиск напівметалічний, твердість 1. На дотик жирний, мастить руки. Утворюється в процесі метаморфізації кам'яного вугілля та з магми, природний графіт містить до 10-

12% домішок. На повітрі при 650°C він загоряється, не плавлячись. Використовується для виготовлення штучних алмазів, електродів, фарб, мастил, олівців, в атомних реакторах. В Україні поклади у північно-західному Приазов'ї, в басейні Південного Буга (Завалівське родовище). Часто виділяється у покладах гнейсів у вигляді окремих лусочок або в скупченнях.

А л м а з С (від грец. “адамас” – нездоланий) – ще одна модифікація вуглецю, дуже рідкісний у природі мінерал. Кристали здебільшого октаедричні, переважно прозорі, але трапляються жовті, зелені, голубі, сині і навіть чорні. Крихкий, спайність досконала по октаедру, твердість – 10, густина 3,5-4,5 г/см³. Згоряє на повітрі при температурі 850-900°C, перетворюючись у СО₂. Величина алмазу оцінюється в каратах – маса одного карата дорівнює 200 мг. Спеціально огранений алмаз (діамант) величиною в 1 карат має в діаметрі 6,5 мм.

Вважають, що утворювались алмази 0,6-2,5 млрд. років тому в підкоровій ультраосновній магмі при температурі 1500-1700°C і тиску 35-50 тис. атмосфер. Через окремі вузькі тріщини так звані трубки вибуху вулканічні гази виривались на поверхню, вносячи із собою алмази. Трубки вибуху заповнились тонкозернистою синювато-зеленкувато-сірою породою, названою кімберлітом. В кімберліт деінде вкраплені крупні блискучі зерна смоляно-чорного ільменіту, коричневі пластинки слюди, криваво-червоного піропу, кристали блідо-зеленого олівину, смарагдового піроксену тощо, однак кристалів алмазу там дуже і дуже мало. Концентрація алмазів навіть у самих збагачених кімберлітах не перевищує однієї мільйонної частки від маси породи (0,5-2,2 кар/т).

Найбільший із алмазів, масою в 3106 карата (5×6,5×10см), було знайдено у 1905 році в ПАР. В процесі огранки і шліфування алмаз втрачає 50-65% своєї маси. Кімберлітові трубки з алмазами виявлені в південній і центральній Африці, Австралії, Бразилії та в Якутії. Прозорі алмази йдуть на прикраси, інші (до 80% світового видобутку, а це 40-45 млн. карат) – технічні алмази, що використовуються для виготовлення різноманітних різців, свердел, як шліфувальний матеріал тощо. До речі, вчені створили ще один штучний мінерал рівний за твердістю алмазу, але значно міцніший і термостійкіший (“працює” при 2000°C) – боразон BN.

З о л о т о Au – благородний метал, що накопичується у гідротермальних кварцових жилах і здебільшого містить домішки срібла, міді та паладію, які надають йому кольору від майже білого (з паладієм) до жарово-жовтого. Кларк золота за масою 4,3·10⁻⁷. У природі зустрічається у вигляді неправильної форми зерен, лусочок, пластинок, дендритів, самородків, іноді великих розмірів – 50 - 275 кг. Густина чистого (999 проби) золота 19,3 г/см³, твердість 2,5-3,0 (дещо твердіший свинцю), злам гачкуватий. На окрему кислоту золото не реагує, але розчиняється у “царській горіліці”: 1 об'єм HNO₃ + 3 об'єми HCl. Золото надзвичайно ковке і тягуче.

Проба, що її ставлять на виробках із золота, вказує на вміст у виробі чистого Au. Так, проба 583 вказує на те, що виріб містить 58,3% Au, решта – мідь. Промисловими вважають руди, що містять 2г і більше золота на тону руди.

В Україні невеликі родовища в межах Українського кристалічного щита (УКЩ), Донбас, Карпати. Золото – основний валютний метал. Окрім ювелірної справи, широко використовується у приладобудуванні, для фарбування порцеляни тощо. Існують сплави міді, цинку з алюмінієм або олова із сіркою які візуально нічим не відрізняються від золота.

С і р к а S – відносно поширена в природі речовина (кларк – 0,1) здебільшого у вигляді грубозернистих, щільних агрегатів або землистих мас та натічних форм, зрідка – у вигляді яскраво-жовтих красивих діпірамідальних кристалів з алмазним блиском. Колір від жовтого до сірого, риска світло-жовта, спайність недосконала, дуже крихка, злам нерівний, твердість 1,5-2. Легко плавиться, горить блакитним полум'ям з виділенням досить отруйного сірчистого газу SO₂. Утворюється в процесі вулканічних вивержень, вивітрювання сульфатів (особливо гіпсу) та сульфідів. Райони залягання Прикарпаття (Роздол, Язів), Крим. Використовують у хімічній (найперш, виробництво сірчаної кислоти), целюлозно-паперовій, сірниковій, шкіряній та багатьох інших галузях промисловості, а також для виробництва вибухівки, отрутохімікатів, фарб, гуми тощо.

Клас сульфідів об'єднує понад 350 мінералів, які утворилися в природі шляхом сполучення металів із сіркою, іноді з миш'яком, селеном чи сурмою. Грою барв та яскравим блиском сульфідні мінерали виділяються серед інших. Вони не є породоутворюючими мінералами, однак їх поліметалеві руди – головне або єдине джерело дуже цінних металів: міді, свинцю, цинку, ртуті, срібла, миш'яку, галію, індію та інші – завдяки парагенезу. Як правило, сульфідів мають низьку твердість, але відносно високу питому вагу (5-8 г/см³). Найпоширенішим мінералом даного класу – є пірит.

П і р и т FeS₂ – хімічний склад: Fe – 47, S – 53% з домішками миш'яку, кобальту, нікелю, марганцю, зрідка – благородні метали. Кристали кубічні, на гранях добре видно поперечну штриховку. Агрегати у вигляді суцільної зернистої маси. Колір латунно-жовтий, риска чорна з деяким бурувато-зеленуватим

* октаедр – 8-мигранник з гранями у формі однакових правильних трикутників

відтінком. Блиск металічний, непрозорий. Злам нерівний, черепашковий, спайність недосконала, крихкий, твердість 6-6,5. Іскрить під час удару об сталевий предмет. Утворюється з магматичних порід, у гідротермах, вулканогенно-осадочним шляхом. Поліморфна різновидність піриту $\text{m a p k a z и т FeS}_2$ – мінерал багато в чому схожий на пірит, хіба що кристали таблитчасті, ниркоподібні, часто ускладнені двійниками; агрегати у вигляді радіально-променевих конкрецій, гребінчастих зростків чи ниркоподібні. На колір блідніший піриту, свіжий злам на повітрі швидко тускніє. Використовують пірит для виробництва сірчаної кислоти, подекуди попутно з нього видобувають селен і талій. Місцевиявлення на Донбасі, середнє Придніпров'я, в Карпатах.

Х а л ь к о п і р и т CuFeS_2 – хімічний склад: Cu – 34, Fe – 31, S – 35%. Халькопірит основна руда міді. Кристали рідкісні тетраедри або пірамідки часто здвоєні зі складною дрібною штриховкою. Агрегати здебільшого у вигляді суцільних мас або крапель, прихованокристалічні. Колір золотистий, латунно-жовтий, часто з побіжалістю, риска чорна із зеленуватим відтінком, непрозорий. Блиск металічний, злам нерівний, спайність цілком недосконала, крихкий. Твердість 3-4, дряпається голкою, – діагностична ознака, що відрізняє його від піриту. В умовах земної поверхні халькопірит нестійкий. Найвідоміші продукти його вивітрювання лазурит $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ – еталон синього та малахіт $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ – еталон зеленого кольору. Походження здебільшого магматичне і гідротермальне в асоціації з іншими сульфідами, кальцитами або з кварцом. Райони видобутку: Донбас, Закарпаття (Чивчинські гори) та ін. Застосування: серед металів (після срібла) мідь має найменший опір, завдяки чому незамінна в електротехніці; для виготовлення фунгіцидів, зокрема, мідного купоросу $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; для виготовлення різноманітних сплавів, зокрема бронзи (Cu+Sn 8-10%), латуні (Cu+Zn до 38%), мельхіору (Cu+Ni 29-33%), нейзильберу (Cu+Ni 11-17%+Zn 18-22%) – сріблястого сплаву стійкого до органічних кислот та розчину солей з якого виготовляють медичний інструмент, посуд, художні вироби тощо.

С ф а л е р и т ZnS – головний рудний мінерал цинку. До складу сфалериту, як поліметалічної руди, майже завжди входить залізо (іноді до 20%), а ще марганець, кадмій, мідь, срібло, свинець, індій, галій, ртуть, що впливає на його колір та густину. Поодинокі кристали тетраедричні з трикутною штриховкою, агрегати у вигляді зернистих мас. Колір від чорного до коричневого та медового у беззалізного сфалериту – клейофану; риска біла, жовта або коричнева. Блиск алмазний, іноді сильнометалічний. Спайність досконала в 6 напрямках по гранях ромбододекаедра,* крихкий, злам нерівний, твердість 3,5-4. Походження гідротермальне, пневматолітове. Поширення: Донбас, Приазов'я, Закарпаття. Отриманий із сфалериту цинк у великій кількості витрачається на антикорозійне покриття залізних виробів, на виробництво латуні, для виготовлення акумуляторів, білил тощо.

