

К эндогенным геологическим процессам относятся те, источником которых является внутренняя энергия Земли. К их числу принадлежат следующие процессы:

- магматические
- метаморфические
- тектонические

1. Магматический процесс

- **Магматический процесс** – это процесс образования минералов путем кристаллизации непосредственно из магмы
- **Магма** – это сложный многокомпонентный раствор-расплав, образующийся при определённых условиях в недрах Земли или других планетных тел

Основными *химическими компонентами* магм являются кислород и кремний, а основной объём горных пород, образующихся при их кристаллизации, составляют минералы класса *силикатов*. Но в природе могут встречаться магмы иного химического состава.

Известны следующие типы магматических расплавов:

- **силикатные**, ведущими компонентами являются O, Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na и K (преобладающий тип магм);
- **сульфидные**, ведущие компоненты – S и ионы различных металлов (Fe, Cu, Ni и др.);

- **карбонатные**, ведущие компоненты – O, C, Ca, нередко Fe;
- **фосфатные**, (O, P, Ca и др.);
- **железистые**, (O, Fe); очень редкий тип расплавов, их производными являются породы, сложенные преимущественно магнетитом – лучшей железной рудой.

- **Лава** – магматический расплав, излившийся на поверхность земли. От магмы отличается пониженным содержанием летучих компонентов. По составу лавы также преимущественно силикатные, но могут быть и карбонатные.

По месту застывания магмы, магматический процесс подразделяют на :

- **интрузивный** (магма застывает на глубине);
- **эффузивный** (лава застывает на поверхности).

Интрузивный магматизм иначе называется **плутонизмом**, а эффузивный – **вулканизмом**

В результате магматического процесса образуются разнообразные **интрузивные (магматические) горные породы**, составляющие 95 % массы земной коры.

Главным критерием определения химического состава магмы, как и магматических горных пород, является содержание

SiO_2 – кремнезема:

- *кислая* магма содержит более 65 % SiO_2 ;
- *средняя* магма - от 65 до 53 % SiO_2 ;
- *основная* магма - от 53 до 45 % SiO_2 ;
- *ультраосновная* магма – менее 45% SiO_2 .

Магма содержит кроме того летучие компоненты (**флюиды**) – различные газы (преобладает водяной пар, широким распространением пользуются также F, Cl, CO₂ и другие компоненты

В ходе глубинных магматических процессов состав магматических расплавов непрерывно изменяется.

Основными процессами, изменяющими состав магм, являются:

- дифференциация
- ассимиляция
- гибридизация

Дифференциация – разделения исходной (основной) магмы на расплавы разного состава.

Существует два механизма дифференциации:

А. ликвация

В. кристаллизационная дифференциация

А. Ликвация – разделение расплава на две несмешиваемые жидкости, одна из которых, с меньшей плотность, будет скапливаться в верхней части магматической камеры, а другая – в нижней (пример в быту: вода-масло).

Б. *Кристаллизационная дифференциация*

обусловлена неодновременностью перехода различных компонентов магмы в твёрдую фазу при её охлаждении. Разделение компонентов происходит под действием силы тяжести.

Первыми кристаллизуются самые тугоплавкие (тяжелые) минералы, а затем все менее тугоплавкие и, соответственно, легкие.

Ряд Боуэна: оливин — пироксен — плагиоклаз — роговая обманка — биотит — ортоклаз — мусковит — кварц.

Ассимиляция – это растворение или расплавление магмой захваченных ею обломков окружающих горных пород. Обломки (**ксенолиты**) попадают в магматический расплав из стенок и кровли магматической камеры.

Гибридизацией называется смешение магматических расплавов, проникших в одну магматическую камеру из различных очагов. В результате этого формируется расплав, состав которого будет промежуточным между составами двух исходных.

