

дисципліна

ГЕОЛОГІЯ

Курс «Загальна геологія»

Лекція 4

Тема:

«Ендогенні геологічні процеси:

МАГМАТИЗМ І МЕТАМОРФІЗМ»

Магматичні та метаморфічні процеси, як і тектонічні, є провідними під час формування земної кори.

МАГМАТИЧНІ ПРОЦЕСИ

Магматизм – сукупність процесів і явищ, пов'язаних з діяльністю магми.

Магма – це вогненно-рідкий природний, зазвичай силікатний, розплав, збагачений летючими компонентами (H_2O , CO_2 , CO , H_2S та ін.). Зрідка зустрічаються нізкосилікатні і несилікатні магми. Кристалізація магми призводить до утворення магматичних гірських порід.

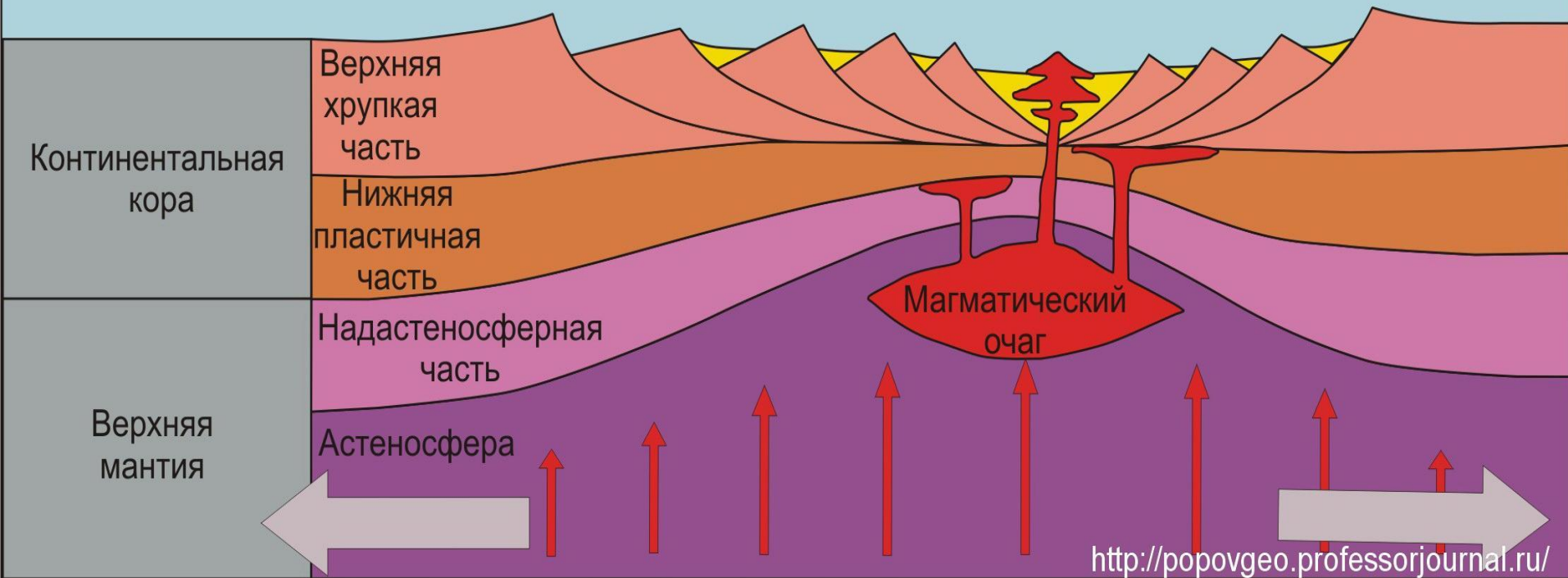
Утворення магматичних розплавів відбувається в результаті плавлення локальних ділянок мантії або земної кори. Більшість осередків плавлення розташовується на відносно невеликих глибинах (від 15 до 250 км).

