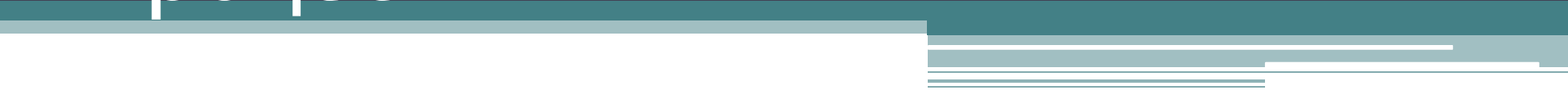


Фізика гірських порід і процесів



ЛЕКЦІЯ 1

Гірські породи - природні утворення, що складають різноманітні геологічні тіла, з яких побудована земна кора. Вони являють собою закономірні поєднання або механічні суміші різних за складом кристалічних мінеральних зерен, наряду з якими можуть бути присутніми аморфна речовина і органічні залишки; до гірських порід відносяться суміші рідких мінеральних речовин (неорганічних і органічних), що зустрічаються в земній корі.

МІНЕРАЛОМ називають однорідне за хімічним складом і фізичними властивостями кристалічне тіло, що утворюється в результаті фізико-хімічних процесів в земній корі і є складовою частиною гірських порід, руд і інших мінеральних агрегатів.

Мінерали, на частку яких припадає основний об'єм гірських порід, називають *породоутворюючими*.

Вони представлені силікатами і алюмосилікатами, іноді карбонатами, оксидами, гідроокислами.

Мінерали, присутні в гірських породах як домішки (в незначній кількості) називають *акцесорними*.

Хімічні і фізико-хімічні процеси утворення мінералів поділяють на три групи

Ендогенні (внутрішні) або ***гіпогенні*** (глибинні) процеси протікають за рахунок внутрішньої теплової енергії земної кулі.

Екзогенні (зовнішні) або ***гіпергенні*** (поверхневі) процеси протікають на поверхні Землі в основному за рахунок сонячної енергії.

Метаморфічні процеси пов'язані з переродженням раніше утворених мінеральних асоціацій або з мінеральними, структурними і текстурними перетвореннями порід в твердому стані в результаті змінюваних фізико-хімічних умов, які характеризуються такими параметрами як тиск, температура, електричні і магнітні поля, флюїди.

Ендогенні процеси

Основними параметрами ендогенного мінералоутворення є хімічні елементи, їх концентрація і термодинамічні умови. Залежно від величини температури в ендогенному процесі виділяють наступні стадії :

Магматична стадія є найбільш високотемпературною, під час якої утворення мінералів відбувається шляхом кристалізації безпосередньо з остигаючої магми.

Пегматитова стадія характеризується виділенням з магми газоподібних речовин - основних джерел процесу мінералоутворення.

Пневматолитово-гідротермальна стадія характеризується найменшою температурою. Утворення мінералів відбувається в результаті випадання їх з гарячих водних розчинів.

Магматичні процеси

протікають у земній корі на відносно великих глибинах. Магма, що являє в основному складний силікатний розчин, містить пари перегрітої води, гази (F, H₂, Cl, CO, CO₂) і летючі компоненти (B, P, S²). Компоненти магми активно взаємодіють один з одним і зі зниженням тиску при підйомі до поверхні рівновага в магмі порушується, між компонентами магми протікають реакції, речовина кристалізується. Мінерали, утворені в даному процесі, зазвичай зустрічаються у вигляді агрегатів (гірських порід).

Пегматитові процеси

Після завершення мінералоутворення в кожному температурному діапазоні (процес мінералоутворення є безперервним) в магмі змінюється хімічний склад елементів, потенційно здатних утворювати мінерали. І кожен наступний етап мінералоутворення протікає в магмі, склад якої відрізняється від складу попереднього етапу. В результаті утворюється так званий *залишковий розплав*, сильно насичений легколетючими газовими компонентами (мінералізаторами), представленими, головним чином, сполуками фтору, бору, хлору і гідроксильних іонів (H, OH).

Легкорухливі мінералізатори проникають у тріщини бічних порід і утворюють формацію *пегматитових жил*.

Гідротермальні процеси

Гідротермальні родовища в залежності від температури і мінеральної спеціалізації діляться на високотемпературні (800-600 K), середньотемпературні (600-500 K) і низькотемпературні родовища (500-320 K).

