

Лекция 2

Образование магматических горных пород. Последовательность кристаллизации минералов. Геологические условия залегания магматических пород.

ПЕТРОГРАФИЯ

СТ. ПРЕПОДАВАТЕЛЬ КАФЕДРЫ ГРМПИ

ЛИ ЕЛЕНА СЕРГЕЕВНА

Магматические породы

- ▶ Земная кора сложена горными породами различного происхождения.
- ▶ Магматические породы по данным Ф. Кларка и Х. Вашингтона занимают около 95 % объема земной коры до глубины 16 км.
- ▶ Причем, следует помнить, что приповерхностные участки Земли сложены на 75 % осадочными породами.
- ▶ Магматические породы образуются из высокотемпературных расплавов (магм) в результате кристаллизации или кристаллизации и затвердевания.

Магма

- ▶ 1. Магмы имеют преимущественно силикатный состав, представляют собой первоначально огненно-жидкое состояние, содержат растворенные летучие компоненты.
- ▶ 2. Магмы зарождаются в мантии или в нижних участках земной коры и внедряются в верхние сечения земной коры в результате тектонических процессов.
- ▶ 3. Это приводит к остыванию магм и формированию тел магматических пород на поверхности земли или в ее недрах.
- ▶ 4. В результате различных условий образования пород и состава исходных магм существует большое количество видов магматических пород.

Образование и состав магмы

- На границе литосферы и мантии (120-150 км) находятся многочисленные очаги магмы - расплавов горных пород.
- Магматические очаги образуются также на различных глубинах в литосфере.
- В верхней части литосферы возникает кислотный расплав горных пород, образующий граниты и гранитный слой земной коры.
- В нижней части литосферы образуется расплав основного состава, формирующий «базальтовый» слой земной коры из пород, обогащенных магнием, кальцием и железом (порода базальт из этой магмы возникает на поверхности Земли).

СОСТАВ МАГМЫ

- Магма содержит: O, Si, Al, Fe, Mg, Ca, Ti, Na, K. По объему они составляют 90-95 % - преобладающие в земной коре.
- 5-3% - расплавленные металлы, чаще в соединении с комплексными анионами.
- 5-2% - летучие компоненты – пары воды в виде ионов OH^- и H^+ , а также газы CO , CO_2 , F_2 , HCl , HF , CH_4 , H_2S , SO_2 , B_2O_3
- В магме есть участки с упорядоченным строением – кремнекислородные тетраэдры, их цепочки и ленты, слои.

Магма и ее образование

- Магма – расплавленное вещество литосферы или мантии, преимущественно силикатного состава, содержащее также расплавленные сульфиды, оксиды и летучие компоненты (газы).
- Магма образуется двумя путями. Первый – за счет локального повышения температуры при поступлении теплового потока из недр Земли. Второй – при понижении давления в определенном месте за счет движения блоков земной коры. Эти факторы в сочетании с определенным химическим составом горных пород вызывают появление расплава.
- Химический состав магмы соответствует эвтектике – легкоплавкому составу.

СВОЙСТВА МАГМЫ

- Температура – от 2000 до 800 градусов С в зависимости от состава и глубины образования.
- Летучие компоненты препятствуют затвердеванию расплава, понижая температуру его кристаллизации, поэтому магма остается жидкой во время дальнейшего движения.
- Магма имеет меньший удельный вес по сравнению с окружающими породами и стремится подняться к поверхности Земли.

Лава

Лава – магма, обедненная летучими компонентами в процессе подъема вверх. Магмы и лавы подразделяются, как и горные породы по содержанию SiO_2 :

- ✓ Кислые ($\text{SiO}_2 > 65\%$)
- ✓ Средние (65 - 52%)
- ✓ Основные (52 – 45%)