Причини плавлення:

- 1** – пов'язана з **швидким підйомом гарячої пластичної глибинної речовини з області високих тисків до області більш низьких**. Зниження тиску (при відсутності істотної зміни температури) призводить до початку плавлення;
- 2** – пов'язана з **підвищенням температури** (за відсутності зміни тиску). Причиною розігріву порід є зазвичай проникнення в них гарячих магм і потоку флюїдів, який їх супроводжує;
- 3** – пов'язана з **дегідратацією мінералів** в глибоких зонах земної кори. Вода, виділяючись при розкладанні мінералів, різко (на десятки - сотні градусів) знижує температуру початку плавлення порід. При цьому, плавлення розпочинається за рахунок появи вільної води.

Три розглянутих механізми зародження розплаву нерідко поєднуються:

- підйом астеносферної речовини в область зниженого тиску призводить до початку його плавлення;
- утворена магма проникає в літосферну мантію і нижню кору, що приводить до часткового плавлення порід;
- підйом розплавів в менш глибинні зони кори, де присутні гідроксилвмісні мінерали (слюди, амфіболи), призводить, в свою чергу, до плавлення порід при виділенні води.



Рухливість магми визначається її **в'язкістю**, що залежить від **хімічного складу і температури**. Найбільш низьку в'язкістю мають глибинні мантийні магми, що мають високу температуру (до 1600-1800°C в момент зародження) і містять мало кремнезему (SiO_2). Найбільша в'язкість властива магмі, що виникли за рахунок плавлення речовини верхньої континентальної кори при дегідратації мінералів: вони утворюються при температурі 700-600°C і максимально насичені кремнеземом.

За умовами глибинності утворення (або за фаціальною ознакою) магматичні породи розділяються на **інтрузивні**, або глибинні, і **ефузивні**, або породи, що вилилися.

Інтрузивні породи утворюються при кристалізації магматичного розплаву на глибині в товщах гірських порід; в залежності від глибини утворення поділяються на дві фації:

- 1) **абісальні** породи, що утворилися *на значній глибині* (кілька км),
- 2) **гінабісальні** породи, які утворилися на відносно *невеликій глибині* (~1-3 км).

Ефузивні породи утворюються в результаті застигання лави, яка вилилась на поверхню або дно океанів.

Утворення магматичних осередків у верхній мантії приурочено **до глибинних розломів** і викликано зменшенням тиску в зоні їх розвитку. Магма, що утворюється при цьому має назву **базальтової або материнської**. Її температура (виміряна під час виверження вулканів) складає 1100-1500°C і більше. При **опусканні земної кори в геосинклінальних прогинах** формуються великі області плавлення порід, що занурюються. При цьому утворюється так звана **гранітна магма**, а сам процес називається **гранітизацією**.