Г а л е н і т PbS – найважливіша руда свинцю, попутно з якої виплавляють до 40% видобутого у світі срібла. Кристали здебільшого кубічні, октаедричні; агрегати – суцільні зернисті маси. Колір свинцево-сірий, блиск металічний, на свіжих поверхнях сильний. Риска сірувато-чорна. М'який, твердість 2-3, крихкий, при ударі розпадається на блискучі кристалики. Спайність досконала у 3-х взаємно перпендикулярних напрямках; злам ступінчастий, не просвічується. Походження гідротермальне в асоціації зі сфалеритом, сріблом (до 2%), кварцом, часто з кальцитом. Райони поширення ті ж, що й для сфалериту. Застосування: виробництво акумуляторів, підшипників, ізоляції для кабелю, виготовлення кришталевих виробів, для захисту від іонізуючої радіації та ін. Свинцевий пил, сполуки свинцю дуже отруйні, здатні нагромаджуватися в організмі.

К і н о в а р HgS – майже єдиний мінерал для отримання ртуті. Кристали ромбодричні, малопоширені; агрегати у вигляді зернистих мас та крапель. Колір від малиново-червоного до коричнево-червоного, риска кармінова. Блиск напівметалевий або алмазний. Злам нерівний, спайність досконала, крихкий, твердість низька – 2-2,5. Типовий низькотемпературний гідротермальний мінерал, поширений в країнах недавно згаслого вулканізму; в Україні на Донбасі (Микитівське родовище де вміст кіновару сягає 86%), деінде у Закарпатті, в Криму. Застосування: під час виготовлення різноманітних вимірювальних приладів, ламп освітлення, отримання хлору, амальгам – сплавів або розчинів металів з ртуттю, золотом, для добування благородних металів, у минулому для амальгамування золотом куполів. Пари ртуті дуже отруйні!

Клас оксиди та гідроксиди. Мінерали цього класу – прості сполуки різних металів з киснем. В їх кристалічних структурах іони металів (катіони) за розміром значно менші за іони кисню, а отже структурно щільно упаковані. Мінерали з такою кристалічною структурою відзначаються високою твердістю. Гідроксиди утворюються здебільшого внаслідок взаємодії оксидів з водою де гідроксильна група $(\text{OH})^-$ повністю чи частково заміщує в них іон кисню. Клас нараховує до 250 мінеральних видів, що загалом складає 17% речовини земної кори, з яких майже 13% приходить на кварц і його різновиди, 4% – переважно на оксиди заліза. Мінерали даного класу – це головне джерело

* ромбододекаедр – 12-гранник з ромбовидними гранями

найвживаніших металів: заліза, алюмінію, марганцю, титану, хрому, олова та таких рідкісних елементів як урану, торію, вольфраму, ніобію, танталу, церію та ін. За винятком оксидів кремнію, алюмінію і магнію, мінералам цього класу властивий темний колір, сильний блиск, значна твердість і тугоплавкість. Характеризуючи даний клас мінералів не можна незгадати про найдивовижнішу на Землі речовину – воду, зокрема про лід.

Л і д H_2O – вода у твердому, кристалічному й аморфному стані. Монокристали шестигранні призми; агрегати злиті, дрібнокристалічні, дендрити. У куску лід безбарвний, прозорий; блиск скляний, у дрібних кристалів алмазний. Крихкий, питома вага $0,9 \text{ г/см}^3$, твердість 1,5. Погано проводить тепло. Величезні запаси прісної води у вигляді льоду зосереджені в Антарктиді та Гренландії (до 30 млн.км³).

К в а р ц SiO_2 – кристалічна модифікація кремнезему. Поряд з водою найпоширеніший і найзагадковіший мінерал на Землі. Формально за хімічним складом кварц віднесено до оксидів, однак у структурному відношенні його можна зачислити до силікатів з каркасною будовою (Рис.8.3). Кристали – шестигранні призми, стовпчасті, іноді дипірамідальні, завершуються ромбоедрами. На гранях призм часто ледве помітна поперечна штриховка. Колір від чисто водяно-прозорого (гірський кришталь) до чорного (моріон). Колір обумовлюють хромофори або дефекти кристалічної решітки. У природі найпоширеніші агрегати кварцу молочного або тьмяно-молочного кольору, який йому надають багаточисельні мікроскопічні газово-рідинні включення. Цей різновид кварцу так і називається – м о л о ч н и й. Риски не дає. Блиск скляний, спайність відсутня, злам раковистий, твердість 7. Хімічно кварц дуже стійкий (хіба що розчиняється у плавиковій кислоті $HF \cdot nH_2O$). Кристали чистого кварцу мають чудову властивість – майже без втрат перетворювати електричну енергію у механічну і навпаки. Такі речовини називаються п'єзоелектриками. П'єзоєфект знайшов широке застосування в техніці, зокрема в роботі кварцового годинника. Чистий кварц добре пропускає ультрафіолетові промені.

Незначний вміст хромофорів у кристалічній решітці кварцу змінює його забарвлення. Відповідно розрізняють різновиди кварцу: г і р с ь к и й к р и ш т а л ь – це чисті, прозорі кристали; а м е т и с т – фіолетовий, бузково-ліловий завдяки іонам Fe, Mn (найбільш цінний ювелірний камінь в групі кварцу); ц и т р и н – медово-золотистий, жовтий; д и м ч а с т и й к в а р ц – назва говорить сама за себе; р о з о в и й к в a р ц – від світло-розового до блідо-фіолетового; м о р і о н – чорний. Походження: магматичне, як надлишковий мінерал у процесі творення граніту, метаморфічне, гідротермальне. Завдяки багатьом чудовим властивостям мінерал широко застосовують у радіотехніці та електроніці, в металургії, оптиці, скловиробництві, як будівельний матеріал тощо. Кварц, переважно у вигляді піщаних зерен, пилу, поширений практично повсюдно.

О п а л $SiO_2 \cdot nH_2O$ – вторинний оксид кремнію з добавками оксидів Fe, Ni, Cr, Cu, води до 30%, аморфний. Колір звичайних опалів білий буроватих, темно-сірих тонів, риска біла. Блиск тьмянний до воскового і перламутрового, іноді скляний. Спайність відсутня, злам черепашковий, твердість біля 3 (благородного – до 6,5), крихкий. Агрегати заповнюють різні порожнини, у вигляді прожилок, жовн, натічних мас (гейзерит).

У природі зрідка трапляються так звані благородні і вогняні опали. Особливість цих опалів у їх опалізації – мерехтінні веселкових іскринок під час обертання мінералу, що пояснюється відбиванням світла на кристалах низькотемпературної модифікації кварцу (крystalіті), занурених у кремнеземовий гель з одночасним явищем дифракції й інтерференції. Благородний опал боїться кислот та сухості повітря, а тому його треба зберігати у вологому середовищі. Вогняні опали виділяються завдяки вогняно-оранжевому кольору. Утворюється опал внаслідок хімічного вивітрювання силікатів та алюмосилікатів, про що йшлося вище, а ще, за певних обставин осаджується з води: відомо, що в Іл прісної чи морської води міститься близько 3 мг кремнію у вигляді ортосилікатної кислоти H_4SiO_4 та її солей. Кремнієва кислота найслабша із відомих, у вигляді драглистої опалової маси $SiO_2 \cdot 2H_2O$ вона випадає в осад. Ще один шлях утворення опалу – біогенно-осадочний (з діатомей і радіоларій).

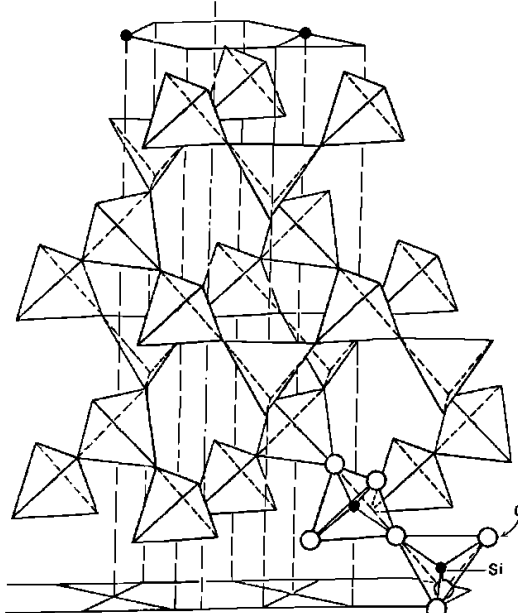


Рис.8.3. Схема з'єднань кремнеземових тетраедрів за каркасним типом.

Халцедон – прихованокристалічна різновидність кварцу, що складається з мікроскопічно-дрібних кристаликів зібраних у сфероліти. Здебільшого поширені халцедони тьмяно-білого та блакитно-сірого кольорів з восковим блиском. На просвіт каламутні, але просвічуються в тонких краях, блиск на зламі тьмянний. Злам черепашковий, нерівний. Твердість дещо нижча ніж у кварца – 6,5. Утворює натічні, ниркоподібні агрегати, конкреції. За кольором і текстурою розрізняють близько сотні відмін, зокрема: **сердолік** (карнеол) – рожево-жовтий або кизилловий; **хризопраз** – зеленого забарвлення; **плазма** – яблучно-зелений; **геліотроп** – плазма з яскраво-червоними включеннями; **стэфаник** – білий чи світло-сірий з червоними вкрапленнями; **кахолонг** – білий, щільний з перламутровим відтінком; **сапфіровий халцедон** – небесного кольору; **агат** – різнокольоровий смугастий, зонально-концентричний вигадливої текстури; **онікс** – різновид агату з молочно-білих і темно-сірих або інших яскравих смуг; **пейзажний агат** тощо. Відомі псевдоморфози по органічних залишках, а ще халцедоном виповнюються пустоти, зокрема у лавах. Походження: ендегенне (осадження кремнеземових гелів з гідротерм); екзогенне (внаслідок вивітрювання силікатів та алюмосилікатів з наступною кристалізацією кремнеземових гелів). Поширення: околиці вулкану Карадаг, Волинські базальти, Карпати.

