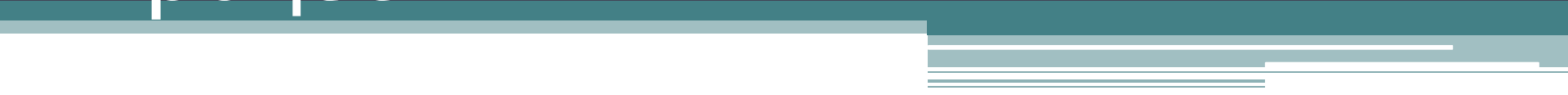


# Фізика гірських порід і процесів



## ЛЕКЦІЯ 3

За походженням гірські породи поділяють на три групи:

***Магматичні*** - утворені із застиглої в надрах або на поверхні Землі магми;

***Осадкові*** - утворені в результаті накопичення і перетворення продуктів руйнування, раніше виниклих гірських порід на поверхні Землі при звичайних температурах і нормальному тиску;

***Метаморфічні*** – за рахунок зміни осадкових і магматичних порід у результаті дії високого тиску, температур, природничого електричного поля, газоподібних речовин, що виділяються з магми і т.д.

Всі гірські породи характеризуються певними особливостями будови і фізичними властивостями. Це *щільнісні, пружні, міцнісні, теплові, електричні і магнітні властивості.*

Гірські породи, перерахованих трьох груп, різняться між собою за *умовами залягання, хімічним і мінеральним складом, структурою і текстурою, зумовленими особливостями розташування в породах мінералів і їх розмірами, наявності рудних і нерудних корисних копалин.*

*Структура* - сукупність ознак, що визначаються формою, розмірами і взаємним розташуванням окремих компонентів породи, тобто мінеральних зерен, уламків порід. У поняття структури входять ступінь кристалічності породи, розміри і форма кристалічних зерен, взаємовідношення розкристалізованого і склуватого матеріалу та ін.

**Головними структурами магматичних порід являються:**

- *тонкозерниста* (розмір зерен від 0,1 до 0,001 мм),
- *дрібнозерниста* (близько 1 мм),
- *середньозерниста* (від 1 до 5 мм),
- *крупнозерниста* (від 5 до 10 мм)
- *гігантозерниста* (більше 10 мм),
- *рівномірнозерниста* (приблизно однаковий розмір зерен) і *нерівномірнозерниста*;
- *порфіровидна* (з великими вкрапленнями - порфіровими виділеннями, зануреними в більш дрібнозернисту основну масу);
- *пегматитова* (її називають також письмовою або графічною), характерну для своєрідних кварцево-польовошпатових проростань в гранітних пегматитах та ін.

Для вилитих і гіпабісальних інтрузивних порід основного складу (базальтів, діабазів та ін.) характерні *офітова* і *діабазова* структури (*гіпабісальні* породи утворилися на невеликій глибині в результаті кристалізації порцій магми; *інтрузивні* породи закристалізувалися з магми, яка проникла в породи земної кори).

У структурах метаморфічних порід розрізняють: *гранобластову* - з переважаючою ізометричною формою зерен мінералів, *лепідобластову* - з пластинчастою або лускатою формою більшості зерен, *нематобластову* - з шестоватою, стовпчастою формою зерен, *фібробластову* - з волокнистою, голчастою формою зерен і ін.

***Текстура*** - сукупність ознак, що визначають зовнішній вигляд породи і характеризуються взаємним розташуванням і орієнтуванням мінеральних агрегатів в об'ємі. Таким чином, характеристики окремих зерен мають значення для визначення структури, а характеристики мінеральних агрегатів і їх розташування в просторі - для визначення текстури.

Виділяють наступні основні текстури:

- ***масивну*** (однорідну),
- ***шарувату***,
- ***сланцевату***,
- ***флюїдальну*** (зі слідами течії в склуватих вулканічних породах),
- ***такситову*** (з нерівномірним і неправильним розташуванням ділянок різної структури)

У залежності від умов утворення текстури гірських порід поділяються на *первинні* та *вторинні*.

*Первинні текстури* вивержених порід утворюються в період охолодження магми. Серед первинної текстури вивержених порід відомі *лінійні* та *смугасті (або шаруваті)*.