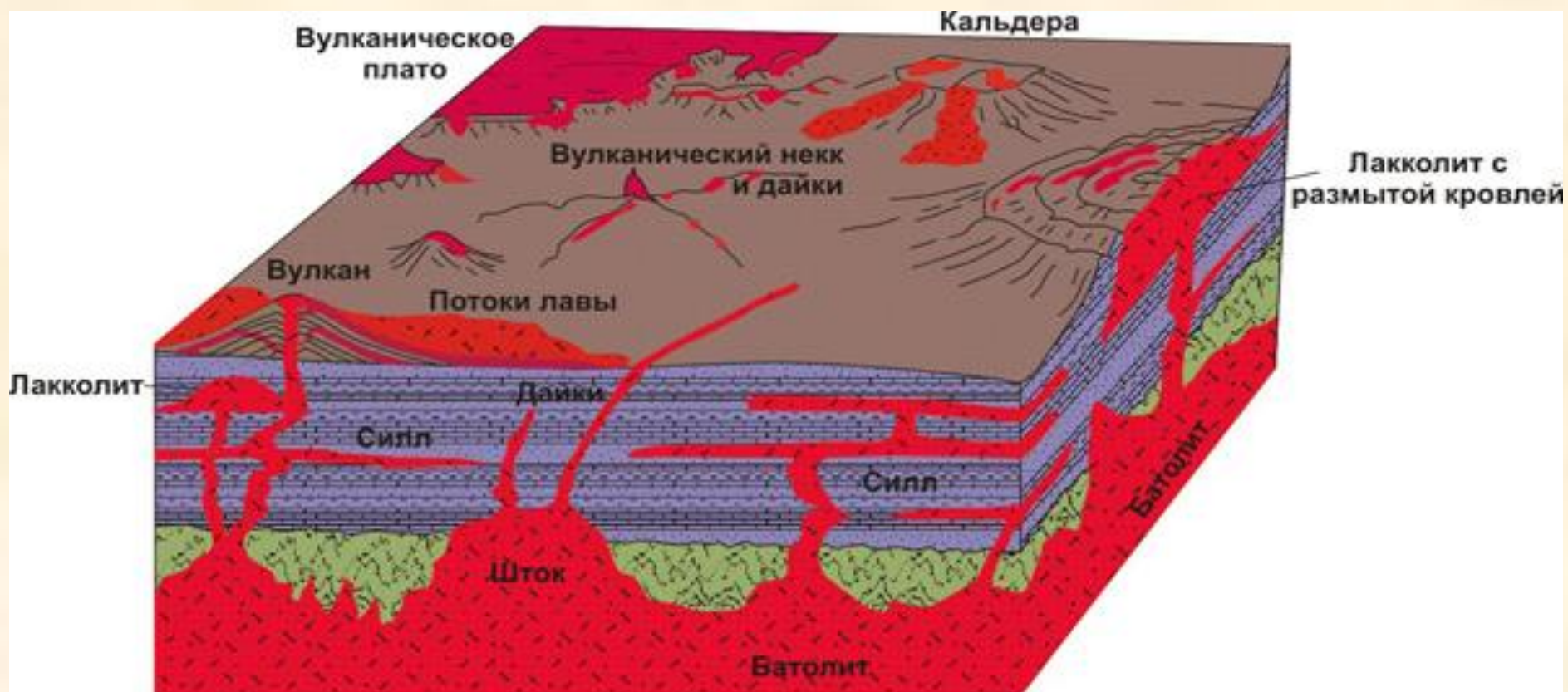
Базальтова (основна) і гранітна (кисла) магми мають не тільки різні умови утворення, склад і температуру, а й різними фізичними параметрами. В результаті на глибині формуються величезні, протяжністю в десятки і сотні кілометрів гранітні масиви – **батоліти** та їх відгалуження – **штоки**.

Порівняльна характеристика базальтових і гранітних магм

Тип магми	Вміст SiO ₂ , %	Питома вага, г/см ³	Колір	Температура при виверженнях, °С	Характеристика в'язкості
Базальтова	45-52	3-3,2	Темний	1000-1300	Рідка, текуча
Гранітна	>65	~2,7	Світлий	700-900	Густа, тістоподібна

При взаємодії з вміщуючими породами («рамою») магма впливає на них термічно і хімічно. Зона зміни приконтактової частини вміщуючих порід, має назву екзоконтактової. Її потужність – від перших см до десятків км в залежності від характеру вміщуючих порід і насиченості магми флюїдами. Інтенсивність перетворень істотно змінюється: від дегідратації і незначного ущільнення порід до повної заміни вихідного складу новими мінералами.

Процес проникнення магми називають **інтрузією** («intrusio» - проникнення). Якщо магма застигає серед вміщуючих порід (не сягає поверхні), то утворюються **інтрузивні тіла**. За відношенню до вміщуючих порід **інтрузиви** поділяються на **згодні** (конкордантні) і **незгодні** (дискордантні).

