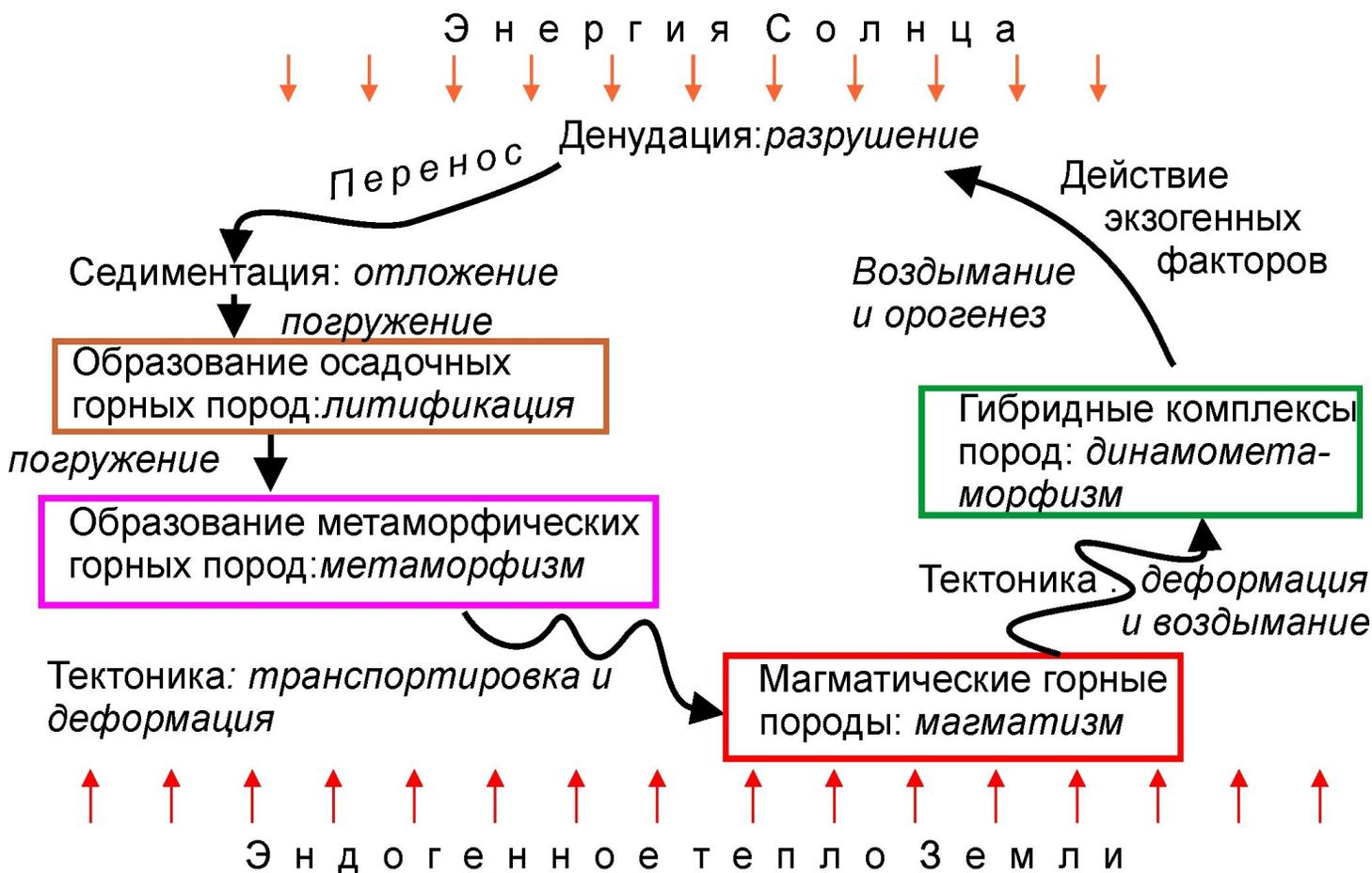


# ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

## Эндогенные и экзогенные

Круговорот вещества в природе

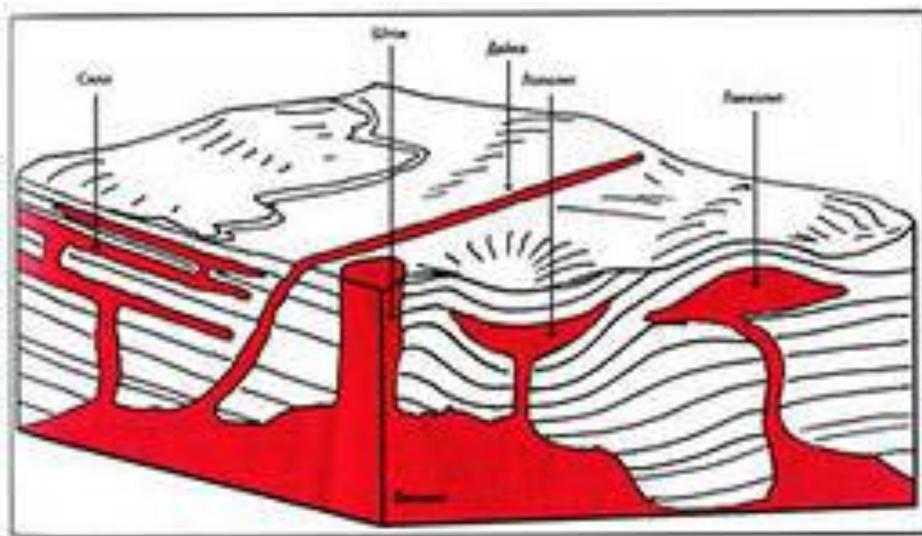


# ЭНДОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ МАГМАТИЗМ

**Магматические процессы** – процессы, с которыми связано образование **магмы и магматических пород**, явления, обусловленные деятельностью магмы.

**Магма** – это огненно-жидкий природный, обычно силикатный, расплав, обогащённый летучими компонентами ( **$H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2S$**  и др.), различными **металлами, парами воды** и т.д.