Кремін (кремій смугастий) SiO_2 – мінеральне утворення з прихованокристалічного та аморфного кремнезему. В його складі зазвичай 90-95% халцедону, опал, глинисті мінерали, карбонати тощо. Точніше кажучи, кремій не мінерал, а опал-халцедонова осадова гірська порода. Колір здебільшого сірий, бурий, чорний, синьо-чорний. Непрозорий, злам черепашковий, за текстурою часто подібний до крупносмугастого агату; відколи з гострими ріжучими краями, твердість 7. Кремій – один з перших мінералів, що його почали використовувати люди, як підручне знаряддя праці. Завдяки кремнію та піриту первісні люди видобували вогонь. Утворюється здебільшого внаслідок діагенезу кремнієвих скелетів морського планктону, зокрема радіолярій. Особливо багато кремнію у відкладах верхньої крейди з якими він у вигляді гальки, жовен подекуди виходить на денну поверхню.

Магнетит (магнітний залізняк) Fe_3O_4 , або $(\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3)$ – важливий рудний мінерал заліза, вміст якого сягає 72%, часто з домішками TiO_2 , MgO , CaO . Кристали добре огранені октаедри, зрідка додекаедри. Основна маса рудного магнетиту – суцільні злитні або дрібнозернисті агрегати. Колір чорний, риска чорна, блиск від металічного до напівметалічного, спайності немає, злам черепашковий нерівний. Твердість 5,5-6,5. Сильно магнітний, нагрітий до 580°C магнітні властивості втрачає, однак з охолодженням вони відновлюються. Походження магматичне (в основних породах), гідротермальне, метаморфічне. Район залягання: Криворізький залізорудний басейн, Курська магнітна аномалія та ін.

Гематит (червоний залізняк) Fe_2O_3 – головна руда металу сучасності (Fe до 65%). Кристали пластинчасті, табличчасті здебільшого ускладнені скульптурами росту, зокрема двійниками, трапляються зрідка. Переважають щільні зернисті або прихованокристалічні агрегати від червоно-бурого до залізо-чорного кольору, риска вишнево-червона. Блиск напівметалічний, спайність відсутня, поверхня зламу ржавіє. Твердість 5,5-6. Походження магматичне, внаслідок окислення магнетиту, метаморфізму лімоніту. Райони залягання тіж, що і для магнетиту.

Піролюзит MnO_2 (Mn – 55-63% різного ступеня окислення) – головна руда марганцю. Кристали трапляються дуже рідко, зазвичай агрегати у вигляді землих, сажистих мас (деінде на океанічному дні значні поклади піролюзиту та заліза перебувають у вигляді конкрецій). Колір від чорного до сталевосірого, риска чорна або синювато-чорна, бруднить руки, спайність відсутня, злам нерівний, твердість непостійна – 2 - 6. Походження осадове; одночасно з піролюзитом зустрічається велика кількість (понад 40) інших оксидів та гідроксидів марганцю. Піролюзит – мінерал металургів, саме завдяки йому вдається позбутися шкідливої в розплаві сірки й отримати особливо стійкі проти спрацювання сталі: рейки, гусениці для тракторів і танків, робочі деталі каменедробилок, ескаваторів, ковадла тощо. Завдяки піролюзиту позбуваються небажаного зеленого відтінку у склі, а ще MnO_2 незамінимий під час обробки шкур, виготовлення воску, олії та ін. Великі родовища в Приазов'ї, на Донбасі.

Корунд Al_2O_3 – природний безводний глинозем. Кристали стовпчасті, табличчасті, бочкоподібні або у вигляді безформних монокристалічних зерен, вкраплених у породу. Агрегати тонкозернисті, рідкісні. Колір різноманітний, залежно від домішок, здебільшого від буровато-сірого до синювато-сірого. Блиск скляний, злам нерівний. Чистий корунд безбарвний, але з деякими хромофорами утворює найвищої проби коштовне каміння: із хромом – чисто-червоні **рубіни**, із залізом і титаном – синьоголубі **сапфіри**. Питома вага 4 г/см^3 , а за твердістю (9) корунд поступається тільки перед алмазом, крихкий. Формується корунд у бідних кремнеземом магмах, в пегматитах; під час контактного метаморфізму, зокрема за умов, коли збагачена алюмінієм силікатна інтрузія віддає $[\text{SiO}_4]^{-4}$ бідним на кремнезем оточуючим породам – вапнякам, доломітам. Зі збагачених на алюміній осадових порід під час їх метаморфозу утворюються зернисті агрегати – **наждак**: тонкозерниста сірувата суміш корунду

(до 60%) з оксидами заліза, кварцу та сульфідами. Рубін застосовують у квантовому генераторі (лазері); наждак – для виготовлення різноманітних точил. Рубіни та сапфіри нині вирощують штучно, промислово – наждак.

І л ь м е н і т FeTiO_3 – титановий залізняк ($\text{FeO} - 47$, р у т и л $\text{TiO}_2 - 53\%$), склад не постійний, оскільки Fe ізоморфно заміщається Mg і Mn. Кристали таблитчасті, багатогранні; агрегати здебільшого зернисті маси чорного кольору з напівметалічним або металічним блиском, деколи із синьою побіжалістю. Непрозорий, риска чорна, іноді червоно-бура. Спайності немає, крихкий, твердість 5-6. Слабомагнітний. Ільменіт, поряд з рутилом – основна руда титану. Титану властива легкість (він усього у 1,5 рази важчий алюмінію), одночасно він дуже тугоплавкий (плавиться при 1665°C), що робить його незамінним металом у літако- і ракетобудуванні. Титану властива велика антикорозійність, а тому він чудовий метал для виробництва корпусів кораблів, підводних човнів тощо; найкращі білі фарби – титанові білила – також виготовляють на основі титану. Райони залягання зв'язані з виверженими породами типу габро, зокрема в межах УКЩ на Житомирщині (Іршанське родовище), Дніпропетровщина.

Клас силікати й алюмосилікати. Силікати й алюмосилікати в мінеральному царстві займають виключно важливе місце. Цей клас об'єднує до третини всіх відомих мінеральних видів (понад 1300), багато з яких є породоутворюючими. Силікати й алюмосилікати (поряд з кварцом) – це основні компоненти ґрунту, сировина для виробництва цементу, цегли, дорожно-будівних та інших матеріалів.

Особливістю мінералів цього класу є те, що головні їх хімічні складові – кисень, кремній та алюміній – ідеально поєднуються між собою, утворюючи міцну та винятково симетричну просторову конструкцію у вигляді кремне- та алюмокисневих тетраєдрів. Йдеться про те, що центри іонів кисню формують 4 вершини тетраєдра, а іон Si^{4+} знаходиться в центрі цього чотиригранника (Рис.8.4).

Таке з'єднання передають формулою $[\text{SiO}_4]^{4-}$. Маючи чотири вільні валентності, такий кремнекисневий тетраєдр здатний приєднувати інші хімічні елементи або радикали, зокрема, собі подібні.

Щодо будови алюмосилікатів, то, як з'ясувалося, радіус іона Al^{3+} за розміром близький до Si^{4+} , а тому іон Al^{3+} (деінде V^{3+}) спроможний входити натомість кремнію у тетраєдр (явище ізоморфізму). Отже, поряд з кремнекисневими тетраєдрами утворюються алюмокисневі. Мінерали в структурі яких кремнекисневі тетраєдри чергуються з алюмокисневими, називаються *алюмосилікатами*.

Мережа, зі з'єднаних між собою тетраєдрів – її ще називають мотивом – може набувати найрізноманітніших форм. Саме характер мотивів лежить в основі сучасної класифікації силікатів. Розрізняють наступні типи з'єднань (підкласи): острівні; кільцеві; ланцюжкові; стрічкові; шаруваті (листуваті) та каркасні силікати.

Острівні силікати – кристалічні структури острівних силікатів складаються з ізольованих кремнекисневих тетраєдрів, зрівноважених оточуючими їх катіонами металів.

О л і в і н $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$ – фактично ізоморфна суміш двох мінералів: ф о р с т е р и т у $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ і ф а я л і т у $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$, належить до так званих первинних, породоутворюючих мінералів, тобто таких, що викристалізувалися з основної магми. Кристали короткопризматичні, малопоширені; агрегати суцільні зернисті, щільні. Колір оливково-зелений, бурий до темного, риски не дає. Блиск скляний, спайність недосконала, злам нерівний, зернистий, слабо просвічується. Твердість 6,5-7. Поширений в межах УКЩ. Олівін – високоякісна сировина для виготовлення вогнетривкої цегли. Прозорі зеленкуватого забарвлення кристали олівину (х р и з о л і т) – дорогоцінне каміння.