У високотемпературних гідротермальних родовищах гідротермальні жили містять вольфраміт, каситерит, молібденіт. На контактах *інтрузій* (*інтрузія* - геологічне тіло, складене магматичними породами, закристалізованими в земній корі) з вміщуючими породами знаходять жили з сульфатами міді, нікелю, цинку, свинцю, срібла, сурми і ртуті.

Заключною стадією діяльності вулканів є утворення гарячих водяних джерел – **терм.**

Пневматолітові процеси

Гази, які супроводжують виверження вулканів, виділяються не тільки з кратера, а й на схилах з тріщин, біля підніжжя вулканів. Газовиділення спостерігається і після закінчення виверження.

На стінках кратерів, в тріщинах захололих лав і навколишніх порід в результаті сублімації утворюються самородна сірка, мінерали, що містять бор і ін. Такі мінерали називаються *пневматолітовими*.

Екзогенні процеси

Всі процеси руйнування, що протікають на поверхні земної кори, називаються *процесами вивітрювання*, які поділяються на : *фізичне* (механічне руйнування), *хімічне* (хімічне розкладання) і *біологічне* (результат життєдіяльності тварин і рослинних організмів).

Фізичне вивітрювання характерне для пустель з високою амплітудою коливання добових температур, що досягають іноді 60 °С.

За наявності води ефективність руйнування порід зростає. Це пов'язано, перш за все, з властивостями води (як розчинника) і фазовими переходами води в твердий стан. В період осені, зими і весни ця властивість води в процесах руйнування відіграє виключно важливу роль. Такий механічний вплив води називають *морозним вивітрюванням*.

Хімічне вивітрювання

пов'язують, в основному, з дією води, що міститься в ґрунті і атмосфері. Вода атмосфери завжди містить деяку кількість вуглекислоти, кисню та інших газів, є сильним розчинником.

Процеси відновлення є зворотними процесам окислення. Такі процеси протікають, якщо порода містить сірководень або органічні кислоти.

Часто в зоні вивітрювання в результаті виникають багаті водою мінерали - *процес гідратації*.

Вуглекислота, що міститься у воді і повітрі, призводить до зміни мінералів з утворенням карбонатів. Цей процес, названий *карбонатизацією*, в великих масштабах протікає в земній корі.

Метаморфічні процеси

На відміну від метасоматизму це істотно ізохімічний процес, при якому хімічний склад вихідних порід не змінюється (за винятком вмісту H_2O і CO_2 , але відбувається розпад старих з'єднань, молекулярне перегрупування і утворення нових, більш стійких з'єднань і асоціацій мінералів, а також часткова або повна перекристалізація порід з утворенням нових структур.

До простих принципів можна віднести збереження або зміну хімічного складу порід. До таких відносно простих принципів слід віднести змінення фізичного (агрегатного) стану порід, яке відбувається при їх частковому плавленні в процесах *ультраметаморфізму і гранітизації*; підрозділ, за числом етапів метаморфізму - *повторний метаморфізм (поліметаморфізм, діафторез)*; за спрямованістю впливу перетворюючих факторів в бік посилення або ослаблення їх інтенсивності - *прогресивний або регресивний метаморфізм*.

Але найбільші складності викликають два основні напрямки поділу метаморфічних процесів:

1) за фізико-хімічними умовами (головним чином за співвідношенням температури і тиску);

2) за геологічними принципам - за положенням метаморфізму у всьому ланцюгу геологічних процесів, які призвели до формування сучасного вигляду земної кори.

Виділяють наступні види метаморфізму:

термічний,	дислокаційний,
контактовий,	регіональний, ударний,
прогресивний,	регресивний,
статичний, кінетичний,	ізохімічний,
алохімічний,	магматичний,
ін'єкційний,	пневматолітовий,
гідротермальний,	метасоматичний та
ін.	

ЛЕКЦІЯ 2

Хімічні зв'язки в мінералах

Іонний зв'язок

Іонний зв'язок називають іноді *гетерополярним зв'язком* (грец. «гетеро" - інший). Найпростіший випадок такого зв'язку зручно розглядати на прикладі повареної солі, кристал якої є рівномірною решіткою, що складається з рівної кількості іонів натрію (Na^+) і хлору (Cl^-). В цілому, іонні з'єднання виникають тоді, коли один атом передає іншому електрон (або кілька електронів).