**Глубинный (интрузивный, плутонический) и вулканический (эффузивный) магматизм**



# Глубинный магматизм

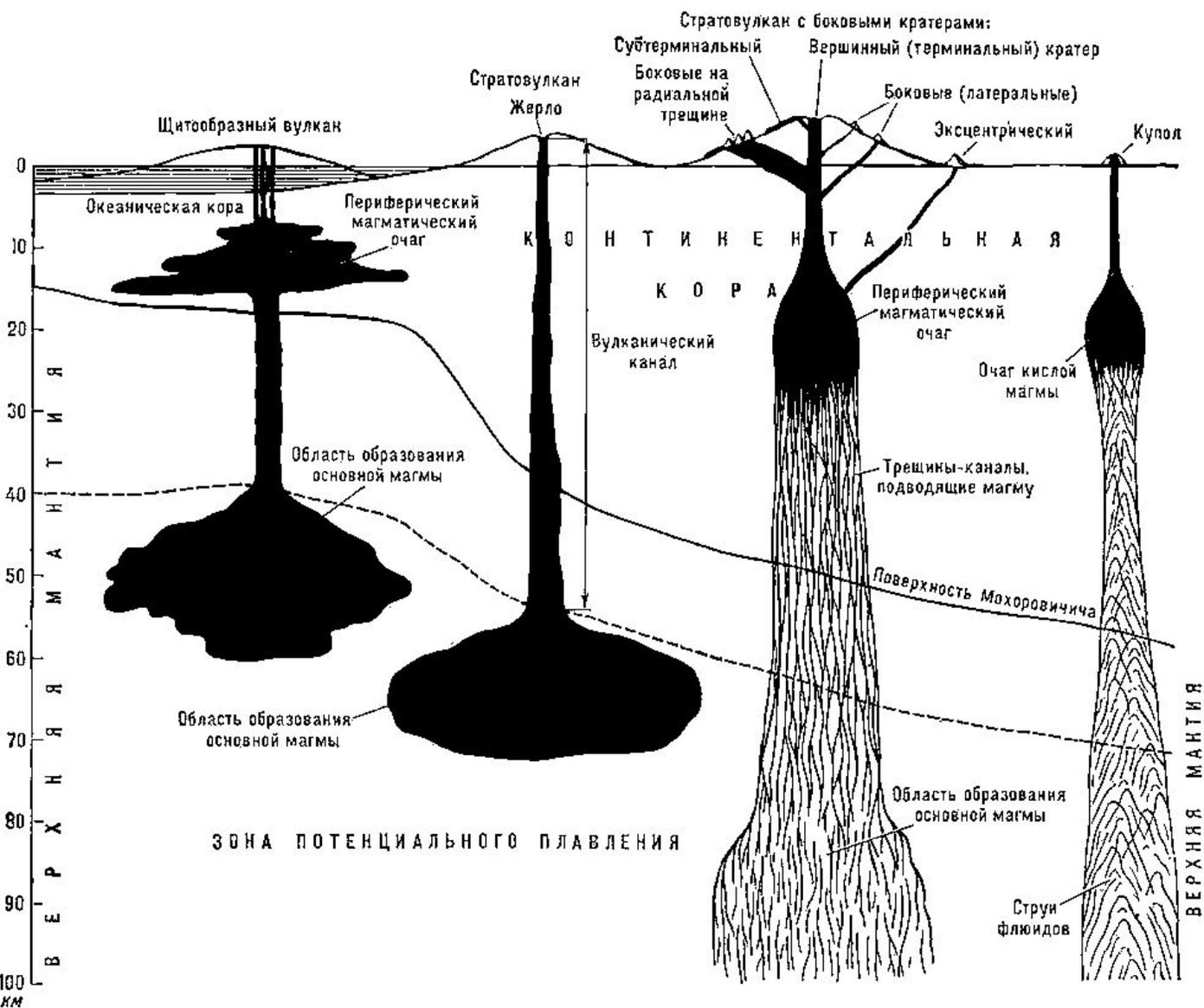
**Интрузия** (от «intrusio» – внедрение) – процесс внедрения магмы.

**Магматические очаги**, выполненные магмой.

**Расплав** – в результате **плавления мантии или земной коры** (на глубинах **15-250 км**).

**Причины плавления:**

- **быстрый подъём** пластичного глубинного вещества со **снижением давления**;
- **повышение температуры** (без изменения давления) при внедрении горячих магм;
- **дегидратация минералов**



**Подвижность** – **вязкостью**: от *химсостава* и  $T^{\circ}C$ .

*Химический состав* – **12 оксидами**:  $SiO_2$ ;  $TiO_2$ ;  $Al_2O_3$ ;  $Fe_3O_4$ ;  $Fe_2O_3$ ;  $MnO$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Na_2O$ ;  $K_2O$ ;  $H_2O$ ;  $P_2O_5$ .

Количественное **их соотношение** – *разновидности*.

**Группы пород** (по содержанию  $SiO_2$ , вес.%)

**Ультракислых** – более 78

**Кислых** – 64 – 78

**Средних** – 53 – 64

**Основных** – 45 – 53

**Ультраосновных** – 30 – 45

**Низкокремнеземистых** – менее 30



Расплав **фильтруется** – от **н1 см до н1 м в год**.

По **трещинам и разломам** – скорость значительно **выше** (**ультраосновные** – коматииты – **1-10 м/с**).