Т о п а з $\text{Al}_2[\text{SiO}_4](\text{F}, \text{OH})_2$ – кристали здебільшого зустрічаються у вигляді правильно огранених призм, пінакоїда,* часто з вертикальною штриховкою на гранях; деінде кристали великі. Агрегати з неправильних зерен, часто друзи. Колір – нижніх тонів: коньячний, золотистий, рожевий, голубий, водянистий тощо; іноді секторіально пофарбований. Колір обумовлений дефектом кристалічної структури, зрідка хромофорами: титан дає голубий відтінок, титан і ОН-іон – рожевий, залізо і хром –

* пінакоїд – проста кристалографічна форма, що складається з двох однакових паралельних граней

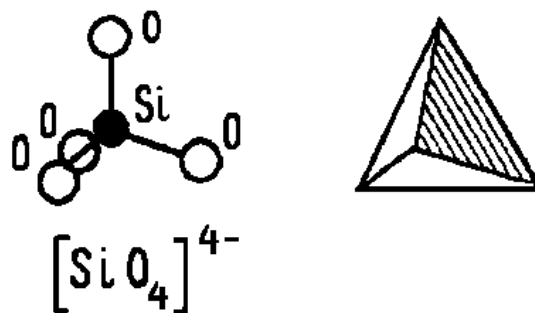


Рис.8.4. Графічне і об'ємне зображення кремнеземового тетраєдра.

вишневий. На світлі колір легко знебарвлюється. Блиск скляний, спайність досконала, крихкий (чутливий до удару!), злам раковистий, твердість 8. Походження пегматитове та гідротермальне. Топаз – мінерал, що утворився в пегматитах і грейзенах УКЩ у пізньому протирозої. Родовища обмежені (Житомирщина, Приазов'я). Застосування: як коштовний камінь, виготовлення вогнетривів, завдяки твердості у техніці.

Г р а н а т. Під цією називою об'єднано понад 30 видів мінералів, в основному силікатів кальцію, магнію, заліза, алюмінію, мрганцю, хрому, титану іони яких здатні заміщувати один одного. Колір гранатів відзначається стійкістю й різноманітністю (окрім синього), зокрема: яскравий темно-червоний – п і р о п $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$; червоно-вишневий – а л ь м а н д и н $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$; зеленувато-жовтий – г р о с у л я р $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$; смарагдовий – у в а р о в і т $Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$. Кристали ромбододекаедричні, чітко виражені. Здебільшого, але не завжди, гранати непрозорі, блиск скляний, спайності немає, злам нерівний, крихкий, твердість 7. Взірцевий ювелірний камінь за кольором та блиском, а ще гранати не вибагливі до умов зберігання, не реагують на кислоти. Походження магматичне, метаморфічне; в метаморфічних породах, зокрема в деяких глинистих гнейсах, амфіболітах гранат породотворюючий мінерал. В Україні деінде у Придніпров'ї, Приазов'я та Закарпатті.

Кільцеві силікати. Кремнекисневі тетраедри (від 3 до 6) в цих силікатах з'єднані між собою так, що утворюють замкнені кільця (Рис.8.5).

Наприклад, у берила кожен такий мотив з поворотом на 25° розміщується один над одним, створюючи відповідно 6 паралельних колонок. Між собою мотиви і колонки “зшиваються” катіонами берилу й алюмінію. Така структура обумовлює форму кристала у вигляді гексагональної призми. Кристали кільцевих силікатів характеризуються високою твердістю.

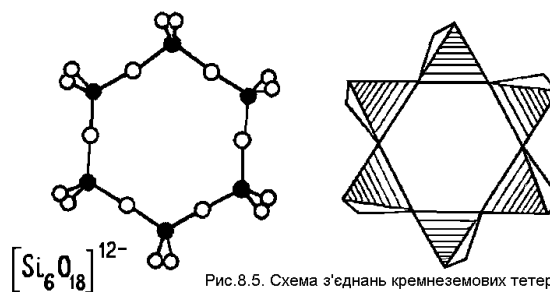


Рис.8.5. Схема з'єднань кремнеземових тетраедрів за кільцевим типом.

Б е р и л $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$, однак склад завдяки домішкам Na, Cs, Li, Mn, Fe, Cr значно складніший. Агрегати: суцільні зернисті маси. Кристали звичайного рудного берилу непрозорі, непоказисті на колір, різні за формою, однак привертають увагу чіткістю своїх форм із поздовжньою штриховкою; блиск скляний, злам нерівний, твердість 7,5-8.

Зовсім по-іншому виглядають прозорі різновиди благородного берилу. Найвідомішими серед них є аквамарин та ізумруд. Кристали а к в а м а р и н у (морська вода) шестигранні добре огранені видовжені призми; на колір небесно-голубі, зеленувато-голубі (хромофор Fe) від прозорих до замутнених. І з у м р у д – один з небагатьох цінних ювелірних каменів. Колір смарагдовий різної інтенсивності. Крихкий! Походження: пегматитове, гідротермальне (ізумруд), в грейзенах. Із берилієвих силікатів добувають берилій. Берилій незамінимий метал у літако- і ракетобудуванні та багатьох інших виробництвах. Адже берилій, будучи на третину легшим за алюміній, одночасно дуже твердий і тугоплавкий; міцність його така, що дротина з берилію товщиною 1 мм витримує на розрив до 60 кг.

Т у р м а л і н $(V, Li, Mn, Fe, Mg, Al)[Si_6O_{18}](BO_3)_3(OH \cdot F)_3$ – складний за будовою і хімічним складом боросилікат. Кристали зазвичай витягнутопризматичні, на поверхні чітка поздовжня штриховка, у перетині – часто трикутник опуклої форми; трапляються радіально-променистої форми. Забарвлення – дуже багатий спектр кольорів, зумовлений складним хімічним складом завдяки іонами-хромофорами. Кристалам, здебільшого, властивий виражений зональний розподіл кольорів, чіткий плеохроїзм – зміна забарвлення кристала у світлі зі зміною кута зору, – що є діагностичною ознакою турмаліну. Блиск скляний, спайність відсутня, злам нерівний, твердість 7,5. Крихкий. Під час нагрівання або тертя статично електризується. Відомо до десятка різновидів турмаліну, серед них – ш е р л, найпоширеніша чорного кольору відміна.

Походження пегматитове, пневматолітове і гідротермальне. Виявляється в межах УКЩ (Приазов'я, Полонне-Баранівське поле).

Ланцюжкові силікати (піроксени) – група Mg і Fe-вмістних породотворюючих мінералів (авгіт, гіперстен, енстатит, діопсид, жадеїд та ін.). В структурі ланцюжкових силікатів кремнекисневі тетраедри з'єднуються один з одним вершинами через два спільні іони кисню, утворюючи нескінченний ряд – ланцюг (рис.8.6).

Елементарна ланка в ланцюгу – аніонна група $[Si_2O_6]^{4-}$ яку з боків

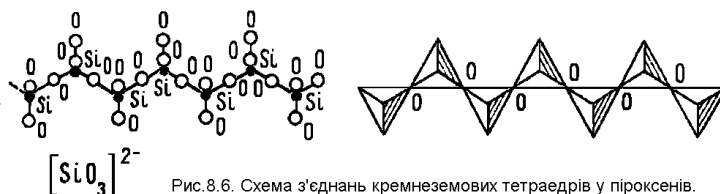


Рис.8.6. Схема з'єднань кремнеземових тетраедрів у піроксенів.

урівноважують катіони Ca, Mg, Fe, Na, Al, Li, Ti та ін. Структурний мотив обумовлює призматичний, голчастий габітус кристалів піроксенів, а також досконалу спайність в кристалі у двох напрямках під кутом близьким 90°. В корі вивітрювання нестійкі.

А в г і т Ca(Mg,Fe)[Si₂O₆] – силікат кальцію, магнію і заліза (хімічний склад катіонів різноманітніший). Кристали короткостовпчасті, восьмигранні. Агрегати: у вигляді вкраплень в магматичних породах, іноді суцільні зернисті маси. Колір від темно-зеленого до чорного, риска сірувато-зелена або сіра, непрозорий. Блиск скляний (сильний на площинах спайності), спайність досконала, злам нерівний, твердість 6. Походження магматичне, метаморфічне. Породоутворюючий мінерал основних і ультраосновних магматичних порід. Поширений в межах УКЩ, зокрема на Волині (Коростенський плутон). Застосовують як будівельний матеріал.

Г і пер ст е н (Mg, Fe)[Si₂O₆] у складі мінералу понад 14% FeO. Колір темно-зелений, бурий до чорного. На свіжому зламі спостерігається характерний металопоподібний відблиск. Твердість 5-6. Породоутворюючий мінерал у вигляді агрегатів в основних вивержених гірських породах.

Стрічкові силікати (амфіболи) – ще одна група поширених породоутворюючих мінералів – кремнекисневих сполук Mg, Fe Ca у меншій мірі Al, а також OH, F, Cl. В основі кристалічної структури амфіболів, як і в усіх силікатів, лежать кремнекисневі тетраедри. Такі тетраедри поєднані між собою через 2 або 3 спільні іони кисню, створюють мотив у вигляді безперервної стрічки на зразок застіжки (рис.8.7).

Іншими словами, в амфіболах мотив складається з двох кремнекисневих ланцюгів, а не одинарних, як у піроксенів. Основне угруповання в такій стрічці [Si₄O₁₁]⁶⁻, причому, при кожному такому радикалі в структурі обов'язкова присутність (OH)₂⁻ або

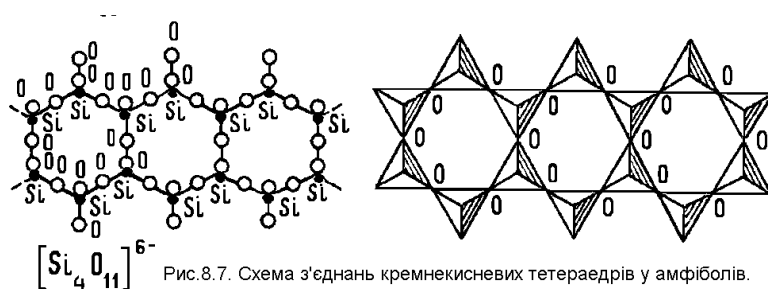


Рис.8.7. Схема з'єднань кремнекисневих тетраедрів у амфіболах.