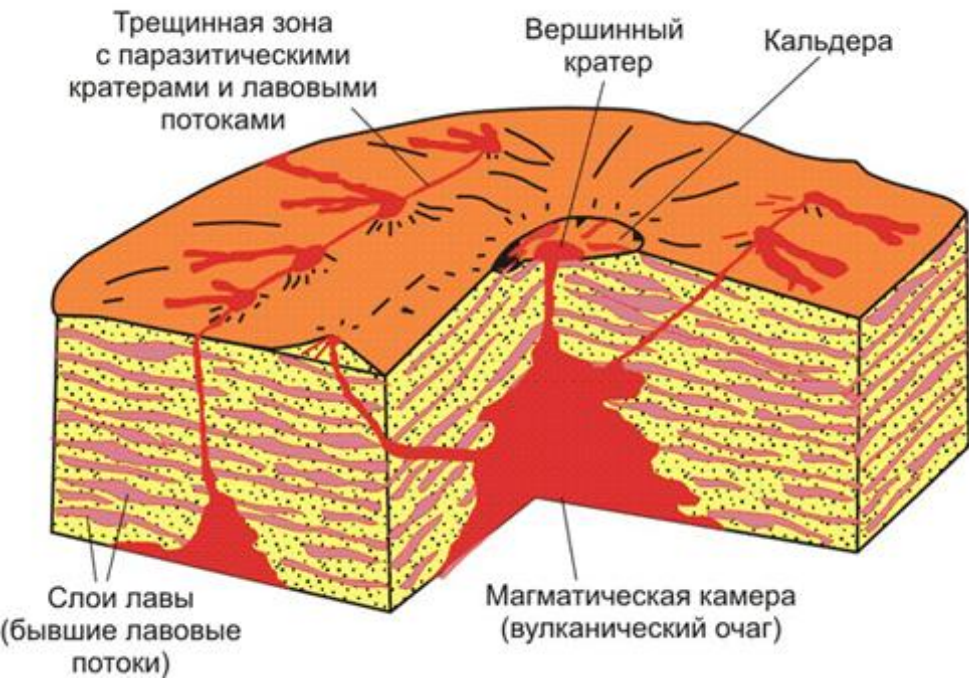
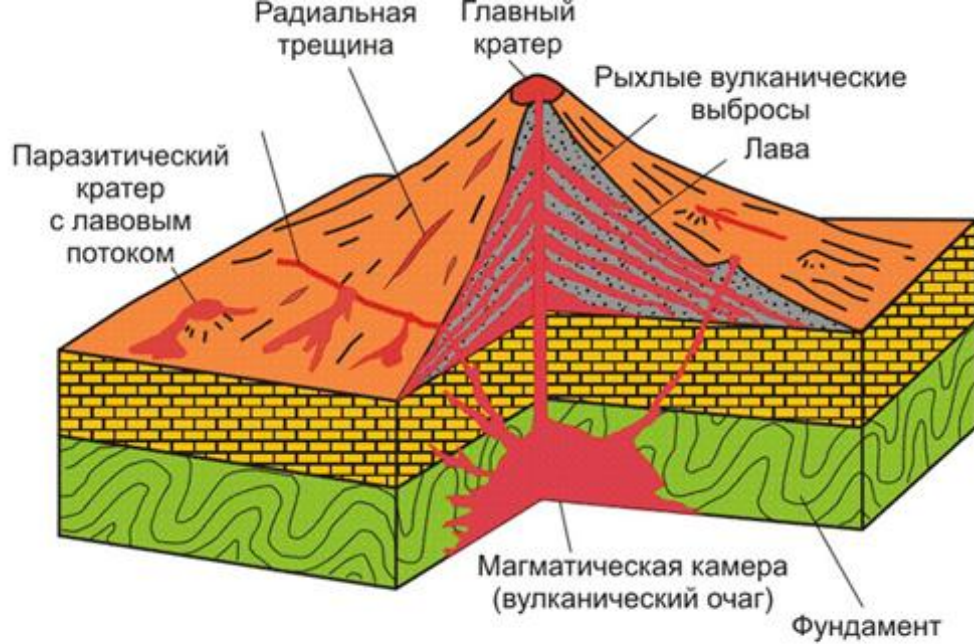


Розплави і гази, утворені в надрах планети, можуть досягати поверхні, приводячи до вулканічного виверження (вулканізму, ефузивному магматизму).

Залежно від складу магми за формою вивідного отвору (жерла) вулкани поділяються на **тріщинні** та **центральні**.