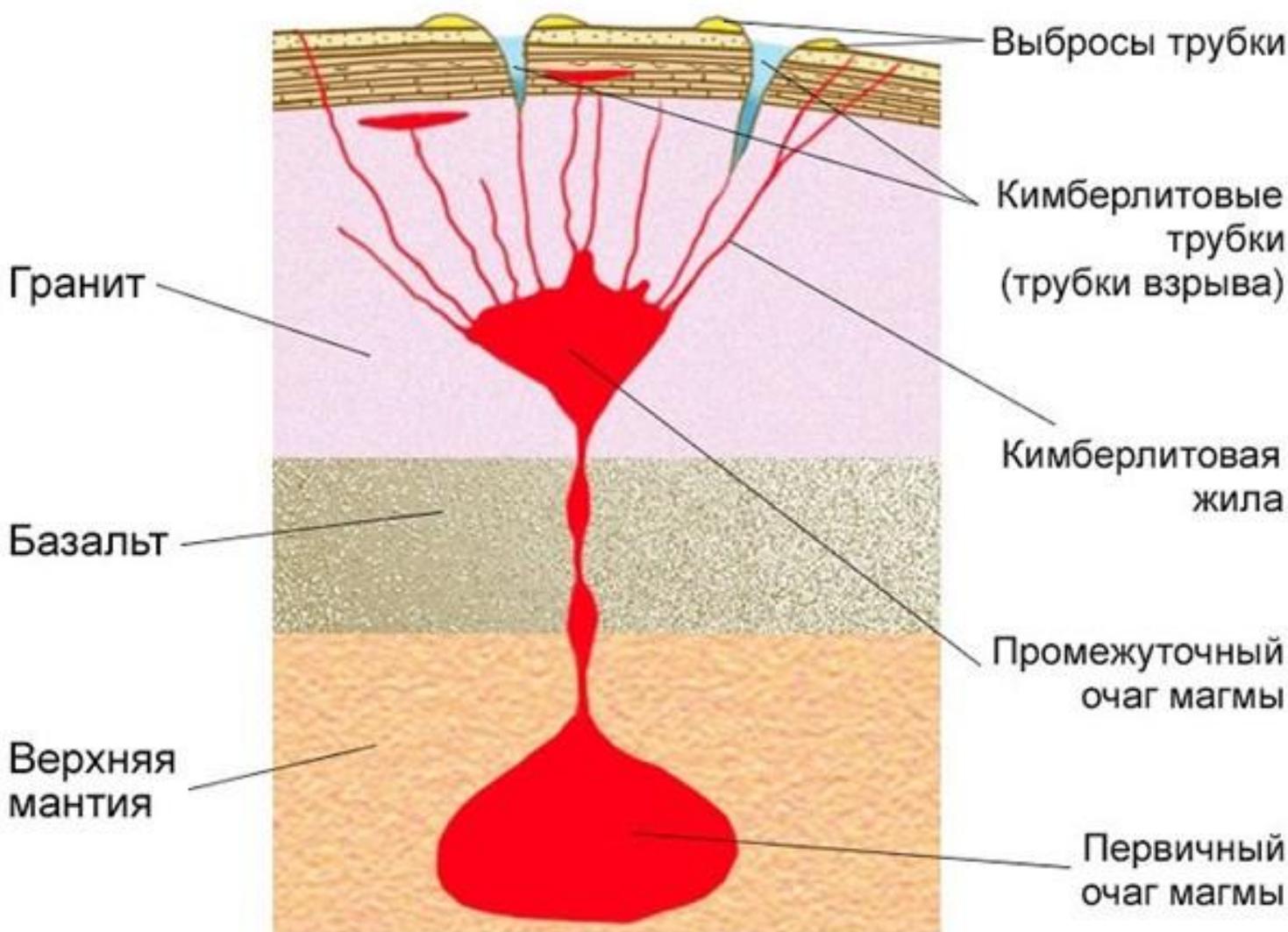
Различие в составе образующихся пород:

- расплав поступает **из мантии**, обогащен основными оксидами – **FeO, MgO, CaO** – **ультраосновные и основные**;
- при **плавлении пород земной коры**, обогащенной **SiO<sub>2</sub>** – **кислые** породы.

**Кристаллизация** – на глубинах **в н1 км**.

Температура кристаллизации – **900-700°C**.

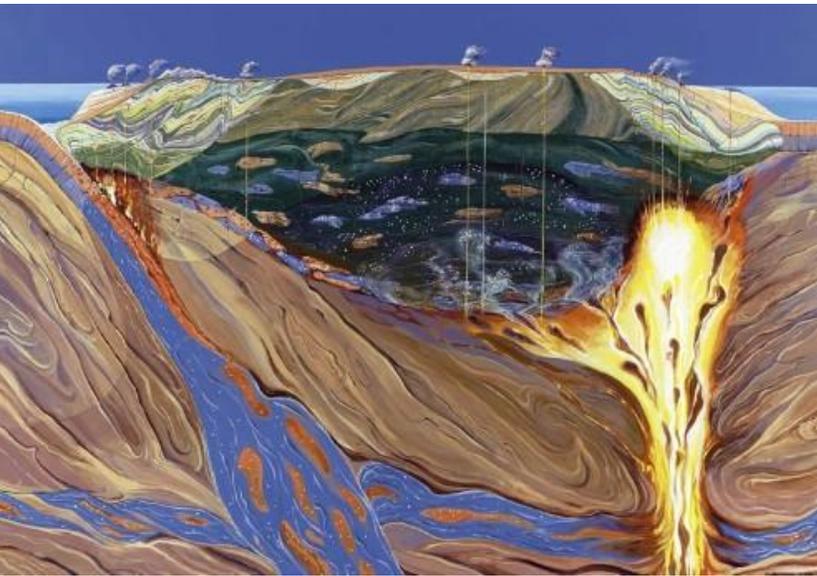
**Остывание** интрузий – от **н10 тысяч лет** (**небольшие тела**) до **н10 млн. лет** (тела в **н10 км**).