F⁻ чи Cl⁻. Характерним для амфіболів є те, що за формою їх кристали у поперечному перерізі шестигранні (у піроксенів, як відомо 8-гранні), а ще – їх довжина у 6-8 разів перевищує їх ширину, тоді як у піроксенів всього у 2-3 рази. Площини спайності в амфіболів перетинаються під кутом 120°. В процесі вивітрювання амфіболи перетворюються в монтморилонітові глини, карбонати, гідроксид заліза, хлорит, опал.

Р о г о в а о б м а н к а (Ca₂Na)(Mg,Fe)₄Al[Si₄O₁₁]₂(OH,F)₂ – хімічний склад за рахунок елементів-домішок набагато складніший, непостійний. Кристали призматичні, стовпчасті, характеризуються досконалою спайністю у двох напрямках, що пересікаються під кутом 124°; агрегати: від дрібно- до крупнозернистих, волокнисті маси. Колір від темно-зеленого до чорного, часто тьмяний з характерним для рогів полиском, риска зеленувато-бура. Спайність досконала, злам нерівний, скалкуватий, твердість 5-6. Породоутворюючий мінерал магматичних порід УКЩ.

Шаруваті (листоподібні) силікати й алюмосилікати. У багатьох силікатних мінералах іони Si⁴⁺ в кремнекисневих тетраедрах заміщені іонами Al³⁺. Кремнекисневі як і алюмокисневі тетраедри здатні з'єднуватись поміж собою трьома своїми вершинами, утворюючи площинні листоподібні мотиви на зразок тих, що показані на рисунку 8.8.

Основне угруповання мотиву в шаруватих силікатах [Si₂O₅]²⁻, а у алюмосилікатах – [AlSi₃O₁₀]⁵⁻. Останній утворюється внаслідок заміщення в шаруватому силікаті [Si₂O₅]⁴⁻ чверті атомів кремнію на атоми алюмінію, що і веде до утворення шаруватої структури типу [AlSi₃O₁₀]⁵⁻.

Силікатні мотиви, як листки в стосі, розташовуючись один над одним, зв'язуються поміж собою катіонами Mg та гідроксильною групою (OH). Шаруваті силікати утворюються метаморфічним шляхом.

Шаруваті алюмосилікатні мотиви побудовані дещо складніше, щось на зразок бутерброда, – із двох тетраедричних шарів [AlSi₃O₁₀] і розміщеним поміж ними октаедричним шаром із катіонів Mg, Al, Fe,

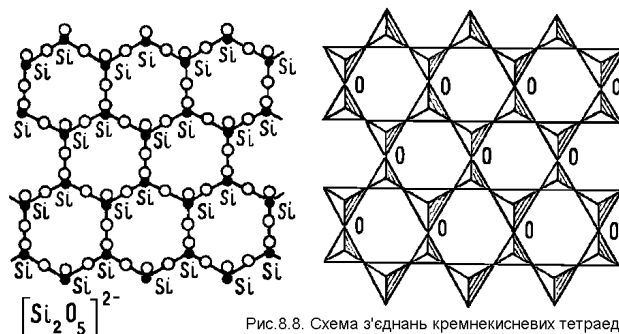


Рис.8.8. Схема з'єднань кремнекисневих тетраедрів у шаруватих силікатах.

Li та аніона (OH)⁻. Така структурно-просторова одиниця називається пакетом. Пакети, у свою чергу, зв'язуються поміж собою катіонами великого радіусу – зазвичай K. Міжпакетні зв'язки слабкі, тому шаруваті силікати легко розчепляються (тобто, їм властива цілком досконала спайність), водночас вони зберігають гнучкість, пружність і міцність.

Т а л ь к $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$ – вторинний шаруватий силікат магнію де Mg може заміщуватися на Fe, Ni, Al, Cr. Кристали таблитчасті, трапляються зрідка. Агрегати у вигляді лускатих або суцільних тонкозернистих щільних мас. На дотик жирний. Колір сірувато-білий, блідо-зелений, риска біла, товста. Блиск скляний з перламутровим полиском. Спайність дуже досконала в одному напрямку. М'який, твердість 1. Метаморфічного походження; поширений в межах УКЩ. Використовується в гумовій, паперовій промисловості, медицині, а також в якості кислото- і вогнетривкого матеріалу.

С е р п е н т и н, або змійовик $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$, – типовий вторинний мінерал гіпергенного вивітрювання олівіну. Зустрічається у вигляді потаємнокристалічних агрегатів (тонковолокнисту різновидність називають *азбестом*). Колір від світло-зеленого до темно-зеленого, плямистий. Риска біла або зеленувата. Блиск жирний, восковий, шовковистий. Злам нерівний, черепашковий, у азбеста скалковий з дуже досконалою спайністю, твердість 3-4. Місця вияву тяжіють до основних порід. Застосовують для виготовлення вогнетривкої глини, тканин, шиферу.

До шаруватих алюмосилікатів відносяться **с л ю д и** – поширена група породоутворюючих мінералів. Характерна ознака слюд – дуже досконала спайність в одній площині, по пінакоїду, а також те, що пластинки слюд, у порівнянні з іншими слюдоподібними мінералами (наприклад, хлоритами), гнучкі (не ламаються під час їх згинання до 30-45°) і пружні – після згинання розпрямляються. Більшість слюд магматичного походження, тобто первинні мінерали, тоді як метаморфічні за похолодженням – вторинні. Поширені слюди в межах УКЩ, особливо в пегматитах. Слюди легко піддаються процесу вивітрювання, започатковуючи групу глинистих мінералів.

Б і о т и т $K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$ – магнієво-залізіста, найпоширеніша серед слюд. Кристали дуже рідкісні, залягає переважно у вигляді таблитчасто-пластинчастих мас. Колір бурий, темно-зеленкуватий, чорний. Просвічується тільки в тонких пластинках. Риска біла. Спайність дуже досконала, твердість 2,5. Блиск скляний або перламутровий; на вивітрених поверхнях набуває золотисто-сріблястого забарвлення з металоподібним блиском (“котяче золото”). Розчиняється у міцній сірчаній кислоті.

М у с к о в і т $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$ – калієво-алюмінієва слюда. Тонкі листочки мусковіту прозорі, на колір безбарвні; колір в куску сіруватий із шовковистим зеленувато-жовтуватим відтінком. В кислотах не розчиняється. За іншими властивостями близький до біотиту. Використовується в радіоелектроніці як електроізолятор, для виготовлення вогнетривів.

Х л о р и т и $(Fe,Mg,Al)_6[(Si,Al)_4O_{10}](OH)_8$ – збірна назва групи шаруватих силікатів, схожих на вид і близьких за хімічним складом. Колір зеленуватий різних відтінків з перламутровим полиском. Агрегати листуваті, лускаті, суцільні маси. Спайність цілком досконала; лусочки у хлоритів гнучкі, але непружні, твердість 2-2,5. Утворюються хлорити здебільшого метаморфічним шляхом, їм властивий широкий ізоморфізм Si та Mg на Al. Породоутворюючий мінерал зелених сланців. Хлорити у верхній корі вивітрювання нестійкі і швидко руйнуються, переходячи в глинозем, карбонати, оксиди заліза. Райони залягання: Донбас, Криворіжжя, Приазов'я.

Каркасні алюмосилікати. Якщо в процесі утворення мінералів алюміній заміщає до половини атомів кремнію в структурі $[Si_2O_5]^{4-}$, то такі мінерали називаються польовими шпатами. Надлишковий відемний заряд, що виникає внаслідок такого заміщення, здебільшого компенсується катіонами K^+ , Na^+ , Ca^{2+} . Характерним для цих мінералів є тривимірний спосіб поєднання поміж собою алюмокремнекисневих тетраедрів, з утворенням об'ємного мотиву в якому тетраедри позціплювані всіма чотирма вершинами (через всі іони кисню). З погляду кристалохімії – це каркасні алюмосилікати K, Na, Ca. Переважно це первинні мінерали, такі, що пов'язані з магматизмом, тобто – породоутворюючі, однак є такі, що утворюються внаслідок метаморфізму гірських порід.

Їх прийнято поділяти на дві групи: польові шпати і фельдшпатоїди.

Польові шпати (КШ) – найпоширеніші в земній корі мінерали (до 50% за масою і 60% за об'ємом). Їм властива компактна структура. Обмінні катіони в каркасі польових шпатів розташовані у порівняно невеликих порожнинах у щільному оточенні іонів алюмокремнекисневих каркасів. Такий тісний контакт катіонів з основними радикалами призводить до того, що у польових шпатів обмін Ca на Na і K обов'язково викликає зміну пропорції Si і Al. Залежно від того, які обмінні катіони містяться у складі польових шпатів, останні розподіляються на калієві польові шпати (ортоклаз, мікроклін) та натрієво-кальцієві, або плагіоклази. У процесі вивітрювання польових шпатів утворюються, як відомо, глини й кремнезем.

Калієві польові шпати (КПШ): ортоклаз та мікроклін – їх загальна формула $K[AlSi_3O_8]$ – породоутворюючі мінерали гранітів, діоритів, базальтів та інших магматичних порід. Кристали таблитчасті, призматичні, крупні, добре огранені, часто здвоєні. Агрегати крупнокристалічні, зернисті. Колір слонової кістки, жовтуватий, кремовий, м'ясо-червоний, риска біла. Блиск скляний, спайність досконала у двох напрямках: в ортоклазу під кутом 90° (звідси назва мінералу), тоді як у мікрокліну – всього на $< 20'$ від прямого, що також відображено у назві мінералу. Злам східчасто-нерівний на площинах спайності перламутровий, твердість 6. Кристали мікрокліну зеленого, голубовато-зеленого забарвлення, називаються амазонітом; ніжно-золотисті прозорі й напівпрозорі кристали, називаються адуляром – все це коштовне каміння. Так, адуляр, якому властива опалесценція (явище м'якого розсіювання світла) йде на виготовлення ювелірних місячного та сонячного каменів.