Особливості вулканізму в залежності від типу магми

Тип магми	Вміст SiO ₂ , %	В'язкість	Тип вулканічного апарата	Вулканічна споруда	Тип виверження	Ефузивні породи
Базальтова (основна)	45-52	Добре текуча	Тріщинний, центральний	Лавові покрови, потоки	Лавовий	Базальти
Андезитова (середня)	52-65	Середньої рухливості	Центральний	Вулканічний конус, потоки	Змішаний	Андезити
Гранітна (кисла)	>65	Густа, Тістоподібна	Центральний	Вулканічний конус	Газово-вибуховий	Ріоліти



У вулканів центрального типу (вгорі) виверження відбувається через підвідний трубоподібний канал – жерло, що проходить від вулканічного осередка до поверхні. Верхня частина жерла, що відкривається на поверхню, називається **кратер**.

Вулкани тріщинного (внизу), або лінійного типу мають вивідний отвір у формі протяжної тріщини (розтому)

Продукти виверження вулканів поділяються на **рідкі, тверді і газоподібні.**

Тверді продукти вивержень представлені пірокластичними породами(грец. «pyr» - вогонь і «klastos» - ламаю, розбиваю) – уламкові гірські породи, що утворилися в результаті накопичення викинутого під час вивержень вулканів матеріалу.

Класифікація пірокластичних порід

Розмір уламків, мм	Назва порід
більше 50	вулканічні бомби
2-50	лапілі
0,1-2	вулканічні псаміти
менше 0,1	вулканічний пил



Газоподібні продукти вивержень представлені парами води, вуглекислим газом, воднем, азотом, аргоном, оксидами сірки та іншими сполуками (HCl, CH₄, H₂BO₃, HF та ін.).

Рідкими продуктами вивержень є лави.

Лава (від італ. «lava» – затоплюю) – це рідка або в'язка розплавлена маса, що надходить на поверхню під час вулканічних вивержень. Лава від магми відрізняється низьким вмістом летких компонентів, що пов'язано з дегазацією магми в міру просування до поверхні.



Основні (базальтові) лави зазвичай рідкі, що пов'язано з низьким вмістом кремнезему і високою температурою при виході на поверхню (близько 1000-1100°C і більше).

Завдяки рідкому стану вони легко віддають гази, що визначає ефузивний характер вивержень, і здатність розливатися на великі відстані у вигляді потоків, а в районах зі слабо розчленованим рельєфом утворювати великі покриви. Особливості будови поверхні лавових потоків дозволяє виділяти серед них *два типи*, яким дано гавайські назви. Перший тип називається *нахоехое* (або канатні лави) і утворюється на поверхні лав, що швидко течуть. Лава, що тече, покривається кіркою, яка в умовах активного руху не встигає надбати істотної потужності і швидко хвилеподібно зморщується. Ці «хвилі» при подальшому русі лави збиваються і виглядають як укладені поруч **канати**.



Канатні лави основного складу (базальтові)

Другий тип – **аа-лава** – притаманний більш в'язким базальтовим (або іншого складу) лавам. Через більш повільну течію кірка набуває більшу товщину і розламується на незграбні уламки, поверхня аа-лав являє собою скупчення гострокутих уламків з шиповидними або голкоподібними виступами.

Для в'язких **середніх і кислих** розплавів, характерне утворення ***брилових лав***.

При виливанні рідкої базальтової лави в воду відбувається швидке застигання поверхні потоків, що призводить до утворення своєрідних «труб», всередині яких продовжує рухатися розплав. Видавлюючись з краю такої «труби» в воду, порція лави набуває каплеподібної форми.

Нагромадження таких лав називають ***подушковими лавами*** або ***піллоу-лавами***.



Аа-лава - більш в'язкі базальтові (або іншого складу) лави



Брилові лави зовні близькі до аа-лав і відрізняються від них відсутністю шиповидних і голкоподібних виступів, а також тим, що брили на поверхні мають більш правильну форму і гладку поверхню.