# Пути разделения магмы (*дифференциация*)

## I. Разделение магмы разного состава –

*ультраосновной, основной и кислой*



## II.

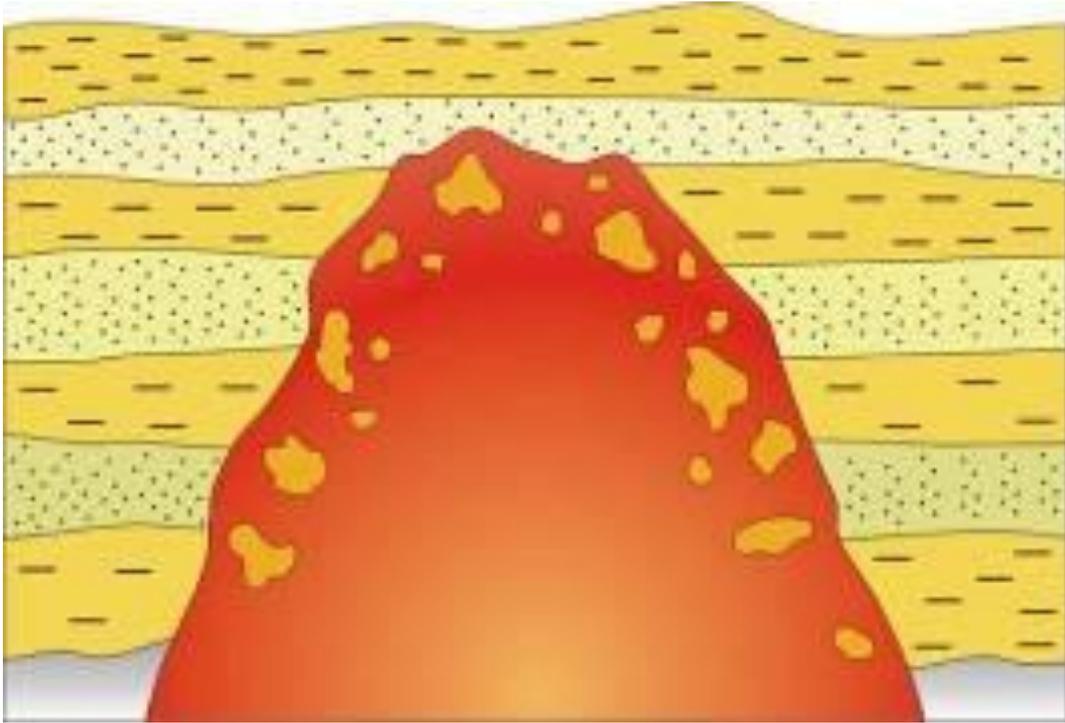
### Кристаллизационная дифференциация –

кристаллизацией **породообразующих** минералов с понижением температуры (Н. Боуэн)

### III. Дифференциация (*расслоение*) расплава **по плотности** – **ликвация** (Бушвельдский интрузивный массив, ЮАР)

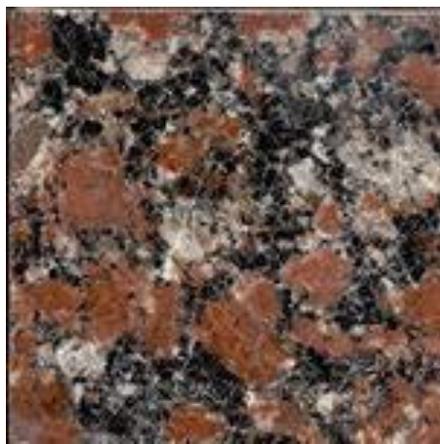
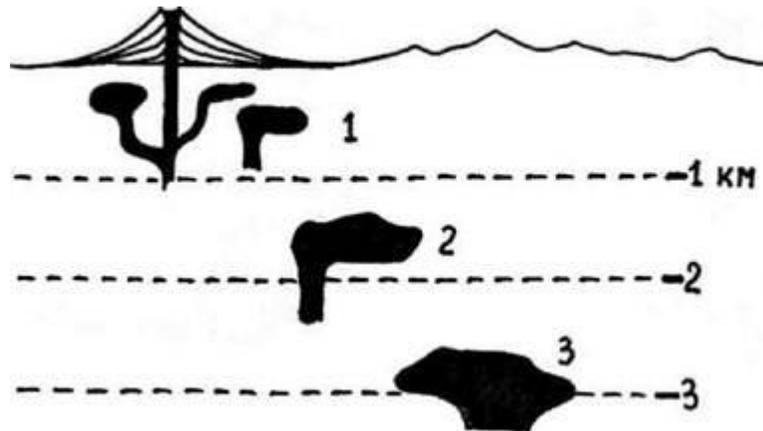


#### IV. **Ассимиляция** – захват и переплавление магмой встречаемых пород (тоже причина дифференциации).



**Интрузивные породы** – по глубине образования:

- 1) **абиссальные** – значительн. глубина (до **10 км**),
- 2) **гипабиссальные** – **1-3 км**,
- 3) **близповерхностные** (субвулканические и жильные).



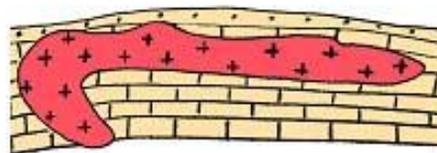
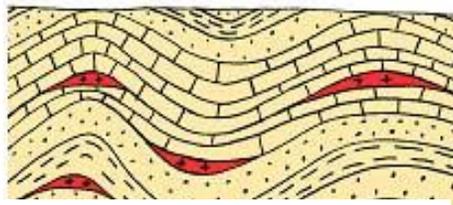
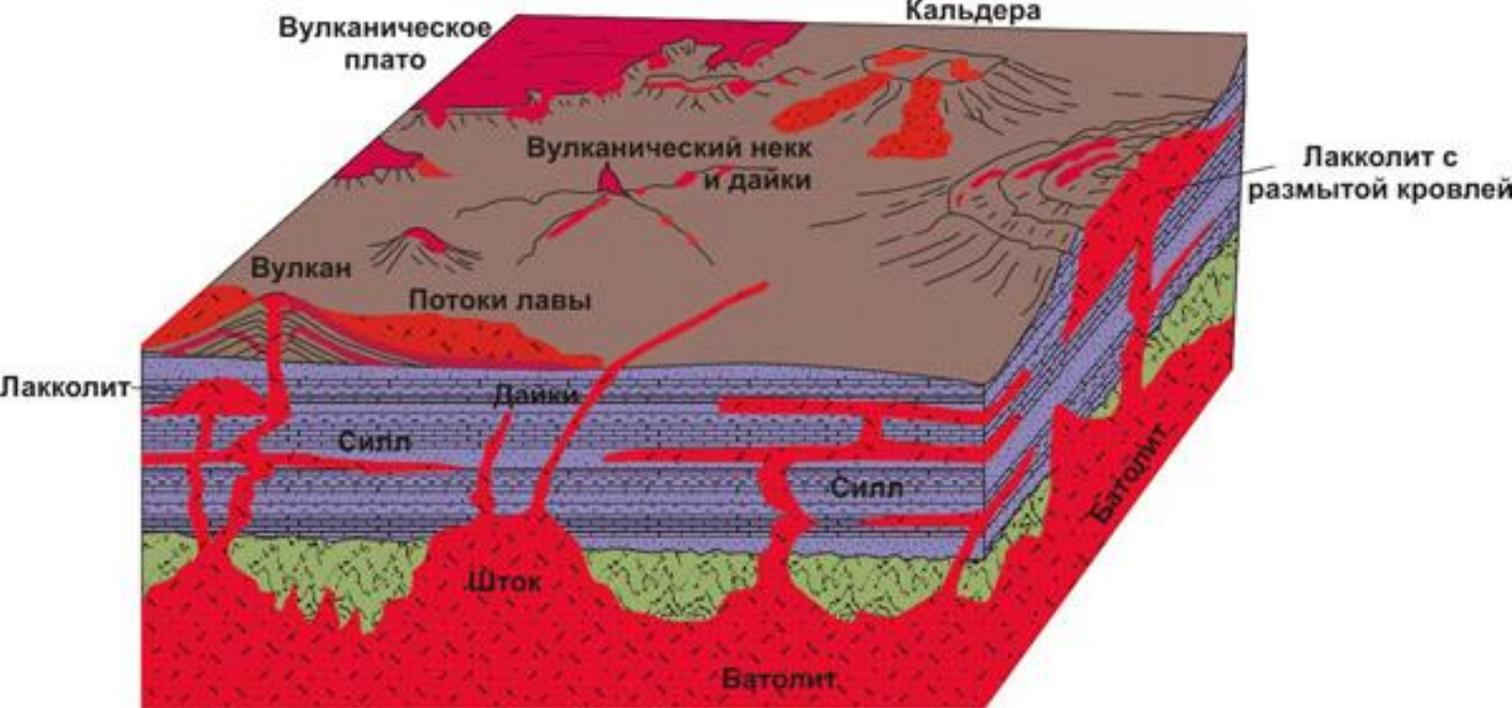