Плагіоклази – мінерали, що є ізоморфною сумішшю альбіту $Na[AlSi_3O_8]$ й анортиту $Ca[Al_2Si_2O_8]$ (візуально розрізнити альбіт від анортиту складно). Кристали у вигляді ромбічних призм і пінакоїдів, складаються із тонесеньких пластинок здебільшого полісинтетично зрощених, агрегати щільні. Колір білий, сірувато-білий, рожево-сірий, безколірові. Риска біла. Блиск скляний, у альбіта на площинах спайності перламутровий. Непрозорі. Спайність досконала у двох напрямках під кутом 86° (звідси назва плагіоклаз – косо сколотий). Злам східчасто-нерівний, крихкий, твердість 6. Плагіоклази головні породоутворюючі мінерали гранітів, особливо групи габро та базальтів. Поширення: УКЩ (Запоріжжя); використовуються у керамічній галузі.

Лабрадор – плагіоклаз, ізоморфна суміш альбіту (30-50%) та анортиту (50-70%). У природі, здебільшого, зустрічається у вигляді крупнозернистих агрегатів. Колір від димчасто-сірого до темно-синього та чорного, з характерною іризацією в синьо-зеленуватих іноді золотистих тонах. Риска біла, непрозорий. Блиск скляний, спайність досконала, твердість 6. Породоутворюючий мінерал основних магматичних порід, зокрема габро. Сандіні – різновид ПШ – твердий розчин (100-37%) $K[AlSi_3O_8]$ – $Na[AlSi_3O_8]$. Місцезнаходження: УКЩ (Житомирщина, середнє Придніпров'я).

Фельдшпатоїди – група лужних породоутворюючих мінералів за складом близьких до польових шпатів, але, у порівнянні з ними, недонасичені кремнеземом – кварцу вони не містять. Для фельдшпатоїдів властиве додаткове входження в їх структуру аніонів Cl , CO_3 , SO_4 , S , іноді H_2O . В основних гірських породах (бідних на кремнезем) вони замінюють польові шпати. Головні мінерали: нефелін, лейцин, содаліт та ін. В зоні вивітрювання нестійкі, швидко перетворюються на каолініт, гідрослюди, аморфні сполуки алюмінію та кремнію.

Нефелін $KNa_3[AlSi_4O_{14}]$ – кристали невизначеної форми, зустрічається у вигляді суцільних безформних зернистих мас у лужних вивержених породах (нефелінових сієнітах). Безбарвний або світло-сірого кольору з жовтуватим, буруватим відтінком. Риска біла, блиск скляний, на зламах жирний, тому нефелін іноді називають масляним каменем. Ще одна характерна ознака – занурений в міцну кислоту нефелін з поверхні стає матовим, ніби його оповила хмарка. Злам плоско-черепашковий, спайність недосконала, твердість 5-6. Поширений в межах УКЩ, Приазов'я. Нефелін – важлива руда алюмінію, з нього виготовляють технічну соду, у сільському господарстві для роскислення торфових ґрунтів.

В процесі вивітрювання алюмосилікати зазнають різного ступеня змін внаслідок чого виникають нові або вторинні мінерали. Досягши розмірів 0,01-0,001 мм, а третина з них і того менше, вони перетворюються на так звані *пеліти* тобто глинисті мінерали. Термін “глина” не має загальноприйнятого визначення. Хімічний склад їх непостійний, особливо трудноототожнювані видозмінені слюди під загальною назвою *літи*, які здебільшого представлені гідрослюдами. *Гідрослюди* – видозмінені слюдисті мінерали, проміжний продукт поетапного переходу в процесі гіпергенезу різних слюд у каолін, гідроксида заліза, магнею та кремнезем. Вивчення глинистих мінералів далеке від завершення.

Глини характеризуються низькою твердістю, у вологому стані вони м'які, у воді набухають. Мінерали цієї групи відіграють особливу роль у ґрунтоутворенні, оскільки обумовлюють їх вбирну здатність, впливають на фізичні і фізико-хімічні властивості ґрунту, на нагромадження в ньому гумусу. Найпоширеніші глинисті мінерали:

гідромусковіт (іліт) $(K,H_2O)Al_2[Al,Si_3O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$, сріблясто-білого, зеленуватого забарвлення; або ще одина гідрослюда

глауконіт $(K,H_2O)(Fe,Mg,Al)_2-3[AlSi_3O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$ (води до 13%), колір буро-зелений;

вермикуліт $(Fe^{2+},Fe^{3+},Mg)_3[AlSi_3O_{10}](OH)_2 \cdot 4H_2O$ – жовтувато-бурий;

монтморилоніт $(Ca,K,Na)(Mg,Al,Fe)_2[Al_2Si_4O]_2(OH)_2 \cdot nH_2O$ – білий з сіруватим іноді синюватим відтінком;

к а о л і н і т $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ – водний силікат алюмінію, містить 40% Al_2O_3 , 46 SiO_2 і 14% H_2O . Агрегати білого кольору, часто з жовтуватим, червонуватим, зеленкуватим відтінком, блиск матовий. Каолініт присутній у складі більшості глин. Під час зволоження сприяє просіданню лесової товщі;

х л о р и т и – складні водні силікати, зеленуваті на колір теж присутні у глинах.

Завершуючи короткий мінералів класу алюмосилікати не можна не згадати про цеоліти – мінерали, що утворилися в місцях значного, а часто тривалого магматизму – виверження базальтової лави з утворенням туфів. *Цеоліти* – це вторинні за походженням водні алюмосилікати здебільшого Na , Ca , K , B , Sr в структурі (мотиві) яких наявні “тунелі”, завдяки чому вони здатні поглинати розчинені, наприклад у воді, отруйні речовини. У подальшому такі шкідливі сполуки з цеолітів, шляхом нагрівання, відносно легко видалити, тим самим відновивши їх корисну властивість, як то – “молекулярних сит”. Родина цеолітів об’єднує понад 30 мінеральних видів: стильбіт $NaCa_2[Al_5Si_{13}O_{36}] \cdot 14H_2O$, натроліт $Na_{16}[Al_{16}Si_{24}O_{80}]_{16} \cdot H_2O$, шабазит, ломонтит, клиноптиоліт та ін. Натроліт у вигляді білих, жовто-розових тощо кольорів, прозорий з перламутровим відтінком деінде заповнює сітку дрібних прожилок в гідротермально змінених базальтах (с.Берестовець на Рівненщині). Під час нагрівання цеолітам властиво роздиратись, звідси назва (від грец. “цео” – кипіти, “літос” – камінь). Місцезнаходження: трапові формації базальтів на Рівненщині, Закарпаття. Волинські цеоліти містять значну кількість різноманітних мікроелементів тому їх застосовують як корисні добавки до раціону тварин.

Клас карбонати. Мінерали, що входять до цього класу, є солями вугільної кислоти. Більшість карбонатів утворилася осадочним шляхом. Відомо, що значна кількість морських організмів здатна вбирати карбонатні іони з води, використовуючи їх для створення черепашок, скелетів тощо. Тому не дивно, що упродовж тривалого часу саме в морях нагромадились потужні товщі карбонатів. Вапняки, зокрема крейда, є найпоширенішими породами даної групи де головним мінералом є кальцит. Спільна властивість карбонатів – їх невисока твердість, а також активна взаємодія з розведеною соляною кислотою, що супроводжується бурхливим виділенням CO_2 .

К а л ь ц и т $CaCO_3$ – головний породоутворюючий мінерал вапняків, крейди, мармуру та мергелю. Містить 56% CaO та 44% CO_2 часто з домішками Mg, Fe, Mn, Zn та інших елементів. За поширенням в земній корі кальциту належить третє місце після польових шпатів і кварцу. Фома кристалів різноманітна (розрізняють сотні форм, дуже поширене двійниковання), частіше інших трапляються призматичні і таблитчасті. Крім добре огранених кристалів у вигляді друз, поширені зернисті, землісті та натічні маси, зокрема сталактити і сталагміти. Мінерали безкольорові, білі, сіруваті, домішки надають йому різних відтінків. Риска біла, блиск скляний. Безбарвні, прозорі кристали кальциту називаються і с л а н д с ь к и м ш п а т о м – їм властиве добре виражене двопереломлення світла: через ісландський шпат всякий предмет видно подвоєним. Спайність досконала в трьох напрямках під кутом 75° (по ромбоедрадру), злам східчастий, твердість 3, крихкий. Кальцит – мінерал “наскрізного” універсального походження, від магматичного до осадочного. У чистій воді кальцит майже не розчиняється, однак наявність у воді вугільної кислоти суттєво змінює ситуацію – кальцит перетворюється в гідрокарбонат $Ca(HCO_3)_2$, який потрапляючи у води річок та морів використовується там багатьма організмами на побудову своїх черепашок чи скелетів. На суші, після звітрювання з розчину H_2CO_3 , кальцит кристалізується у вигляді тих чи інших агрегатів. Часто кальцитом, власне як і кварцом, “заліковуються” чисельні тріщини у понівечених під час горотворення породах. Поклади кальциту: Крим (Байдарацьке родовище ісландського шпату), Донбас, Закарпаття. Використовується у металургійній (як флюс) та хімічній промисловості (виробництво соди, CO_2), у будівельній галузі (виробництво цементу, вапна та ін.). Кальциту властиве явище поліморфізму. Так, внутрішній шар черепашок деяких морських і прісноводних молюсків вкритий перламутром, мінералом а р а г о н і т о м, хімічна формула якого ідентична формулі кальциту – $CaCO_3$. Відмінність у формах симетрії мінералів, у кальциту сингонія тригональна, а в арагоніту – ромбічна, останній у воді не розчиняється.