Ковалентний (гомеополярний) зв'язок

Зв'язок атомів за допомогою електронних пар називається ковалентним або атомним. Цей зв'язок іноді називають гомеополярним (грец. «гомео» - подібний). В процесі утворення ковалентного зв'язку дві електронні хмари як би притягують один одного, і щільність негативного заряду в них зростає.

До речовин з ковалентним зв'язком відносяться :

- **більшість органічних сполук;**
- **тверді і рідкі речовини, у яких зв'язки утворюються між парами атомів галогенів, а також між парами атомів H, N, O;**
- **елементи VI групи (наприклад, спіральні ланцюжки телуру), елементи V групи (наприклад, деформовані шестикутники миш'яку) і елементи IV групи (алмаз, Si, Ge, α -Sn и др.).**

Металевий зв'язок

Валентних електронів у металів завжди в кілька разів менше, ніж у найближчих сусідніх атомів і тому в металах діє свій вид зв'язку, так званий *металевий зв'язок*.

Зв'язок у решітці металу виникає в результаті взаємодії позитивних іонів з електронним газом.

Вандерваальсові (міжмолекулярні) зв'язки

Поширеною назвою сил міжмолекулярної взаємодії є вандерваальсові сили (в честь голландського фізика Я. Д. Ван-дер-Ваальса). Вандерваальсові сили в чистому вигляді проявляються між молекулами з насиченими хімічними зв'язками— O_2 , H_2 , CH_4 та ін., а також між атомами інертних газів, що знаходяться в твердій і рідкій фазах. Вандерваальсовий зв'язок в загальному випадку включає в себе наступні взаємодії: *дисперсійну, орієнтаційну та індукційну.*

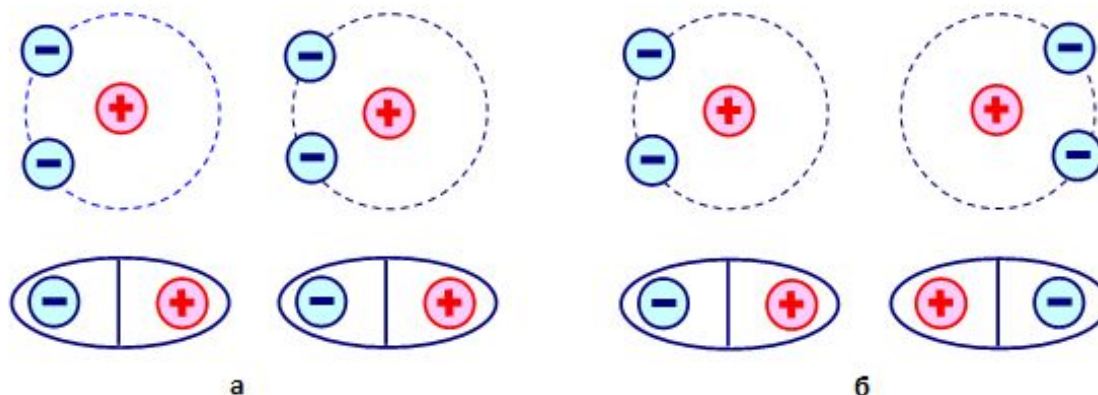


Рис.2.1 – приклад здійснення дисперсійної взаємодії між атомами гелю: а – притягання; б - відштовхування

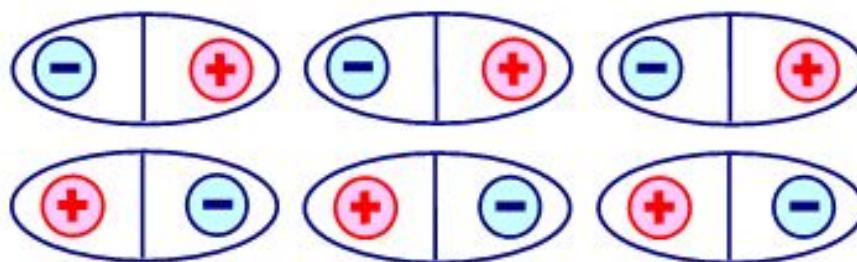


Рис.2.2 – приклад орієнтаційної взаємодії між молекулами, наприклад HCl , H_2O , NH_3

Водневий зв'язок

Цей зв'язок виникає в тому випадку, коли атом водню пов'язаний з сильно електронегативним атомом, наприклад, киснем, фтором, хлором і т.п., котрі притягають електрон водню і набувають негативного заряду, при цьому атом водню набуває позитивний заряд. Таким чином, між утвореними молекулами, що мають заряди, діють сили електростатичного притягання, що зумовлюють водневий зв'язок.