Рис.10 Гарполит.



## Интрузивные тела

несогласные – по форме:

- **батолиты** – до **п100 км**

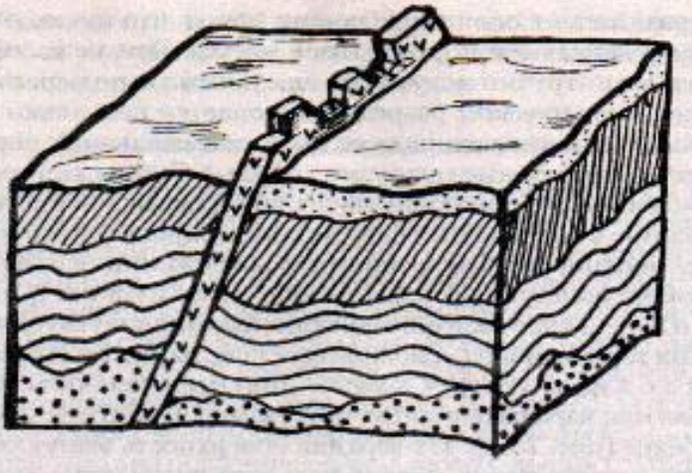
- **штоки** – (от нем.

«Stock» - палка, ствол)

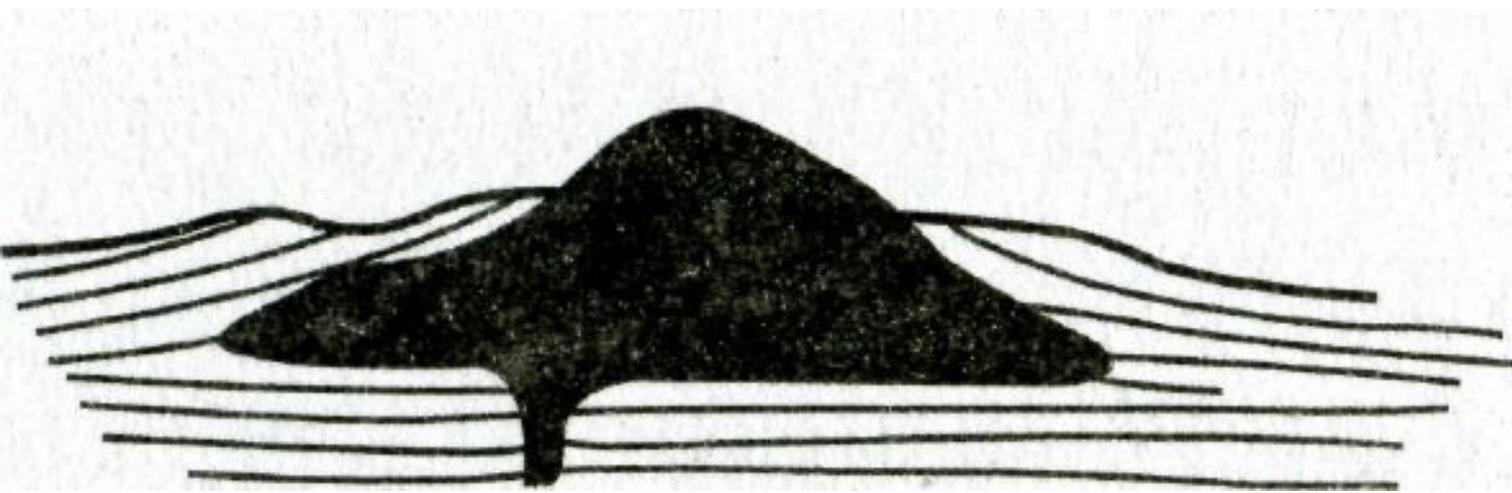
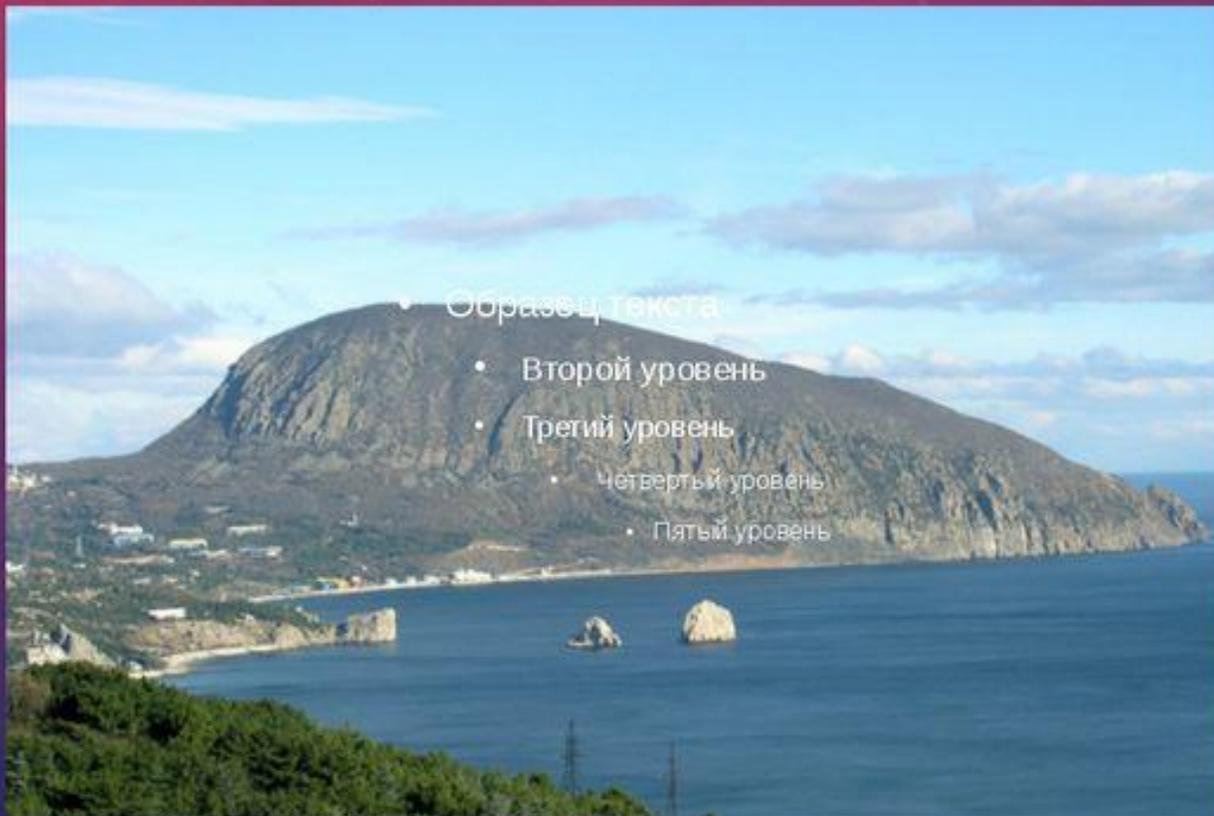
**Меньшие тела** – по условиям залегания:

а) **согласные**: **силлы**, **лакколиты** (грибообразные), **лополиты** (блюдцеобразные); **факолиты** (в замках складок), **гарполиты** (серповидной формы),

б) **секущие**: **дайки** – в рельефе напоминают разрушенные стены, **жилы** – небольшие секущие неправильной формы.



# Пример лакколита – аю-даг



**Полезные ископаемые:**

*Cr, Pt* и металлы группы, *Cu, Ni, Co, Fe, Ti* и др., месторождения *алмазов, фосфора* и др.

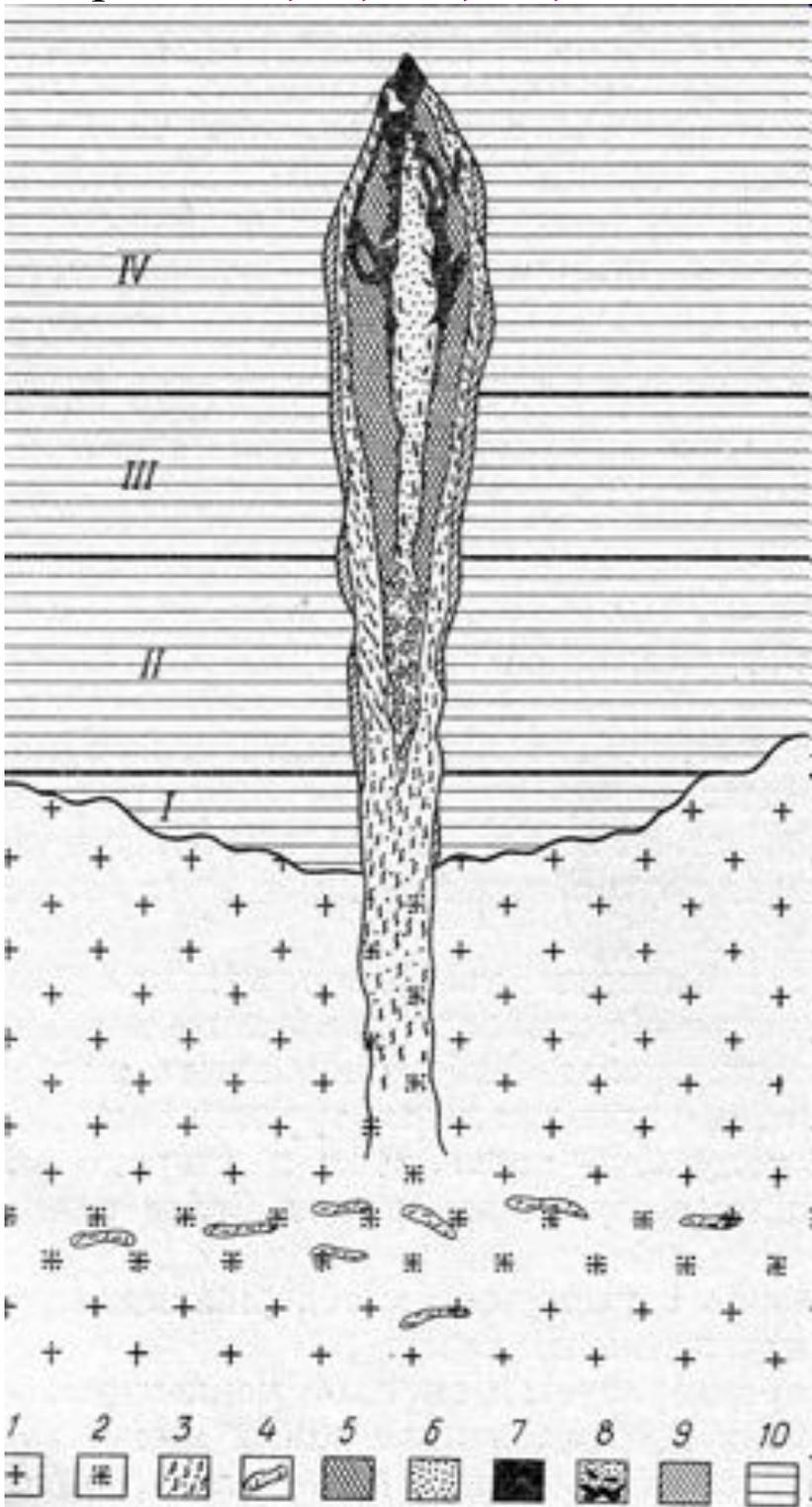
# Постмагматические процессы

**Пегматитовый** – отделение *остаточного расплава* и *газов-минерализаторов*.

Жилы или неправильной формы залежи, штоки *на периферии интрузивного тела* или *за его пределами*

Хорошо *ограниченные кристаллы* и  *друзы кристаллов*.

Минералы с **F, B, Be, Li, Zr**.