Подушкові лави (піллоу-лави)





Екструзія Верблюд – пам'ятник природи (півострів Камчатка, Росія)

Корисні копалини магматичного походження. З процесами магматизму, особливо інтрузивного, пов'язана велика різноманітність корисних копалин. А саме, магматичне походження мають близько 46% відомих родовищ. На стадії кристалізації магми утворюються власне магматичні родовища, пов'язані відповідно з породами ультраосновного, основного і лужного складів. Це родовища *хромітів, алмазів, титаномagnetитових, сульфідних, мідно-нікелевих руд, платини, а також апатитів*, використовуваних у виробництві фосфорних добрив.

Форми рудних тіл магматичних родовищ складні – у вигляді жил, гнізд, труб, лінз, рідше плит. Інша особливість – їх комплексність, що обумовлює специфіку видобутку і переробки рудної сировини.

МЕТАМОРФІЗМ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Метаморфізм – процес мінеральних і структурно-текстурних перетворень існуючих гірських порід будь-якого складу і походження, що протікає через зміну термодинамічних умов геологічного середовища.

Фактично в усьому обсязі кори, який розташовується нижче температурного рівня 150-200°C, безперервно відбуваються метаморфічні перетворення в гірських породах. Це викликано тим, що вода, що насичує гірські породи, в таких умовах переходить в пароподібний стан, проникає в пори і тріщини, де грає роль каталізатора хімічних реакцій. З підвищенням температури, тобто з глибиною інтенсивність цих перетворень багатократно зростає.

ДВІ НАЙВАЖЛИВІШІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ МЕТАМОРФІЗМУ

- 1) вихідні породи в ході метаморфічних змін зберігають твердий стан (тобто перетворення порід відбувається без їх плавлення, що відрізняє від магматичних процесів і процесів утворення мігматитів);
- 2) процес метаморфізму є субізохімічним – валовий хімічний склад метаморфічної породи і породи, за рахунок якої вона утворилася, залишаються однаковими (незначні його зміни зводяться до часткової втрати флюїдної фази), тобто система є односторонньо відкритою, яка втрачає, але не набуває речовини ззовні.

Факторами метаморфізму, що визначають спрямованість і ступінь зміни вихідних мінеральних парагенезисів, є температура, тиск і наявність в породі флюїдної фази.

Температура. Підвищення температури пов'язано з геотермічних градієнтом, що обумовлює нагрівання порід, що занурюються, або з впливом магматичних розплавів і гарячих флюїдів, які проникають. Метаморфічні перетворення починаються при температурі близько 200°C і тривають до плавлення порід.

Тиск. Основну роль при процесах метаморфізму відіграє літостатичний тиск, обумовлений вагою вищезалягаючих порід.

Активність флюїду. Наявність флюїдної фази в значній мірі визначає загальний тиск в метаморфічній системі, характер деформації порід, теплоперенос, транспортування речовин при хімічних реакціях. Присутність або відсутність флюїдів визначає саму можливість метаморфічних реакцій: присутність води різко прискорює процеси перекристалізації мінералів, крім того, оскільки метаморфічні реакції проходять в твердому стані, то саме флюїд забезпечує перенесення хімічних компонентів від зерен, що розчиняються, до зерен, що утворюються. При цьому важливу роль має не тільки кількість, але і склад флюїду, що впливає на зміну P-T умов метаморфічних реакцій. Так при підвищеному вмісту CO₂ у флюїдній фазі початок багатьох метаморфічних реакцій зміщуються в бік більш низьких температур.

Залежно від геологічної обстановки і вкладу того чи іншого фактора, метаморфізм і метаморфічні породи прийнято поділяти на кілька класів:

- регіональний** (динамо-термальний метаморфізм), що охоплює значні за обсягами і площею ділянки, саме тому він називається регіональним;
- контактовий** метаморфізм;
- дислокаційний** метаморфізм.

Регіональний метаморфізм охоплює великі об'єми порід, просторово співмірні з великими тектонічними структурами. Він обумовлений одночасним впливом *температури*, викликаної ендегенним тепловим потоком, і *тиску*. Прояви такого метаморфізму пов'язані тектонічно активними зонами, зокрема з зонами горотворення.