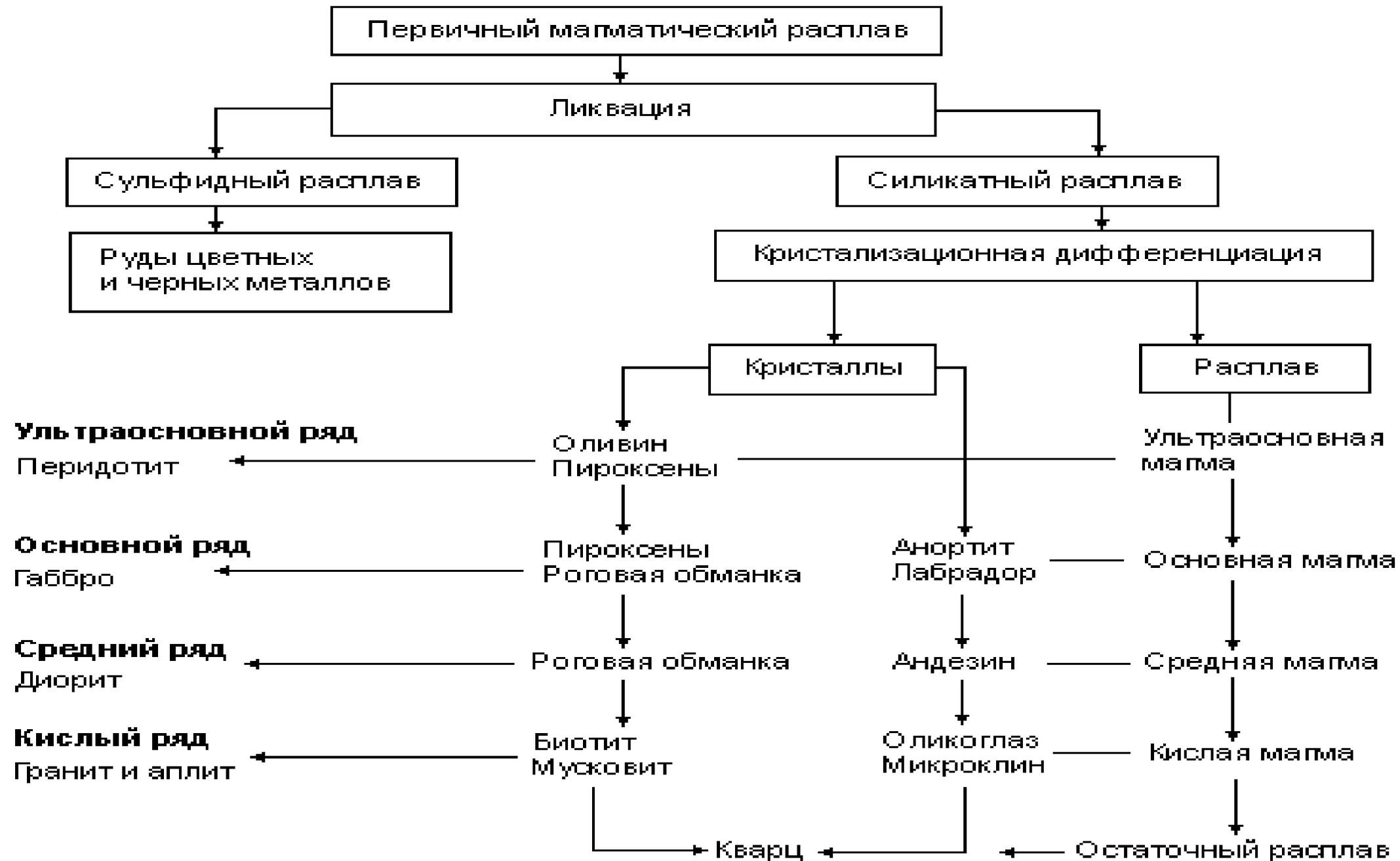
Составы магм

Основные магмы - тяжелые, высокотемпературные (до $1500 - 2000^\circ\text{C}$), обогащены кальцием, магнием и железом, отличаются малой вязкостью и большой подвижностью.

Кислые и средние магмы ($800 - 1300$ град. С), обогащенные натрием и калием, отличаются высокой вязкостью и малой подвижностью.

Движение магмы

- Подъем магмы может осуществляться путем капельного просачивания через толщу пород или по трещинам в горных породах литосферы, где давление понижено.
- Поднятие продолжается до зоны ослабленного всестороннего давления, где магма скапливается, и образуется вторичный очаг.
- Во вторичном очаге магма может оставаться миллионы лет, постепенно кристаллизоваться (затвердевать), образуя магматические горные породы – процесс интрузивного магматизма.
- Если возникает зона трещиноватости с пониженным давлением, магма поднимается до поверхности – эффузивный магматизм (вулканизм).



Дифференциация магмы

- Во вторичном очаге магма остается миллионы лет и испытывает **дифференциацию – разделение по химическому составу**. Спокойное состояние магмы во вторичном очаге способствует ее **ликвации** – разделению расплава по химическому составу на оксидно-сульфидную и силикатную части. (Вспомните разделение смеси масла и воды). Внизу расплав обогащен сульфидами и рудными оксидами. Выше располагается силикатный расплав.
- Второй вид дифференциации - **кристаллизационная дифференциация магмы**. Постепенное остывание магмы способствует процессу ее кристаллизации, которая сопровождается дифференциацией по химическому составу вследствие разных температур плавления минералов.

КРИСТАЛЛИЗАЦИОННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МАГМЫ

- Первыми из расплава кристаллизуются тугоплавкие минералы – с высокими температурами плавления. Эти минералы возникают в сульфидно-оксидном расплаве. К ним относятся – магнетит, титаномагнетит, ильменит, хромит.
- Затем кристаллизуются сульфиды железа, никеля, меди (халькопирит), выпадающие из расплава. Кристаллы сульфидов и оксидов образуют рудные месторождения.

Значение дифференциации

- Дифференциации может подвергаться магма любого состава. Классическая дифференциация описана выше для магмы основного состава.
- В настоящее время считают, что магма в первичном очаге может образоваться любого состава, что связано с глубиной ее образования. Однако чаще образуются магмы основного или кислого составов, которые также испытывают дифференциацию.
- Магматическая дифференциация играла большую роль на ранних этапах развития Земли и привела к образованию базальтового и гранитного слоев земной коры.
- Сейчас между ними выделяют также диоритовый, переходный слой земной коры.

Главные классификационные признаки горных пород

- ▶ 1. Геологические процессы (эндогенные, экзогенные, космогенные).
- ▶ 2. Фациальные условия образования (глубина застывания магмы).
- ▶ 3. Вещественный состав (химический и минеральный).
- ▶ 4. Строение горных пород (текстура и структура).

КЛАССЫ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

- ▶ Магматические породы по фациальным условиям (глубине образования) делятся на:
- ▶ 1) плутонический класс;
- ▶ 2) вулканический класс;
- ▶ 3) гипабиссальный класс.

ПЛУТОНИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

- ▶ 1. Плутонические породы образуются на глубинах более 3 км.
- ▶ 2. Их кристаллизация осуществляется длительное время (до сотен миллионов лет).
- ▶ 3. Кристаллизация магмы идет в сочетании с явлениями:
 - ▶ а) **дифференциации** (разделении магмы на составные части);
 - ▶ б) **ассимиляции** (полного поглощения магмой вмещающих пород);
 - ▶ в) **гибридизации** (скрещивания);
 - ▶ г) **контаминации** (загрязнения за счет компонентов вмещающих пород);
 - ▶ д) **метасоматоза** (привноса – выноса вещества).

ВУЛКАНИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

- ▶ 1. Вулканические породы затвердевают – кристаллизуются на поверхности земли, иногда под толщей воды или льда.
- ▶ 2. Эти породы содержат часто вкрапленники (фенокристаллы), которые выделились из расплава в глубинных условиях при остывании магмы в промежуточных магматических камерах и вынеслись магмой на поверхность Земли.
- ▶ 3. Расплав, содержащий крупные кристаллы (вкрапленники) на поверхности земли быстро остывает, подвергается кристаллизации – затвердеванию, образуя основную массу породы (матрикс).
- ▶ 4. Основная масса (матрикс) породы состоит из:
 - ▶ а) мельчайших кристалликов (микролитов);
 - ▶ б) вулканического стекла.
- ▶ 5. Матрикс имеет афанитовое (неразлично зернистое строение).

ГИПАБИСССАЛЬНЫЕ ПОРОДЫ

- ▶ 1. Гипабиссальные породы, являются промежуточными между вулканическими и плутоническими.
- ▶ 2. Они характеризуются обычно мелкой зернистостью, порфировидным (неравномерно-зернистым) строением, но не содержат вулканического стекла, в отличие от вулканических пород.
- ▶ 3. Гипабиссальные породы слагают дайки, силы, штоки и субвулканические тела (имеющие во время образования связь с поверхностью).
- ▶ 4. Аналогичные породы отмечаются во внутренних частях вулканических покровов и в краевых приконтактовых зонах плутонических массивов.

ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД

- ▶ 1. Магматические горные породы слагают геологические тела.
- ▶ 2. Форма залегания является важнейшим признаком, по которому выделяются классы магматических пород.
- ▶ 3. Изучение формы и внутреннего строения является важнейшей задачей структурной петрологии.
- ▶ 4. Формы залегания магматических пород определяются:
 - ▶ а) глубиной становления и механизмом внедрения магмы;
 - ▶ б) тектонической структурой вмещающих пород;
 - ▶ в) характером тектонических движений во время формирования магматических тел.
- ▶ 5. С учетом влияния этих факторов выделяются формы залегания интрузивных и эффузивных пород.

Формы залегания интрузивных пород

- ▶ 1. Интрузивные тела всегда формируются под покрывкой вмещающих пород.
- ▶ 2. В зависимости от глубины становление тел, выделяются:
 - ▶ а) гипабиссальные (глубина менее 3 км);
 - ▶ б) мезо-абиссальные (от 3 до 10 км) и
 - ▶ в) абиссальные (более 10 км) интрузии.
- ▶ 3. По характеру становления они подразделяются на простые и сложные.
- ▶ 4. Простые (гомодромные) интрузивные тела возникают в результате одного этапа внедрения магмы в данный участок литосферы.
- ▶ 5. Сложные (мультиплетные, антидромные) интрузивные тела возникают в несколько этапов (фаз).
- ▶ 6. При последовательных внедрениях состав магмы мог меняться, а интрузивные тела оказывались сложенными породами различного состава.
- ▶ 7. Такие тела называются **многофазными**.

- ▶ 1. Разнообразие состава пород интрузивных тел объясняется сложными процессами дифференциации (расщепления) магмы, внедрившейся в один этап (фазу).
- ▶ 2. Если различные типы пород распределяются в интрузивном теле в виде более или менее параллельных полос, то это псевдо-стратифицированные (расслоенные) интрузии.
- ▶ 3. По соотношению времени внедрения магмы и складчатости выделяются три типа интрузивных тел:
 - ▶ а) доскладчатые (доорогенные);
 - ▶ б) соскладчатые (синорогенные);
 - ▶ в) послескладчатые (посторогенные).