2. Формы залегания магматических пород

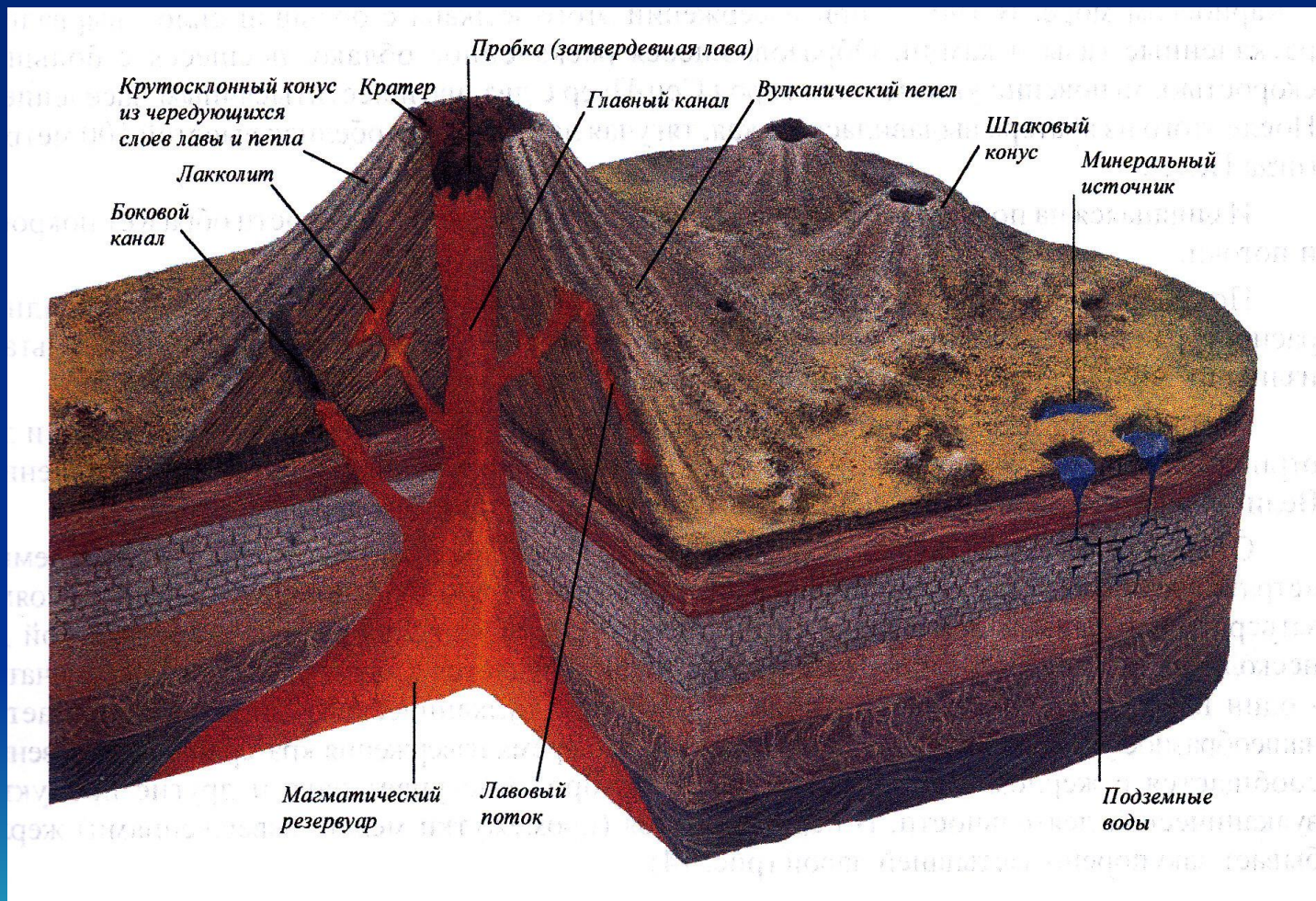
Горные породы магматического происхождения слагают геологические тела различной морфологии. При этом формы тел, формируемых при вулканических и при плутонических процессах, большей частью различны

При застывании лавы на поверхности образуются **эффузивные тела**:

- **лавовые потоки** – уплощённые тела языковидной формы, образуемые лавой, стекающей по склонам вулканических построек;
- **лавовые покровы** отличаются от потоков большей площадью распространения;
- **купола** формируются в результате застывания очень вязких лав над жерлом и в непосредственной близости от него.

- **некк** - узкое цилиндрическое тело вертикальной ориентировки, образованное при застывании лавы в жерле вулкана центрального типа.
- **дайка** – тело в форме узкой пластины, рассекающей окружающие горные породы, образованное при застывании лавы в трещинном канале