Виділяються *зони регіонального метаморфізму* – верхня (епізона), середня (мезозона), нижня (катазона) і зона ультраметаморфізма, де в результаті часткового або повного розплавлення (анатексіса або палінгенезію) виникає гранітна магма.

Мігматити (грец. *Migma* – змішання, суміш) називають гірську породу, що складається з метаморфічної вміщуючої речовини з жилками, близькими за складом до граніту.

У мігматиті присутні два головні компоненти, що створюють специфічну текстуру:

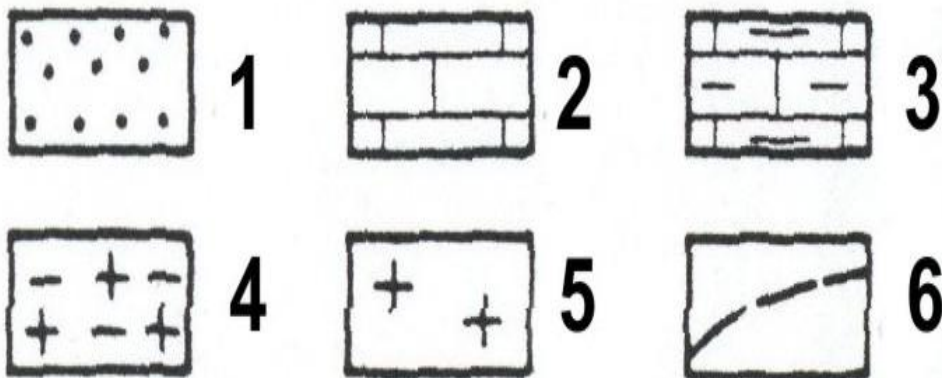
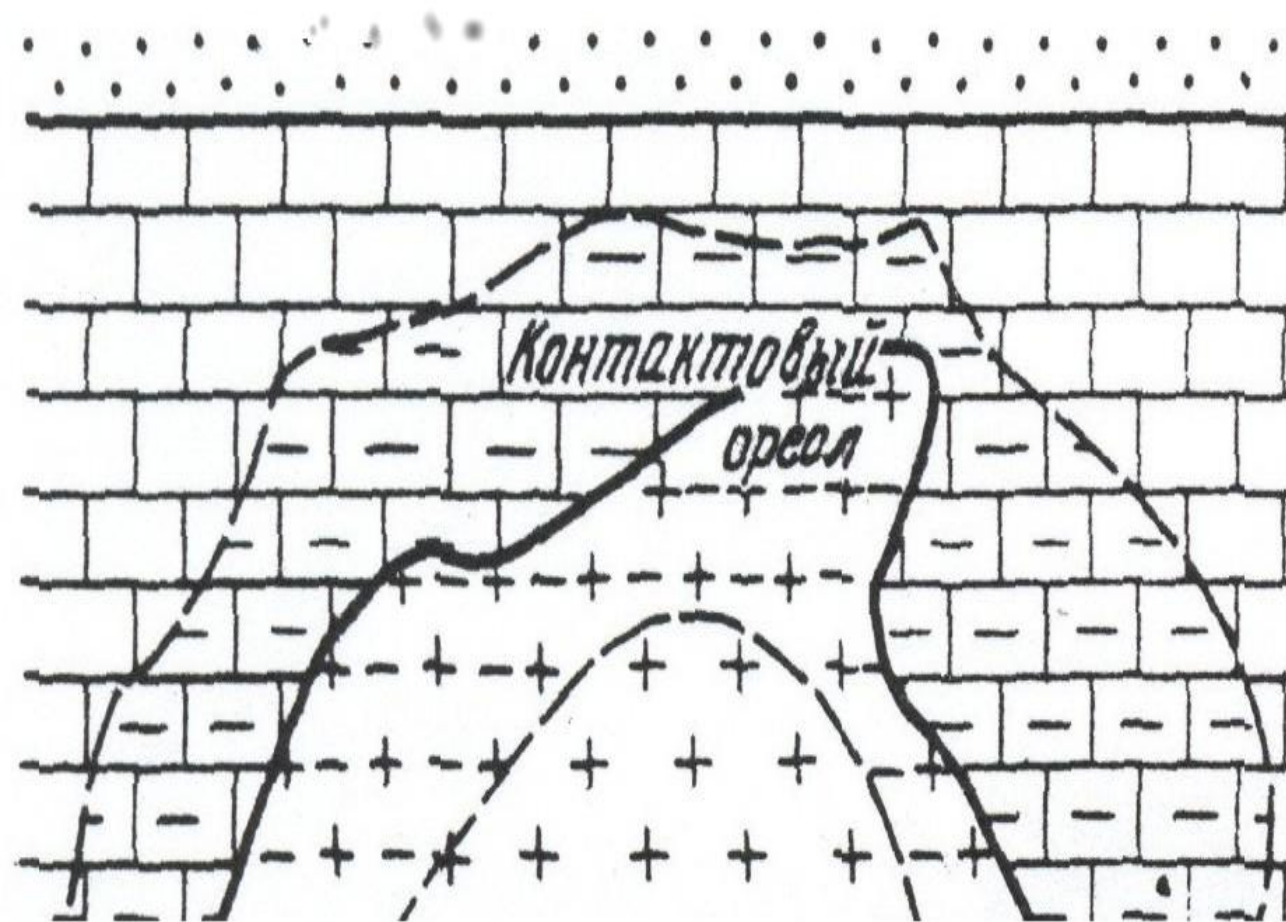
- релікти вихідної метаморфічної породи (так звана палеосома);
- новостворені в ході магматичного і (або) метасоматичного процесу прожилки або лінзи (неосома), частина з яких близька за складом до граніту.