Согласные и несогласные интрузивные тела

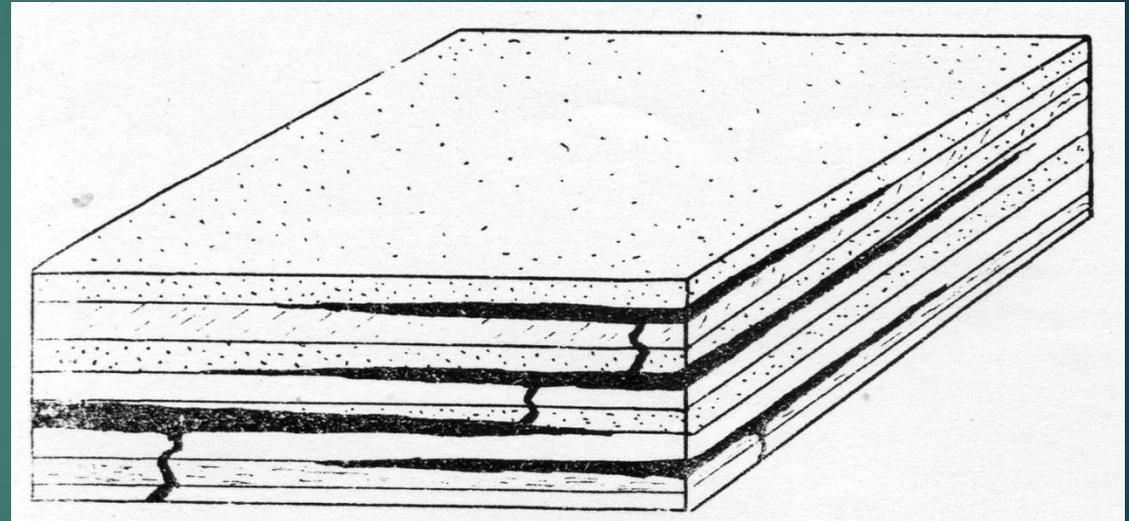
- ▶ Общепринятой генетической классификации интрузивных тел пока не существует.
- ▶ Поэтому они подразделяются на группы и типы по их отношению к вмещающим толщам.
- ▶ Этот признак позволяет выделить:
- ▶ **1) согласные (конкордатные) и**
- ▶ **2) несогласные (дискордатные) интрузивные тела.**
- ▶ **Согласные тела** залегают параллельно с плоскостями наслоения вмещающих пород.
- ▶ **Несогласные тела** занимают секущее положение.



СОГЛАСНЫЕ ИНТРУЗИВНЫЕ ТЕЛА

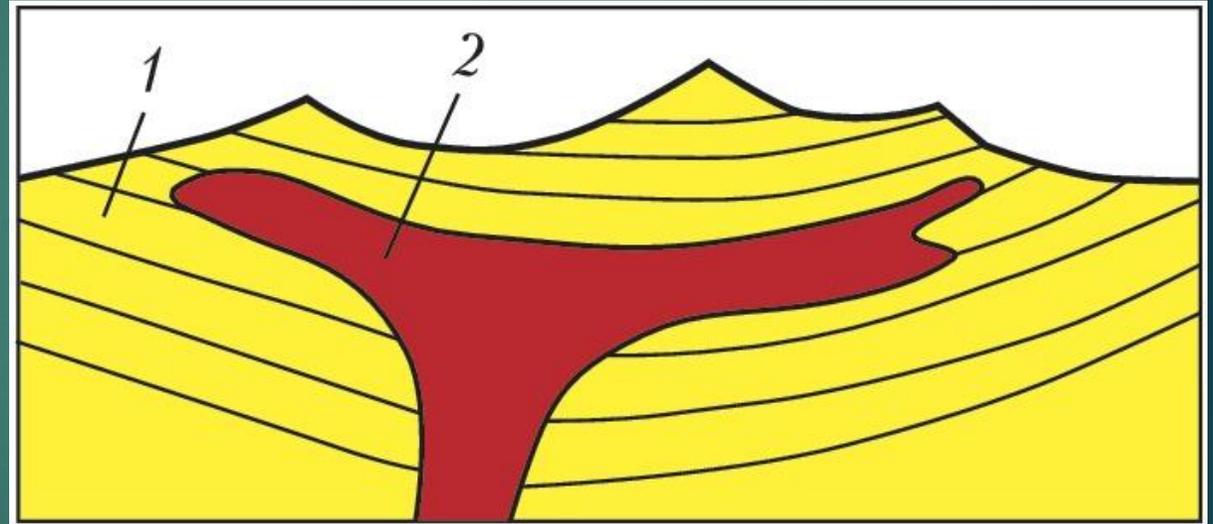
Силл

- ▶ 1. Это пластообразное интрузивное тело, расположенное в горизонтально залегающих или слабо дислоцированных толщах.
- ▶ 2. В силах различаются верхняя (кровля), нижняя (подошва) поверхности и приводной канал.
- ▶ 3. Кровля и подошва на значительных расстояниях параллельны.
- ▶ 4. Мощность таких тел меняется от долей метра до нескольких десятков и даже сот метров.
- ▶ 8. Как правило, силлы слагаются основными породами, но встречаются интрузивные залежи и другого состава.