М а г н е з и т $MgCO_3$, у природі трапляється у вигляді суцільних потаємнокристалічних, щільних мас. На колір білий, сірий, жовтувато-сірий, непрозорий, твердість біля 4. У воді майже не розчиняється. У порошок реагує тільки з підігрітою розведеною соляною кислотою. Походження гідротермальне або утворюється під час вивітрювання силікатів магнію: олівіну, тальку, серпентину. Магнезит як і доломіт після випалювання дає якісний вогнетривкий матеріал. В чистому виді магнезит в Україні малопоширений. Характерний супутник соленосних відкладів доломіту де утворює сніжно-білі фарфоровоподібні і порошокподібні агрегати.

Д о л о м і т $CaMg[CO_3]_2$, ізоморфна суміш кальциту $CaCO_3$ (54%) і магнезиту $MgCO_3$ (46%). Другий за поширенням мінерал серед карбонатів. Кристали ромбодрічні, призматичні, сідловидні дуже рідкісні. Здебільшого у вигляді мармуроподібних масивних агрегатів; трапляються волокнисті, пористі.

На колір сірувато-білий, іноді з жовтуватим, буруватим відтінком. Риска біла або світло-сіра, блиск скляний, жирний. Спайність досконала, злам черепашковий, просвічується, твердість 3,5-4, крихкий. Зовнішнім виглядом і спайністю дуже нагадує кальцит. Доломіт часто містить домішки Fe, Mg іноді Zn; магній здебільшого заміщується залізом. Від кальциту відрізняється більшою твердістю; у 10% соляній кислоті "закипає" тільки у порошку під час нагрівання. Утворюється як хімічний осад в морях, який, у подальшому, в процесі метаморфізму переходить у гірську породу під тієюж назвою. Поширення: Донбас, Побужжя, Криворіжжя, Карпати. Сировина для виготовлення високоякісного цементу, вапна, вогнетривких матеріалів. Відіграє важливу роль у ґрунтоутворенні та підвищенні їх родючості оскільки іони Ca і Mg покращують структуру ґрунту, зменшують його кислотність, сприяють нагромадженню в ньому гумусу тощо.

Деяких цінних для промисловості та сільського господарства карбонатів у природі немає або ж їх недостатньо, а тому їх виробляють штучно. Найважливішими з них є сода (Na_2CO_3 і NaHCO_3) та поташ K_2CO_3 . Щоправда сода у вигляді мінералу натрію $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ хоч і рідкісна в Україні все ж наявна у відкладах грязевих вулканів Криму. Розсіяно натріт присутній в породах що в недалекому минулому були затоплені морем. Тепер, в умовах аридного клімату, особливо після інтенсивного зрошення, сода з глибин капілярно піднімається на денну поверхню де у вигляді порошкоподібного нальоту, вицвітів, соляної кірки нагромаджується на поверхні ґрунтів, що вкрай негативно позначається на їх родючості (утворюються так звані солончаки, солонці та інші безструктурні ґрунти).

Клас сульфати. З погляду хімії мінерали цього класу – це солі сірчаної кислоти. Незважаючи на незначний їх вміст в земній корі, вони однак досить поширені в осадочних породах. Загалом сульфати – це світлі мінерали: білі, світло-жовті, безбарвні і тільки кристали купоросів, тобто водний сульфат заліза $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ та міді $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ відповідно мають зелений і ніжно-синій колір. Більшість сульфатів дуже добре розчиняється у воді, однак вони не дають характерної для карбонатів реакції з 10% соляною кислотою.

Г і п с $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, характеризується сталістю хімічного складу, природний гіпс містить до 21% води. Мінерал досить поширений, значні поклади на Донбасі, у Придністров'ї, деінде утворює поля загіпсованих порід. Кристалізуючись гіпс утворює кристали різноманітної форми: таблитчасті, стовпчастопризматичні, у вигляді волокон, тонких голок, вони часто двійникуються у формі "ластівчин хвіст". Агрегати: суцільні мармуроподібні, землісті маси, друзи. Колір білий, сіруватий жовтувато-коричнюватий, часто буває прозорий, риска біла, блиск скляний можливо з перламутровим полиском. Спайність дуже досконала, тонкі кристали і пластинки гнучкі, але не еластичні, злам нерівний, твердість 2 (дряпається нігтем). Гіпс добре розчиняється у воді – до 2,2 г/л, причому, з підвищенням температури розчинність зростає, а після 24°C – падає. Завдяки цій властивості гіпс, осаджуючись із морської води, відокремлюється від галіту NaCl і першим утворює відособлені пласти. Відкладається гіпс і з вулканічних газів – фумаролів, зрідка – внаслідок вивітрювання сульфідів.

В аридных місцевостях, з їх сухістю повітря й різкими добовими температурами, засоленими та загіпсованими ґрунтами, вранці, з підвищенням температури гіпс починає розчинятися і в розчині піднімається капілярними силами на денну поверхню. Тут через високі температури і випаровування він кристалізується. З настанням ночі, зі зниженням температури, кристалізація припиняється, а недостатня вологість середовища сприяє збереженню кристалів. Ґрунт, таким чином, виконує роль своерідної помпи по переміщенню гіпсу з глибин на денну поверхню. З часом в таких місцевостях кристали гіпсу, збільшуючись утворюють крупні агрегати відомі під назвою дебдеби, або пустельні троянди.

Гіпс широко використовується у травматології та скульптурі, для виробництва різноманітних вяжучих будівельних речовин, зокрема цементу, а н г і д р и т у $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – бозводного гіпсу та алебастру. Саме з а л е б а с т р о м $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, або маловодним гіпсом ми більше всього маємо справу у побуті. Замішаний на воді алебастр на деякий час набуває пластичності, проте скоро дещо збільшившись в об'ємі, починає затвердівати з утворенням власне гіпсу у вигляді досить міцної каменеподібної маси. Цю його властивість широко застосовують, зокрема в травматології для виготовлення надіних фіксуєчих пов'язок тощо.

Б а р и т BaSO_4 , відносно поширений мінерал. Кристали різноманітні і досить мальовничі як за формою так і за кольором, таблитчасті, пластинчасті, призматичні, зростки, друзи, або у вигляді щільних зернистих мас, натічних форм. Колір білий, сірий, прозорий або світлі тони жовто-оранжевого, зелено-голубого тощо забарвлення; трапляються і зональнопофарбовані кристали. Риска біла, злам східчастий, спайність досконала під 90° , крихкий, твердість 3,5. Барит забарвлює полум'я у жовто-зелений колір. Походження гідротермальне. Застосовують як обважнювач глинистих розчинів під час буріння свердловин, як контрастну речовину під час рентгенівських досліджень кишечника, для виробництва фарб, гуми, паперу. Оскільки бариту властива висока протирадіаційність, то його використовують для виготовлення спеціальних марок бетону. Поширений в Закарпатті, Донбасі, трапляється в порожнинах волинських базальтів.

М і р а б і л і т $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, або глауберова сіль. Кристали короткопризматичні до голчастих. Агрегати зернисті або порошковидні, сталактити, вицвіти на ґрунті. Колір білий, буває прозорим. Блиск скляний, спайність досконала в одному напрямку, дуже крихкий, твердість 1,5-2. Легко розчиняється у воді літньої температури. На смак гірко-солоний із відчуттям холоду. Мірабіліт – типовий хемогенний продукт соляних озер, заток, гарячих джерел. Зважаючи на погану розчинність за низької температури, особливо у присутності NaCl , мірабіліт часто осідає із солоної води взимку, що має місце у затоці Кара-Богаз-Гол (Казахстан), Великому Соляному озері (США, шт.Юта), в озерах Сиваш та Сакське (Крим), виділяється з води в деяких джерелах Прикарпаття. Добувають на Прикарпатті (Калуш-Стебницьке родовище). Використовується для виробництва мінеральних добрив, соди, скла, застосовують в медицині.

К а ї н і т $\text{K, Mg}[\text{SO}_4]\text{Cl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ – поширений мінерал у соленосних відкладах Прикарпаття (Стебник). Калієва і магнеєва руда для хімічної промисловості та виробництва мінеральних добрив.

Клас фосфати – природні солі фосфорної, миш'якової та ванадієвої кислот. Клас об'єднує понад 300 мінеральних видів. Фосфор, миш'як, ванадій – хімічно схожі елементи, завдяки чому можуть ізоморфно заміщати одні одних в кристалічних структурах. У земній корі малопоширені, вони не є породоутворюючими, однак деякі з них (зокрема, апатит, бірюза) мають велике промислове та ювелірне значення.