Контактовий (або термальний) метаморфізм

пов'язаний з впливом теплового потоку магматичних розплавів і флюїдних потоків, що їх супроводжують, на вміщуючі породи земної кори.

Головним фактором, що регулює утворення контактових метаморфічних порід є збільшення температури. Масштаби контактового впливу на породи залежать від складу, об'ємів і температури магматичного тіла. Змінення порід на контактах з невеликими дайками, сіллами і лавовими потоками мають ширину від міліметрів до декількох метрів, при цьому в них не відмічається значного перетворення порід (іноді обмежується лише дегідратацією мінералів).

Схема розташування зон контактового метаморфізму:
 1,2 - осадові породи,
 3 - метаморфізовані породи екзоконтактової зони,
 4 - метаморфізовані породи ендоконтактової зони,
 5 - незмінені граніти,
 6 - границя контактового ореолу



Динамічний (або дислокаційний) метаморфізм відбувається в умовах підвищеного тиску при відносно низьких температурах (точніше за відсутності надлишкових у порівнянні з нормальним геотермічним градієнтом теплового потоку).

Головним регулюючим фактором утворення метаморфічних порід є підвищення тиску. Такий метаморфізм пов'язаний з зонами тектонічних деформацій (зминання, розломів). Інтенсивність метаморфічних перетворень зростає в міру наростання інтенсивності тектонічних напружень.

У малоглибинних умовах при низьких температурах гірські породи поведуться як крихкі тіла, що призводить до їх дроблення на уламки різної розмірності і формування катакластичних текстур.



Сланці



Гнейси



Мігматити



Мармур

Метаморфізм і корисні копалини. Рудні і нерудні корисні копалини, гірські породи в результаті метаморфізму, змінюють умови залягання, хімічний склад, структуру і текстуру.

Всі родовища корисних копалин, формування яких пов'язане з процесами метаморфізму, називаються метаморфогенними. Серед них розрізняють *метаморфізовані* і *метаморфічні*.

Метаморфізовані виникають за рахунок зміни існуючих раніше родовищ різного походження.

Метаморфічні являють собою змінені гірські породи, які в результаті метаморфізму набули корисних якостей. Такими є родовища мармурів, кварцитів, покрівельних сланців, графіту, яшми.