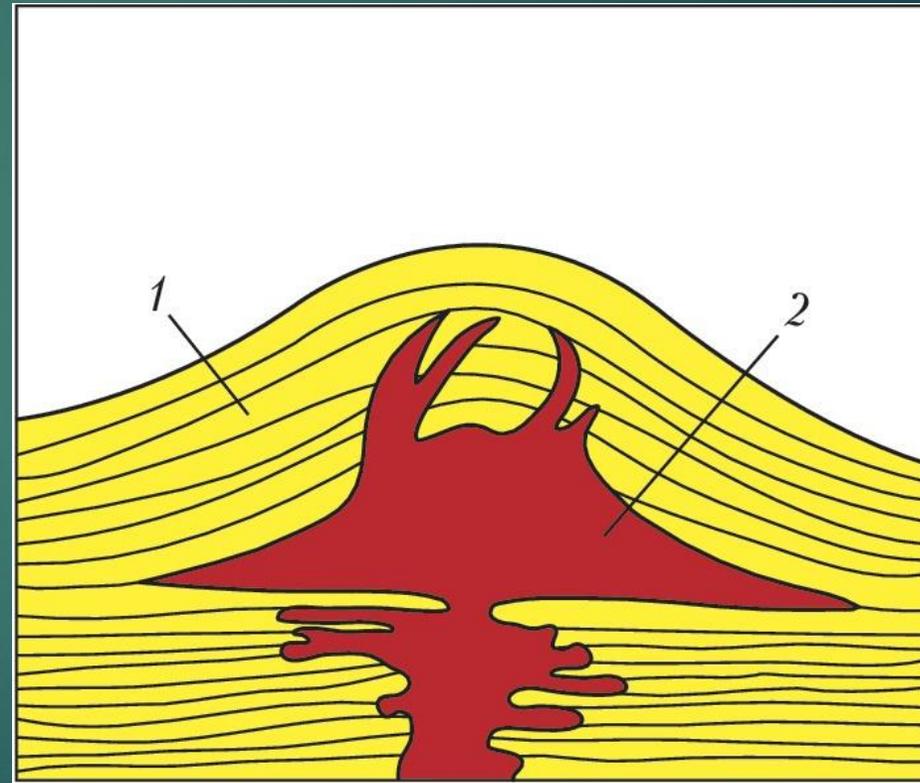
ЛОПОЛИТ

- ▶ 1. Это крупное по размерам чашеобразное интрузивное тело, опущенное в центре.
- ▶ 2. Обычно лополиты имеют очень большую мощность (сотни, тысячи метров).
- ▶ 3. Как правило, слагаются основными породами, с подчиненным количеством ультраосновных, а иногда и кислых пород.



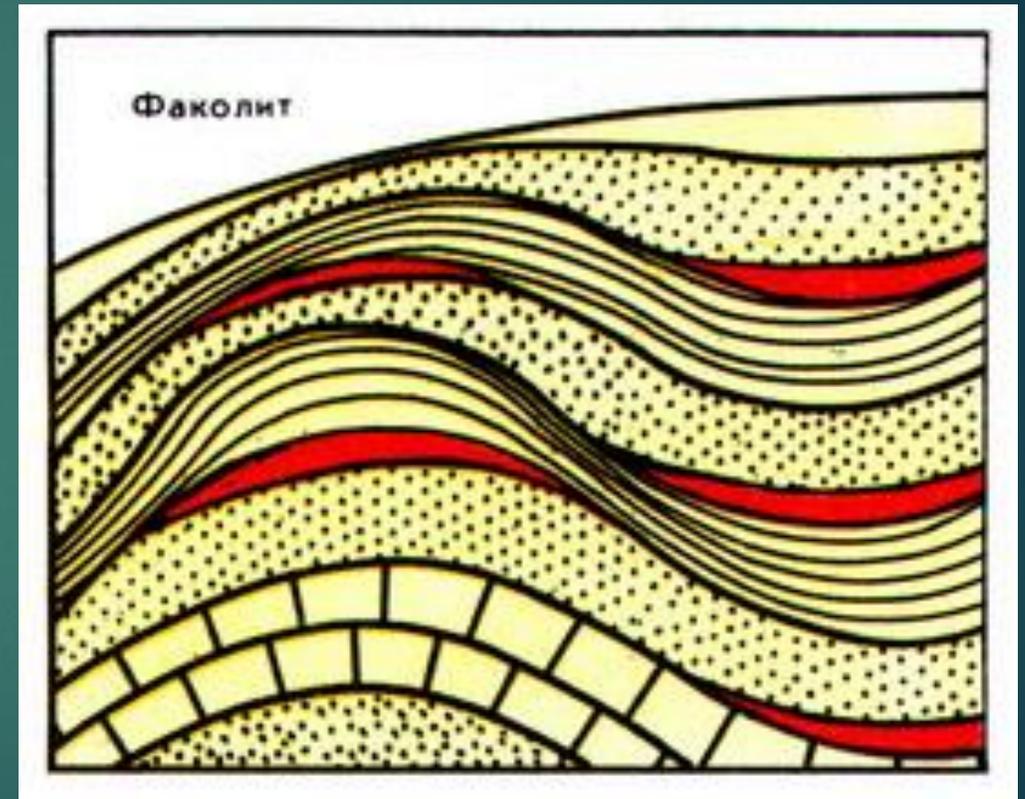
Лакколит

- ▶ Имеет плоское, почти горизонтальное основание и куполообразную приподнятую кровлю.
- ▶ На эрозионных срезах лакколиты имеют округлые или овальные очертания.
- ▶ По размерам это обычно небольшие интрузивные тела с диаметром от нескольких сот метров до первых километров.
- ▶ По форме различают симметричные и ассиметричные лакколиты.



ФАКОЛИТ

- ▶ Это линзовидное интрузивное тело, залегающее в ядрах антиклинальных складок.
- ▶ Возникает в интенсивно дислоцированных толщах и имеет относительно небольшие размеры.
- ▶ Образование этих бескорневых интрузивных тел происходит одновременно со складчатостью.
- ▶ Факолиты слагаются кислыми породами и встречаются реже остальных интрузивных тел.