*Вторинна текстура* гірських порід утворюється під час тектонічних процесів. Вона характерна для таких метаморфічних порід як гнейси, кварцити, мармур та ін.



У текстурі породи розрізняють два типи закономірного орієнтування мінералів:

*- за формою зерен і за внутрішньою будовою.*

У залежності від ступеня орієнтування мінералів текстура може бути *повною* або *обмеженою*. За орієнтацією частинок і наявності порожнеч породи ділять на *масивні, пористі* та *шаровуваті*.

## *Твердість гірських порід*

**Твердість порід визначається твердістю головних породоутворюючих мінералів.**

**За твердістю породи розрізняють:**

- *низької твердості*
- *середньої*
- *тверді*
- *досить тверді.*

## Щільність гірських порід

розрізняють :

- *легкі* (породи з об'ємною вагою менше  $1,5 \text{ г/см}^3$  )
- *середні* (з об'ємною вагою  $1,5\text{-}2,9 \text{ г/см}^3$ )
- *важкі* (у яких об'ємна вага становить більше  $2,9 \text{ г/см}^3$  )/

Щільність є одною з найважливіших властивостей мінералів і гірських порід, що характеризує співвідношення між масою і об'ємом. Згідно сучасним уявленням, щільністю називається маса  $m$  одиниці об'єму  $V$  речовини, тобто відношення маси однорідної речовини до його об'єму при тиску  $1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$  і температурі  $293 \text{ К}$ .

$$\rho_0 = \frac{m}{V},$$

У Міжнародній системі одиниць СІ щільність вимірюється в  $\text{кг}/\text{м}^3$ , або в грамах на кубічний сантиметр –  $\text{г}/\text{см}^3$ .

Об'єм, що зайнятий породою  $V$ , може складатися з об'єму твердої фази  $V_{\text{ТВ}}$  і пор  $V_{\text{П}}$ . Тверда фаза складається з різних мінералів, а пори можуть бути заповнені водою  $V_{\text{В}}$  і газом  $V_{\text{Г}}$ . Щільність такої породи в загальному вигляді знаходять за формулою

$$\rho_{\text{П}} = \rho_{\text{ТВ}} \cdot V_{\text{ТВ}}/V + \rho_{\text{В}} \cdot V_{\text{В}}/V + \rho_{\text{Г}} \cdot V_{\text{Г}}/V,$$

де  $\rho_{\text{ТВ}}$ ,  $\rho_{\text{В}}$ ,  $\rho_{\text{Г}}$  – щільність відповідно твердої, рідкої і газової фаз.

З урахуванням коефіцієнтів водонасиченості  $k_v$  і газонасиченості  $k_g$  щільність можна визначити наступним чином:

$$\rho_n = (1 - k_n) \cdot \rho_{тв} + k_n \cdot (k_v \rho_v + k_g \rho_g), \quad (4.3)$$

З рівняння (4.3) видно, що щільність гірських порід істотно залежить від коефіцієнта загальної пористості. Для більшості порід магматичних і метаморфічних з первинною пористістю від 0 до 2-5% величина щільності буде визначатися головним чином щільністю мінерального складу. З рівняння (4.3) випливає, що при  $k_n \rightarrow 0$   $\rho_n \rightarrow \rho_{тв}$ .

Для водонасичених порід в рівнянні (4.3) можна прийняти  $k_v = 1$ ,  $k_g = 0$ , тоді

$$\rho_n = (1 - k_n) \cdot \rho_{тв} + k_n \rho_v,$$

Для сухих зразків порід  $\rho_v = 0$  и  $\rho_g = 0$ , тоді

$$\rho_n = (1 - k_n) \cdot \rho_{тв},$$

У данній формулі приймається допущення, що  $\rho_g = 0$ . Однак відомо, що щільність повітря при нормальних умовах дорівнює  $1,2 \text{ кг/м}^3$ , метану –  $0,7 \text{ кг/м}^3$ , пентану –  $3,17 \text{ кг/м}^3$ . Оскільки природний газ є сумішшю вуглеводнів, то щільність реального газу в породах близька до щільності повітря. Однак в масивах гірських порід при підвищених тисках щільність газу різко зростає (до  $300 \text{ кг/м}^3$ ) в зв'язку з високою стисливістю. Тому користуватися попереднім виразом можна у випадках, коли немає необхідності у визначенні щільності з високою точністю.