# Пневматолитовый процесс

Воздействие *отделившихся от магмы газов* (пневма) на окружающие породы с химическим замещением минералов в породе (**метасоматоз**).

**Грейзены** – месторождения *вольфрамит*, *касситерита (Sn)*, *редкоземельные (Li)*.

**Скарны** – месторождения **железа**, **слюд**.

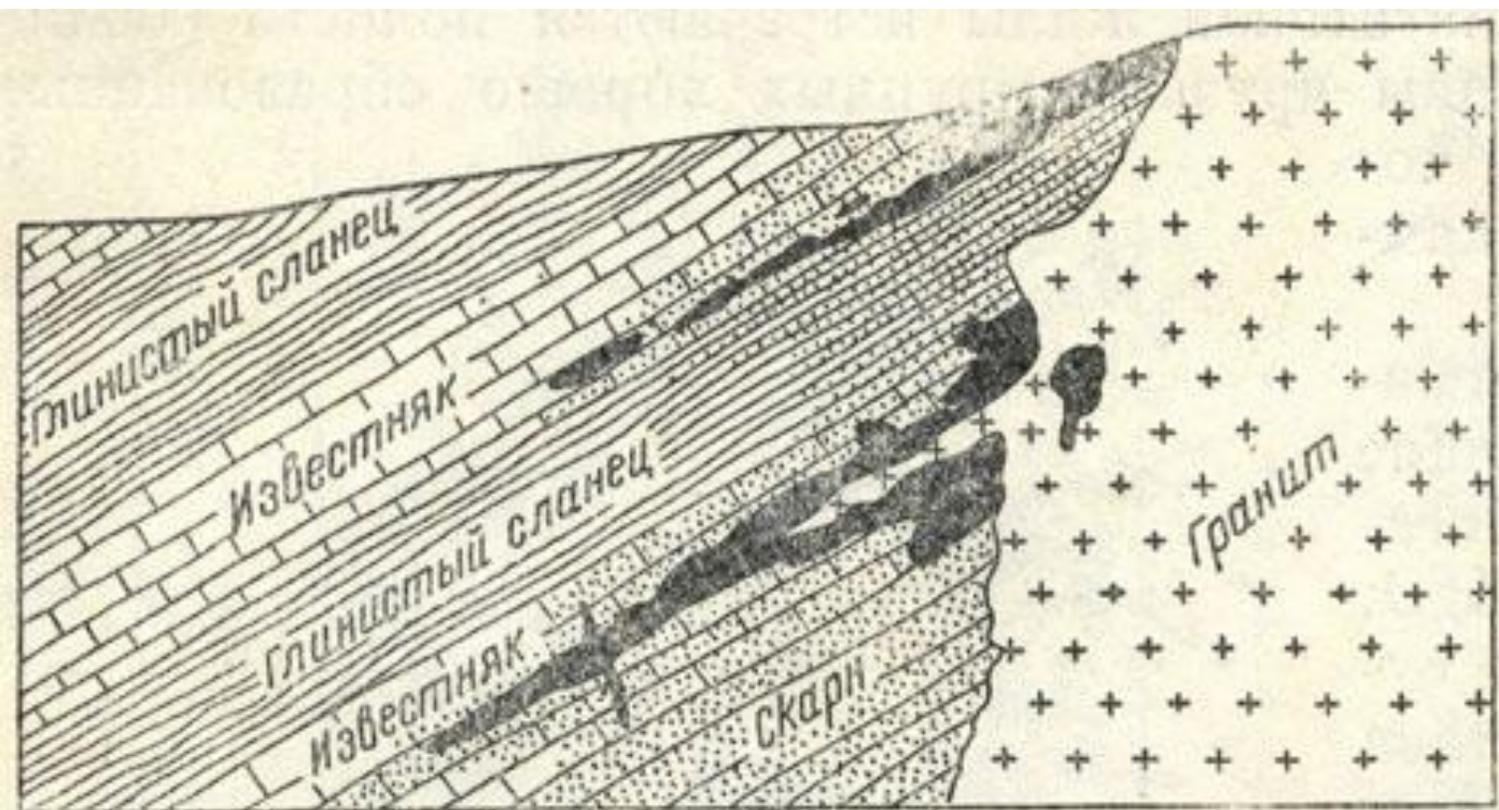
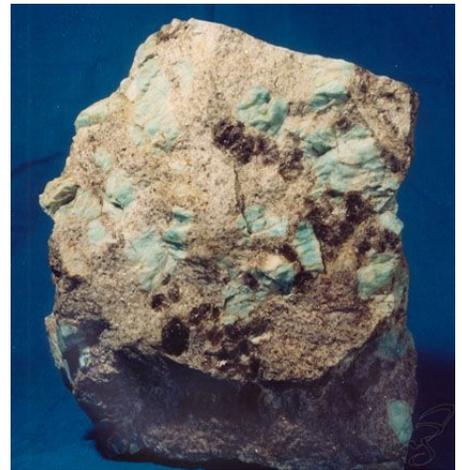