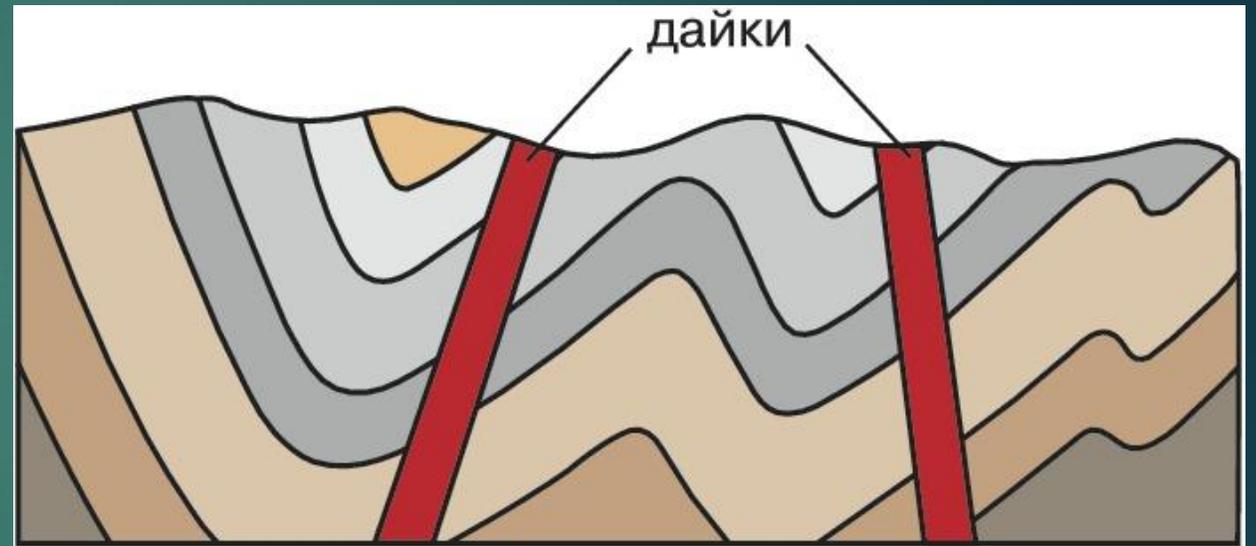




НЕСОГЛАСНЫЕ ИНТРУЗИВНЫЕ ТЕЛА

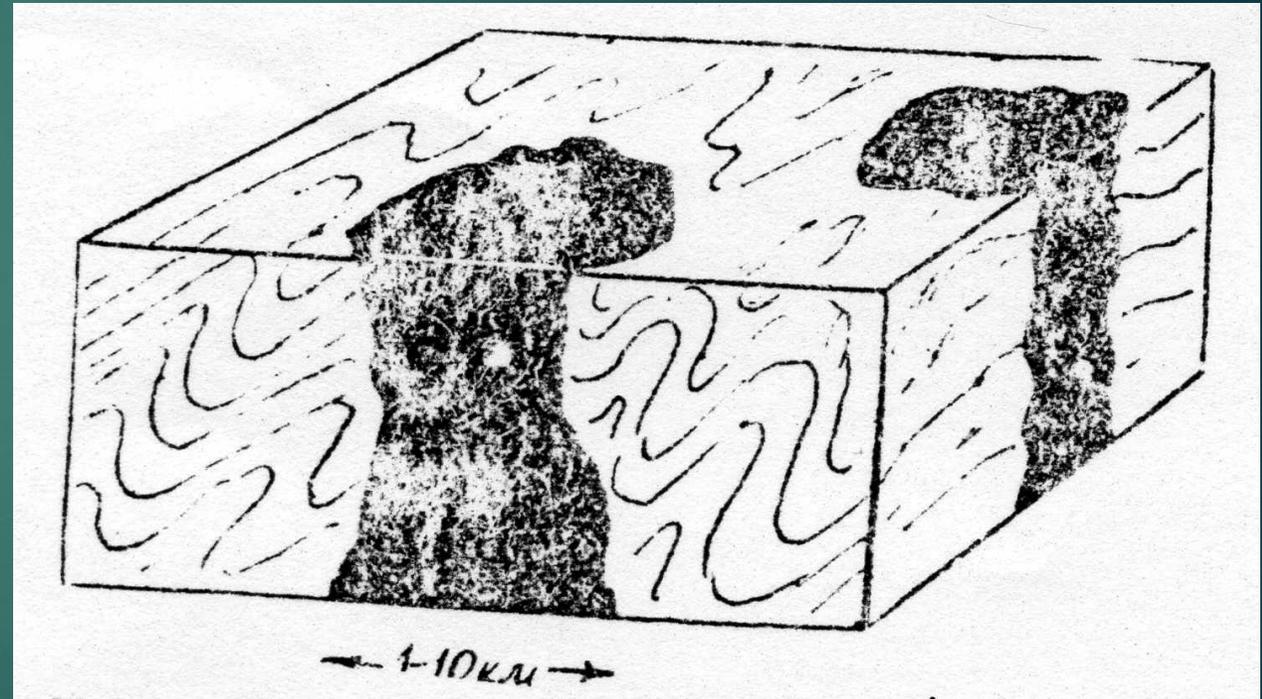
Дайка

- ▶ Это крутопадающие стенки, имеющие значительную протяженность при относительно небольшой мощности.
- ▶ Различают висячий и лежачий бока, которые субпараллельны.
- ▶ Мощность даек - от нескольких см до десятков и даже сотен м.
- ▶ Дайки могут встречаться поодиночке, но часто наблюдаются группами.