**Частинки гірських порід - мінеральні агрегати, мінерали - мають різну силу зчеплення, яка залежить від структурних зв'язків між ними. Переважний тип зв'язку між частинками породи характеризує породи з точки зору їх міцності :**

*рихлі, сипучі або роздільно-зернисті* – зв'язки між частинками молекулярні. Ці породи представлені механічною сумішшю частинок (пісок, гравій, галечник).

*слабозв'язні* – глинисті породи, суглинки, леси – зв'язки в них сильно залежать від вологості.

*міцнозв'язні, тверді, скельні.* У цій категорії порід розрізняють зв'язкі і крихкі породи. Зв'язок між частинками цього типу порід - хімічний. До таких порід відносяться пісковики, гнейси, граніти і ін.

## ЛЕКЦІЯ 4

### *Неоднорідність гірських порід*

Гірська порода загалом є багатокомпонентною, багатофазною гетерогенною системою. *Неоднорідність гірських порід* визначається наступними видами.

- *Фазовий склад.* Порода може бути представлена кількома фазами, наприклад, трьома - твердою, рідкою, газоподібною; двома - твердою і газоподібною, рідкою і газоподібною.
- *Компонентний (мінеральний) склад.* Кожна фаза може бути представлена одним, двома або кількома твердими мінералами (тверда фаза), рідинами і газами (рідка і газоподібна).
- *Хімічний склад.* Тверда, рідка і газоподібна фази мають цілком визначений склад з хімічних елементів. Гетерогенність породи визначається різним походженням складових компонентів.
- *Структурно-текстурна будова.* Цей параметр обумовлений складним утворенням, що складається з двох і більше різних порід.

*Фазова неоднорідність* – це поверхні розділу між фазами. Наприклад, в глинистому колекторі тверда фаза і вільна вода займають відособлені об'єми, а між ними поверхнею розділу є фізично зв'язана вода.



**Зв'язки мінералів в гірських породах діляться на *адгезійні, дифузійні, хімічні, структурні і комплексні.***

### *Адгезійні зв'язки*

**Поява на поверхні зерен будь-якого першого з мінералів нових кристалів другого мінералу призводять до утворення границь з адгезійними зв'язками. Адгезійні зв'язки виникають в породах різного генезису, проте вони найбільш характерні для гідротермальних порід.**

## *Дифузійний зв'язок*

*Дифузійний зв'язок* між мінералами обумовлений взаємною дифузією їх іонів, завдяки підвищеній температурі, наявності тиску. Від тривалості дії цих параметрів залежить міцність зв'язку, тобто глибина взаємного проникнення іонів. Температура є активаційним фактором, який пришвидшує дифузійні процеси і масоперенос часток. Роль тиску зводиться до підтримки щільного контакту між поверхнями мінералів.

## *Хімічний зв'язок*

**Цей тип зв'язку можна проілюструвати на прикладі залізистих кварцитів, до складу яких входять три основних мінерали - кварц, магнетит і гематит. Характерна для залізистих кварцитів смужчатість обумовлена чергуванням шарів кварцу і оксидів заліза. Між цими шарами утворюється фаяліт - новий мінерал. Однак обов'язковим є наявність хімічного контакту між вихідними мінералами.**

## *Структурні зв'язки*

**У багатьох породах, наприклад в граніті, зерна мінералів, що входять до його складу, найчастіше мають неправильну форму і характеризуються механічним зчепленням один з одним, тобто структурним зв'язком. Між мінералами межі гладкі і чіткі. Як правило, при руйнуванні породи з таким типом зв'язку процес утворення тріщин йде по межах зерен, проте можливі відколи виступаючих частин мінеральних зерен. Цей тип порід характеризується досить високою міцністю, що відповідає, в основному, міцності мінералів.**

**Механізм утворення структурних зв'язків визначається умовами зростання мінералів.**

## *Комплексні зв'язки*

**У породах, як правило, зв'язки між мінералами носять комплексний характер, тобто діють одночасно кілька зв'язків. До комплексних зв'язків відносяться, наприклад, *дифузійно-хімічні, структурно-адгезійні, дифузійно-адгезійні* і т.д.**