А п а т и т $3\text{Ca}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot \text{Ca}(\text{F, Cl})_2$. Поряд з F^- і Cl^- іонами присутні $(\text{OH})^-$ і CO_3^{2-} . Розрізняють фтор-, хлор-, гідроксил-, карбонат-, манганатапатит, стронційапатит тощо. Теоретично в апатиті міститься до 42% P_2O_5 . Апатит – акцесорний мінерал, він зустрічається майже у всіх магматичних і метаморфічних породах. Кристали гексагонально призматичні, у вигляді пінакоїда, або видовжені до голчастих, прозорі і напівпрозорі. Агрегати зернисті, прихованокристалічні або землясті. Колір дуже різноманітний: від водянисто-сірих до зеленкуватих, голубуватих, червонястих, фіолетових і темних (так, хібінські апатити здебільшого зернисті світло-зеленуваті маси). Власне, грец. "апате" – обман, оскільки цей мінерал візуально буває схожим то на аквамарин, то на хризоліт, чи то на турмалін, або на флюорит, аметис, раухтопаз тощо. Зеленого кольору апатиту надають атоми заліза, голубого – марганець, бурого або червонястого – тонкодисперсний гематит, а ще колір змінюється завдяки дефектам кристалічної решітки. Риска біла, жовтувато-сіра. Блиск скляний, злам раковистий, на зламі жирний. Спайність недосконала, твердість 5, крихкий. Мінерал важкий 3,2 г/см³, а збагачений стронцієм і рідкоземельними елементами сягає 3,8-4,2 г/см³. Змочений сірчаною кислотою, мінерал забарвлює полум'я у блакитно-зелений колір. Походження магматичне. Апатит відносно стійкий мінерал і здатний нагромаджуватися в корі вивітрювання до високих концентрацій внаслідок чого разом з іншими осадовими породами утворюються фосфорити. У незначній кількості виявлено в лужних вивержених породах УКЩ та інших регіонах України. Великі поклади апатиту містяться на Кольському півострові в Хібінах.

Апатит – мінерал великого народногосподарського значення, оскільки він (поряд з фосфоритом) є головним постачальником фосфору – "елемента життя і думки" – за висловом О.С.Ферсмана. Організм людини постійно потребує фосфор, якого в ній майже 1,5 кг (у кістках, нервових та мозкових тканинах, фторапатит у зубній емалі). Недостача фосфору в організмі призводить до тяжких захворювань, у ґрунті – до значного зниження врожайності сільськогосподарських культур.

Клас нітрати – солі азотної кислоти. Клас об'єднує невелику кількість мінералів – до 10. Головними металами у нітратах є Na , K , Mg , Ca , Ba . Найціннішими серед них є нітрат натрію NaNO_3 , синонім – чилійська селітра та нітрат калію KNO_3 – індійська селітра (селітра – це узагальнююча назва нітратів). Селітри добре розчиняються у воді. У природі утворюються в процесі розпаду різноманітних органічних решток під дією бактерій в регіонах з посушливим кліматом. Так, в Чілі, в місцях "пташиних базарів", під час гниття пташиного посліду (гуано) вивільняється аміак, який під впливом бактерій окислюється спочатку в азотисту, а потім і в азотну кислоту, з якої згодом утворюється селітра. В Україні нітрати малопоширені. Застосовують селітру як високоякісне добриво, а ще – для виробництва скла, пороху тощо.

Клас галогеніди. До мінералів цього типу належать солі соляної HCl , фторної HF , бромної HBr та йодної HI кислот у яких переважно водень заміщений одним із лужноземельних металів. **Г а л і т** NaCl – кам'яна, або кухонна сіль. Кристали кубічної форми. Агрегати кристалічно-зернисті. Сам по собі галіт водяно-прозорий, але домішки надають йому сірувато-синюватого, червонястого забарвлення (зокрема, у якості ізоморфної домішки буває Br). Риска біла, блиск скляний, злам раковистий, спайність досконала, твердість 2. Смак – чисто солоний. Розчинність у воді мало залежить від температури. Викристалізовується з морської та води реліктових озер, що висихають. Великі поклади галіту виявлено в Донбасі (Артемівське та Слов'янське родовище), в Закарпатті (Солотвино), Придніпровській низовині. До речі, якщо уявити Придніпровсько-Донецьку впадину, звільнену від всіх інших заповнюючих її осадових порід до глибини 4-5 км, то перед нами постане гірська країна, де гори складені з галіту матимуть висоту більшу за Кавказькі вершини. Використовується як харчовий продукт, консервант, сировина для отримання натрію та хлору. Галіт – життєво важливий для людини мінерал, оскільки

натрій, так само як і калій є головним іоном, що контролює сольовий баланс, умови обміну речовин на рівні клітин і тканин.

Сильвін KCl – калійна сіль. Кристали кубічні, іноді октаедричні, призматичні, трапляються зрідка. Агрегати у вигляді суцільних зернистих мас часто у тісному зрощенні з галітом, утворюючи породу сільвініт. Колір водянисто-прозорий, з домішками сильвін – молочно-білий, рожевий, риска біла, блиск скляний, тьмянний. Спайність досконала, твердість 1,5-2. На смак гірко-солоний, пекучий. Легко розчиняється у воді. Утворюється із морської води на пізніх стадіях галогенезу. У родовищах Прикарпаття (Калуш), Донбасу часто залягає разом з галітом та к а р н а л і т о м $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$. Доречі, червоного кольору карналіт виявляє слабомагнітні властивості. Сильвін та карналіт – головна сировина для виробництва калійних добрив та інших препаратів калію.

Клас органічні сполуки – до сполук даного класу належать солі органічних кислот, бітуми і смоли (хоча, більшість з них за своєю суттю можна віднести до гірських порід). Утворюються вони внаслідок тривалого і складного геохімічного процесу мінералізації органічної речовини під впливом енергії земних надр. Сюди можна віднести: антрацит, нафту, метан, янтар, озокерит, асфальт тощо.

А н т р а ц и т – високоякісне кам'яне вугілля, з вмістом вуглецю до 97%, решта – леткі речовини. Є виявом високого ступеня діагенезу кам'яного вугілля. Колір чорний, часто із сірватим відтінком, риска чорна, блиск сильний металічний, твердість 2-2,5. Утворюється з рослинних решток: торф – буре вугілля – кам'яне вугілля і зрештою антрацит. Антрацит – високоякісне енергетичне паливо, теплота згорання якого сягає 7500 ккал/кг. Його частка в загальному запасі кам'яного вугілля складає всього 3%. Видобувають на Донбасі.

Я н т а р (бурштин) $C_{40}H_{64}O_4$ (S,N) – викопна смола стародавньої здебільшого хвойної рослинності. Це легкий ($\rho = 1,08 \text{ г/см}^3$) аморфний мінерал золотистого, лимонно-жовтого, вишневого тощо кольору, прозорий або напівпрозорий. Колір янтарю залежить від вмісту в ньому янтарної кислоти, чим її менше, тим він світліший. Блиск смоляний, злам раковистий, твердість 2-2,5. На дотик теплий. Плавиться і загоряється відповідно при 350 і 380°C. Янтар, під час його натирання сукном або нагрівання, легко електризується. Використовується в електротехніці як ізолятор, для виготовлення спеціального лаку, в ювелірній справі тощо. Великі поклади високоякісних ювелірно-виробних янтарів виявлено на Волині, зокрема на Рівненщині, де вони залягають у лінзах глауконітових олігоценівих пісків.

Завершуючи короткий опис поширених і деяких рідкісних, але промислово важливих мінералів, відмітимо, що серед багатьох цікавих у геологічному аспекті місцевостей, унікальним геологічним музеєм в Україні є Карадаг – вулканічний масив в Криму на березі Чорного моря. У процесі вивітрювання величезних у минулому вулканів, що діяли в юрському періоді, тут нагромадилась ціла низка специфічних мінералів, які мають значну матеріальну та наукову цінність. Серед яких сердолик, гірський криштал, аметист, агат, різновиди цеоліту, ісландський шпат, різнокольорові яшми, обсидіант та багато інших (всього понад 100 мінеральних видів). Залишки лави та туфів набули там оригінальних форм вивітрювання у вигляді башт, колон, химерних скульптур тощо. Тут на площі понад 20 км² з 1979 року діє Карадазький державний заповідник.

Питання для самоперевірки:

1. З яких хімічних елементів складається речовина земної кори, їх кларк?
2. Дайте визначення поняттям мінерал, кристал, мінеральний агрегат, гірська порода, руда, камінь.
3. Назвіть головні фізичні властивості мінералів.
4. Назвіть головні типи ендегенного мінералоутворення.
5. Які ви знаєте форми вияву мінералів у природі?
6. Назвіть основні класи мінералів і належні до нього мінеральні види.
7. Що таке ізоморфізм, наведіть приклад.
8. Назвіть атоми-хромофори?
9. В чому полягає структурна відмінність між піроксенами й амфіболами?
10. В чому структурна відмінність між шаруватими і каркасними алюмосилікатами?
11. В чому полягає відмінність між силікатами і алюмосилікатами.
12. Назвіть мінерали що належать до класу сульфідів і сульфатів
13. Назвіть мінерали що належать до силікатів і алюмосилікатів?
14. Що таке магма, лава?
15. Назвіть щонайменше 8 породоутворюючих мінералів.
16. Що таке рудні мінерали, наведіть приклад.
17. Назвіть головні глинисті мінерали.
18. З якого мінералу видобувають фосфор?
19. Які мінерали входять до класу органічні сполуки?

Література:

1. Бондарчук В.Г. Геологія для всіх. –К.: Рад.шк., 1970, -295 с.
2. Савчук Р.І. Загальне землезнавство. Рівне, Ліста, 1998, с.
3. Свинко Й.М., Сивий М.Я. Геологія з основами палеонтології. –К.: Вища шк.,1995.
- Сивий М.Я., Свинко Й.М. Лабораторний практикум із геології з основами палеонтології. –К.: ІЗМН, 1997. –108 с. 5. Пічугін Б.В., Федченко Ю.І. Шкільний визначник мінералів і гірських порід. К.: Рад.шк., 1982. –136с.