Кристали. Типи кристалічних решіток

Всі тверді речовини можна поділити на кристалічні або аморфні, в залежності від того, утворюють або не утворюють фіксовані місця розташування атомів або регулярний устрій молекул. Такий регулярний режим називається кристалічною структурою і являє собою повторюване впорядковане розташування точок у тривимірному просторі.

Тіла з правильним розташуванням частинок - атомів, іонів або молекул називаються *кристалічними*.

Кристалами називаються тверді тіла, що мають природну форму багатогранника і характеризуються закономірним розташуванням в просторі частинок (атомів, іонів, молекул), що утворюють ці тіла.

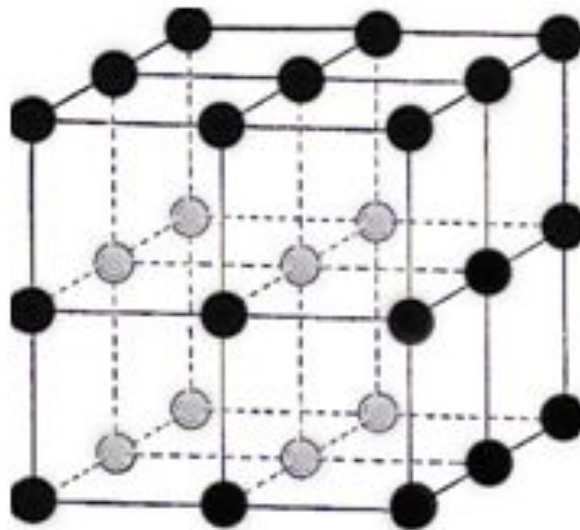


Рис.2.3 Проста кубічна решітка

Кристалічним тілом називають тверде тіло, у якого розташування атомів періодично повторюється і поверхневі межі якого (якщо зразок монокристал) з великим ступенем ймовірності розташовуються відносно один одного під цілком визначеними кутами.

Закономірне розташування атомів в тривимірному просторі утворює так звані *кристалічні решітки*, при цьому атоми не перебувають в нерухомому стані, а безперервно коливаються близько деяких положень, які називаються *вузлами кристалічної решітки*.

Основні особливості кристалічної речовини визначаються його внутрішньою будовою. Кристали ділять на наступні групи :

1 – іонні кристали в якості елементів решітки містять позитивні і негативні іони, які утримуються завдяки електростатичного притягання (іонна решітка

2 – атомні кристали складаються з нейтральних атомів неметалічних елементів, які утримують один одного завдяки силам ковалентного зв'язку (атомна решітка

3 – металеві кристали мають в якості елементів решітки позитивні іони металів, які пов'язані між собою електронами, що рухаються між ними більш-менш вільно (решітка металів)

4 – молекулярні кристали містять як елементи решітки молекули, пов'язані один з одним силами вандерваальса або силами водневого зв'язку (молекулярні решітки).

Деякі загальні властивості кристалічних решіток

- **Однорідність** проявляється в тому, що два однакових елементарних об'єми, взяті в різних точках кристалічної речовини, абсолютно однакові за всіма своїми властивостями: мають один колір, питому вагу, твердість, електропровідність, теплопровідність та інші параметри.
- **Анізотропність** проявляється у кристалічній решітці - відстані між елементами решітки неоднакова за різними напрямками. Як наслідок, спостерігається відмінність фізичних властивостей: міцності, крихкості, твердості, величини тепло- і електропровідності, швидкості проходження пружних і електромагнітних хвиль і т.д. У речовин, що характеризуються **ізотропністю**, фізичні властивості в усіх напрямках проявляються однаково.

- *Здатність самоогранятися* - властивість кристалів утворювати межі при вільному їх зростанні.
- *Відхилення від стехіометрії*. Якщо в окремих вузлах решітки або між її вузлами знаходяться сторонні атоми або іони, то склад таких кристалів відхиляється від стехіометричного.

За сучасними уявленнями поняття "мінерал" включає три найважливіші ознаки:

- однорідне кристалічне тіло;**
- продукт фізико-хімічних процесів, що протікають на Землі;**
- складова частина гірських порід, руд та інших мінеральних агрегатів.**