Морфология эффузивных тел



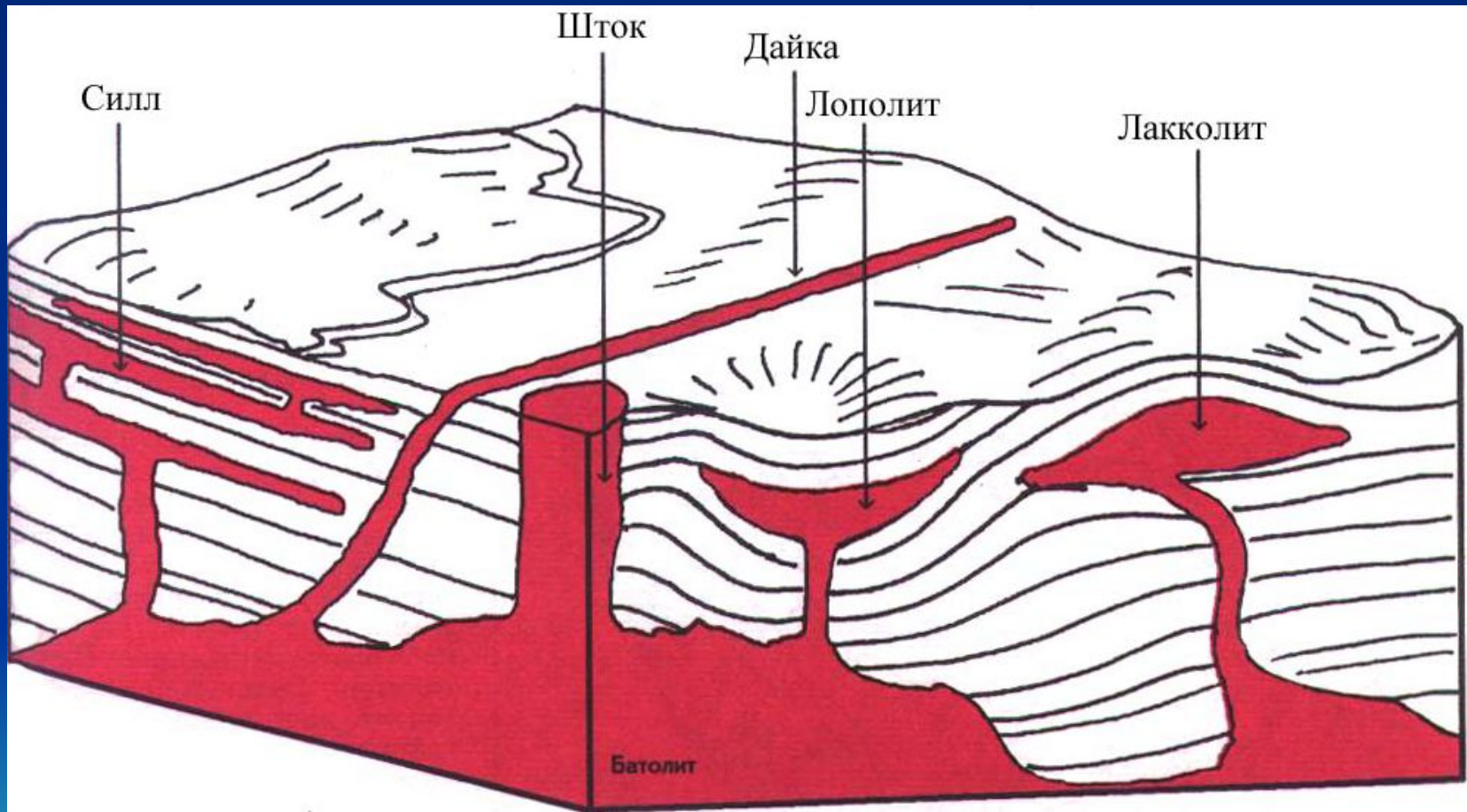
Магма, застывшая на глубине, слагает **интрузивные тела** (или интрузии) разнообразной формы:

- **Дайки** – формируются при внедрении расплава в трещины.
- **Силлы** – послойные тела, образующиеся при внедрении магмы между слоями осадочных пород.
- **Лакколиты** – линзовидные полого залегающие тела с выпуклой (куполообразной) кровлей.

- **Лополиты** – прогнутые линзовидные тела, образуются в результате внедрения расплава между слоями полого изогнутой книзу складки вмещающих пород.
- **Штоки** – субвертикальные, изометричные в плане тела, уходящие на большую глубину.

- **Батолиты** – интрузивные тела очень больших размеров (многие тыс. км²) и неправильной формы
- **Протрузии** – магматические тела линзовидной или пластинообразной формы, сформированные при выдавливании вверх по зонам разломов в земной коре

Морфология интрузивных тел



3. Постмагматические процессы

- 1). Пневматолитовый (от греч. «пневма» - газ, пар) – это процесс минералообразования, происходящий при активном участии газо- и парообразной фазы, состоящей прежде всего из паров воды, при $t = 500-350^{\circ}\text{C}$
- 2). Гидротермальный – процесс образования минералов из горячих минерализованных растворов (*гидротерм*) в условиях больших давлений при $t = 350-50^{\circ}\text{C}$

Среди минералов, образующихся гидротермальным путём, широким распространением пользуются

сульфиды Cu , Pb , Zn , Hg и др.

К числу характерных продуктов гидротермальной деятельности относятся **кварц, карбонаты** и многие другие минералы.

С пневматолитово-гидротермальными процессами связано образование крупных месторождений **редких** (W, Mo, Sn, Bi, Sb, As, Hg), **цветных** (Cu, Pb, Zn), **благородных** (Au, Ag) и **радиоактивных** (U, Th) металлов.