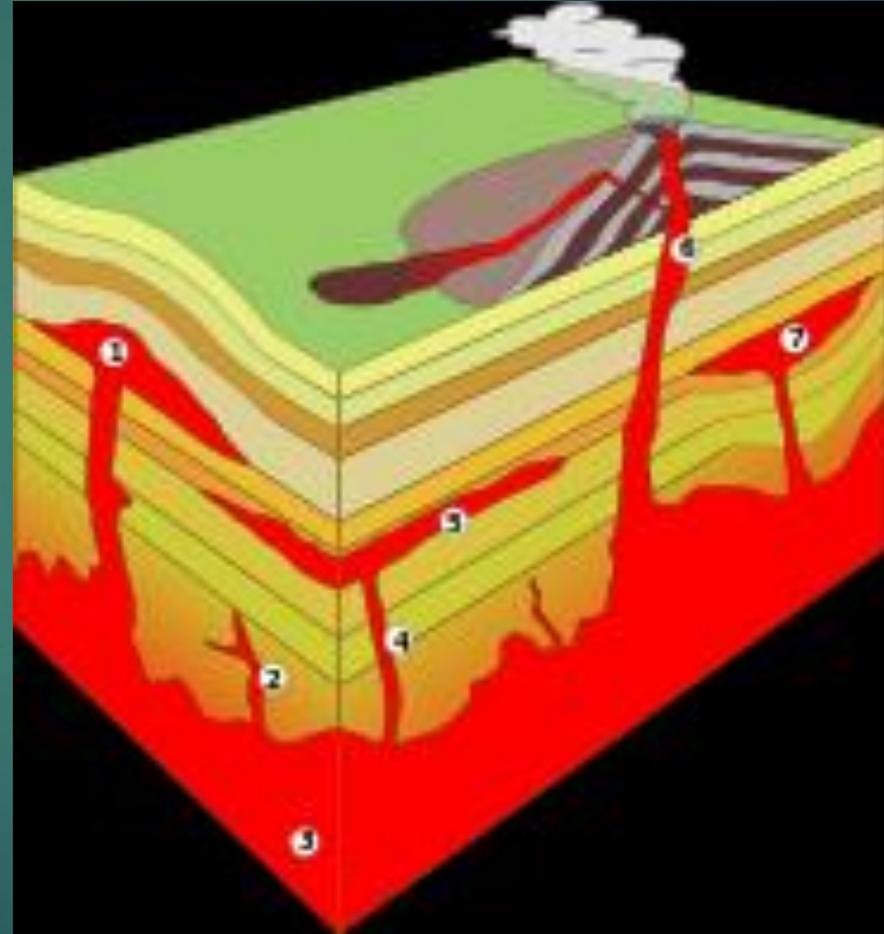
ШТОК

- ▶ Это неправильной формы несогласное интрузивное тело небольших размеров.
- ▶ Их контактовые поверхности крутые или вертикальные.
- ▶ В плане штоки имеют изометричные формы с извилистыми границами.
- ▶ Размеры этих тел могут меняться, но обычно к штокам относят тела, площадь выхода которых на поверхность не превышает 100 км².



БАТОЛИТ

- ▶ В переводе с греческого – бездонный.
- ▶ Это очень крупное магматическое тело неправильной формы.
- ▶ 3) огромный объем и исключительно широкое площадное распространение, измеряемое тысячами и десятками тысяч км²;
- ▶ 4) однородный гранитный или гранодиоритовый состав.





Формы залегания эффузивных пород

Формы залегания эффузивных пород определяются:

- ▶ 1) типом извержений,
- ▶ 2) составом изливающейся магмы,
- ▶ 3) рельефом местности.

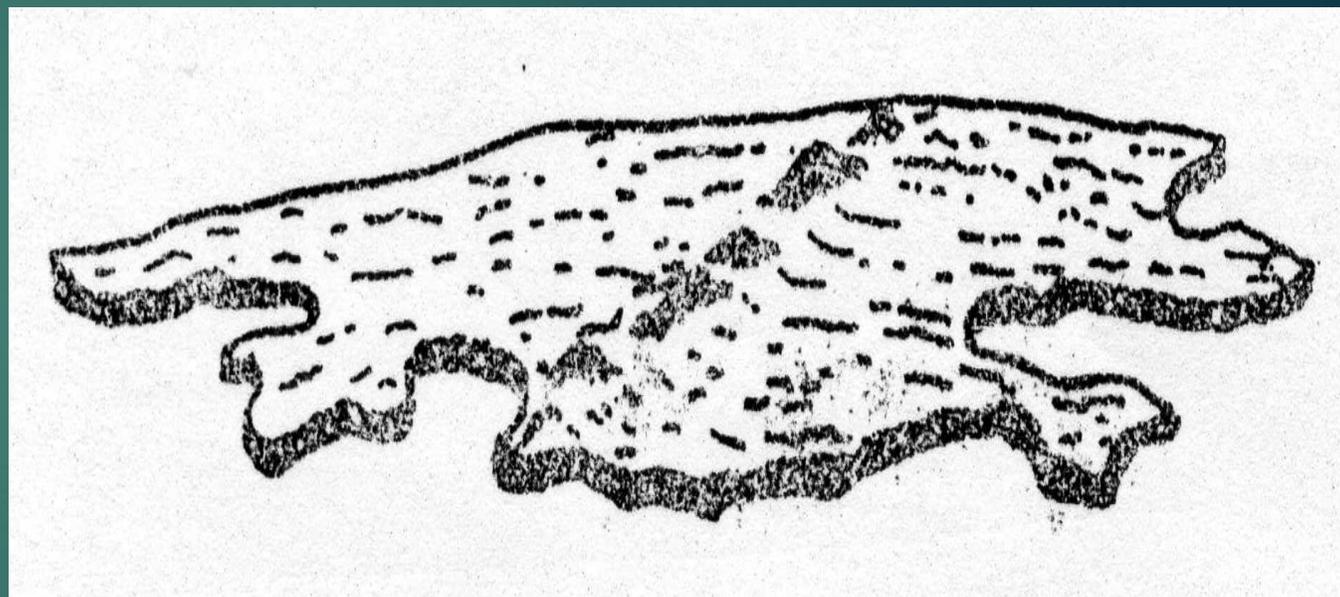
Обычно выделяется два типа извержений:

- ▶ 1) **трещинный**, характеризующийся спокойным излиянием лавы из протяженной трещины или трещин;
- ▶ 2) **центральный**, отличающийся поступлением на поверхность вулканического материала из центральных вулканических каналов ограниченных размеров.

- ▶ Извержения обоих типов приводят к образованию как однотипных (потоки, покровы), так и специфических форм залегания, свойственных только центральному типу (вулканические конусы, вулканические купола, некки, трубки взрыва и др.).

ПОКРОВ

- ▶ Образуется при излияниях жидкой базальтовой лавы на относительно ровную поверхность земли.
- ▶ При этом лава покрывает сплошным плащом значительные площади, создавая так называемые базальтовые плато.
- ▶ Морфологически покровы имеют изометричные очертания или слегка вытянуты в направлении течения лавы.
- ▶ Мощность отдельных покровов колеблется от нескольких сантиметров до первых десятков метров.



ПОТОК

- ▶ Это языкообразное тело эффузивных пород, возникающее при излиянии лав на неровную поверхность земли.
- ▶ Во всех случаях потоки имеют относительно небольшую ширину при значительной протяженности.
- ▶ Длина отдельных потоков зависит от интенсивности извержения и состава изливающейся лавы.



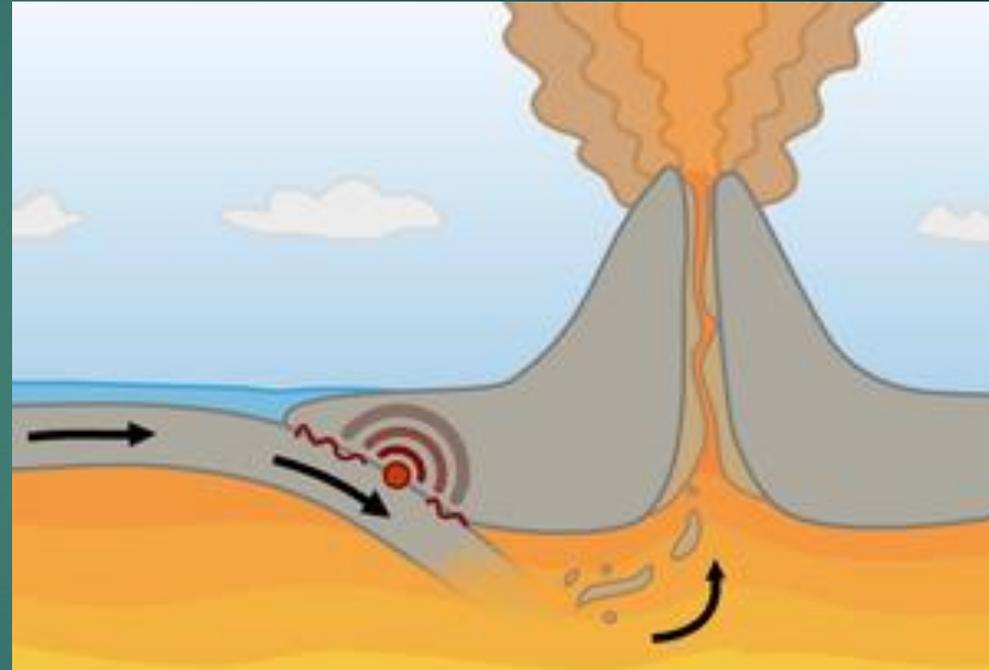
ВУЛКАНИЧЕСКИЙ КОНУС

- ▶ Возникает в связи с деятельностью вулканов центрального типа, в результате которой происходит скопление значительных масс вулканического материала около жерла вулкана.
- ▶ В зависимости от преобладающего состава вулканических продуктов различают конусы:
 - ▶ 1) лавовые (гавайский тип);
 - ▶ 2) лавово-туфовые;
 - ▶ 3) туфовые.



СТРАТОВУЛКАН

- ▶ Это вулканическое тело:
- ▶ 1) в составе которого принимают участие как жидкие, так и твердые продукты извержения;
- ▶ 2) являются продуктом многократного извержения из одного эруптивного аппарата.



ВУЛКАНИЧЕСКИЙ КУПОЛ

- ▶ Образуется в вулканах центрального типа при закупорке жерла очень вязкой лавой.
- ▶ Если вулканический купол не выходит на поверхность, то он называется эндогенным.
- ▶ Вместе с тем во многих случаях вязкая, затвердевающая лава выталкивается из кратера вулкана и образует выступающие на поверхность купола, иглы, пики, которые называются экзогенными и иногда достигают значительной высоты (до десятков и даже сотен метров).