Пегматитовый процесс занимает промежуточное положение между глубинными магматическими и пневматолито-гидротермальными процессами.

Протекает он с одновременным участием наиболее поздних порций магматического расплава и высокой концентрации флюидной фазы.

Пегматитовая деятельность может протекать на глубинах не менее 4-5 км.

Горные породы, образующиеся в результате пегматитового процесса, называются **пегматитами** и отличаются наиболее крупнозернистыми структурами. А в особых случаях могут формироваться кристаллы гигантских размеров. Пегматиты известны почти во всех типах изверженных горных пород (основных, средних, щелочных, кислых), но наиболее развиты пегматиты, связанные с кислыми породами.

Особенности пегматитового процесса

1. В образовании пегматитов принимают участие большое число летучих и редких элементов, накапливающихся в результате кристаллизационной дифференциации магматического расплава (H_2O , HF , HCl , B_2O_3 , CO_2 , CH_4) и многие редкие элементы (Li , Be , B , F , Rb , Cs , Mo , Zr , Hf , Ta , Nb , Th , U и др.).

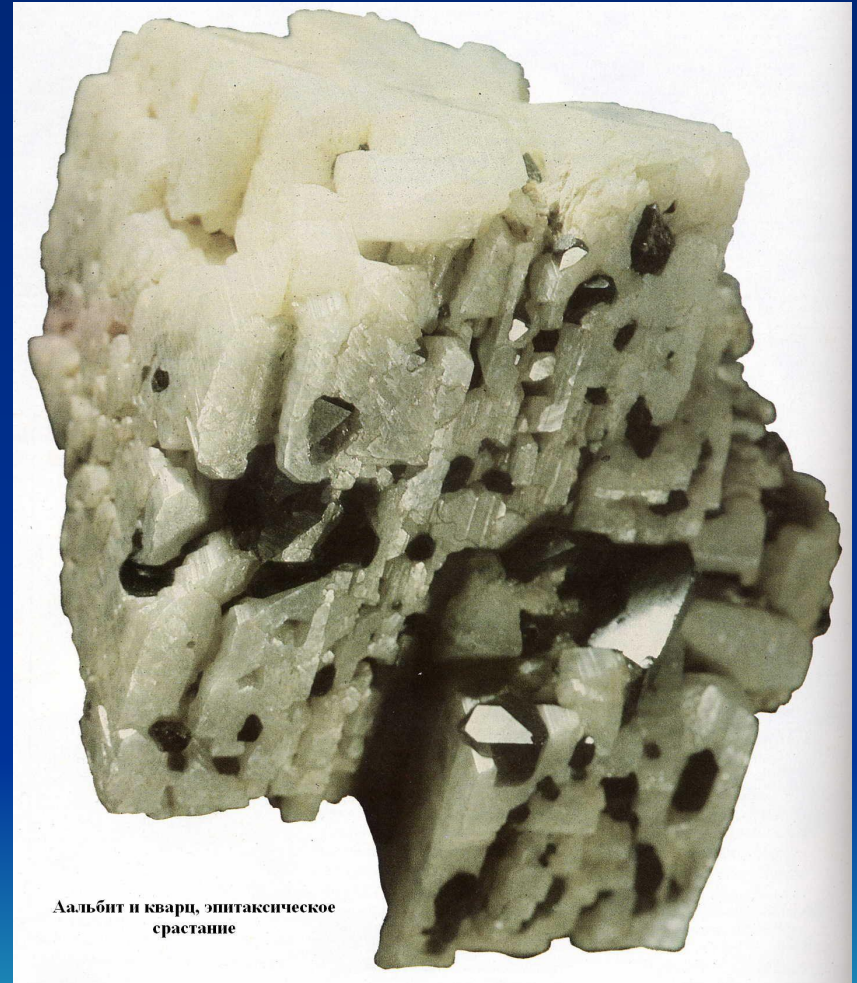
2. Высокая концентрация флюидов обеспечивает условия для быстрого роста очень крупных и чистых кристаллов.

Благодаря особой чистоте кристаллов, выросших при пегматитовом процессе, в пегматитах нередко встречаются драгоценные разновидности ряда минералов (корунда, берилла и других).

3. На пегматитовой стадии нередко достигаются высокие концентрации ряда малораспространённых химических элементов – **Li, Be, Cs** и др.

На завершающей стадии магматического процесса их содержание может стать достаточным для того, чтобы они могли сформировать самостоятельные минеральные соединения.

Пегматиты нередко оказываются настоящими «кладовыми» очень редких минералов – таких, как берилл, литиевые и цезиевые слюды, литиевые пироксены и др.



Альбит и кварц, эпитаكتическое срастание

Спасибо за внимание!