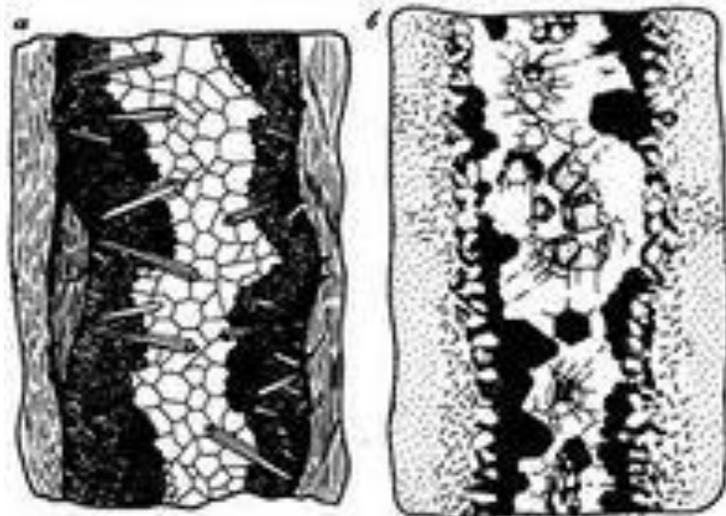
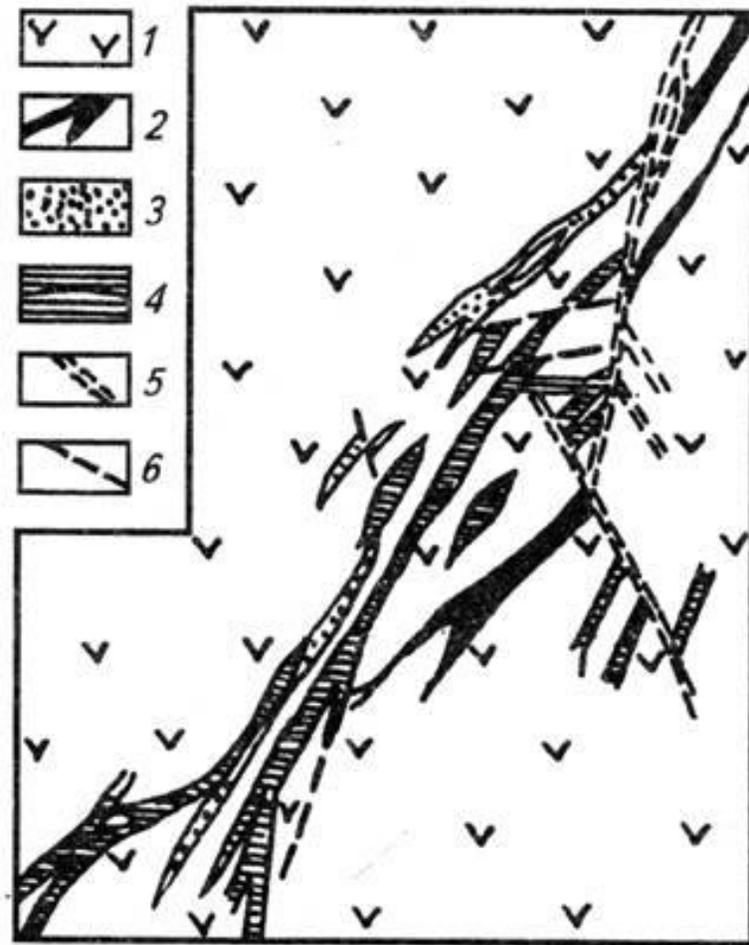
Схема геологического разреза  
контактово-метасоматического  
месторождения

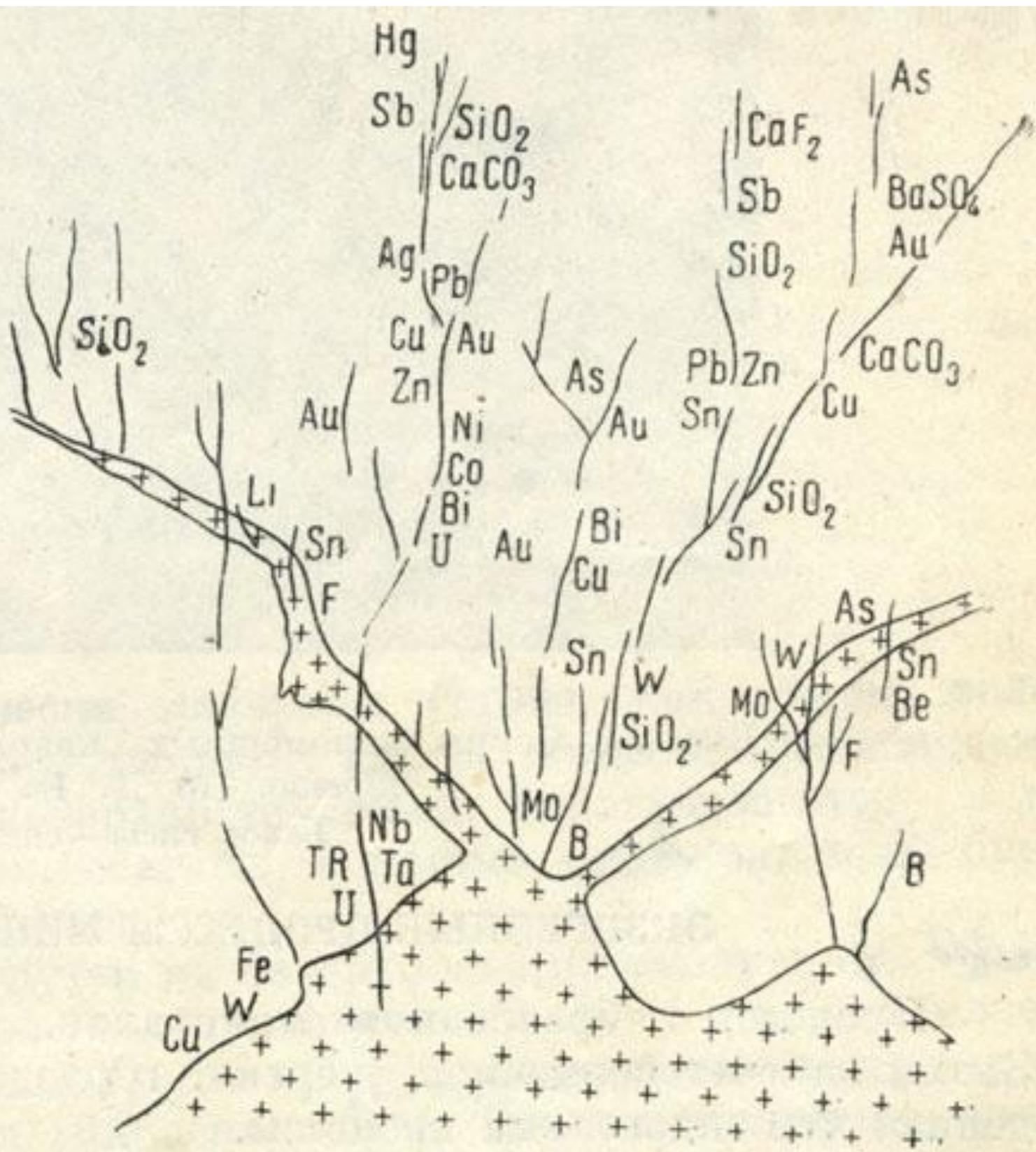
# Гидротермальный процесс

Отделение газов и растворов от интрузивного тела и перемещение их по трещинам в породы.

*Гидротермальные жилы.*

Месторождения *редких* (W, Mo, Sn, Bi, Sb, As, Hg, отчасти Ni, Co), *цветных* (Cu, Pb, Zn), *благородных* (Au и Ag), *радиоактивных металлов* (U, Ra, Th).





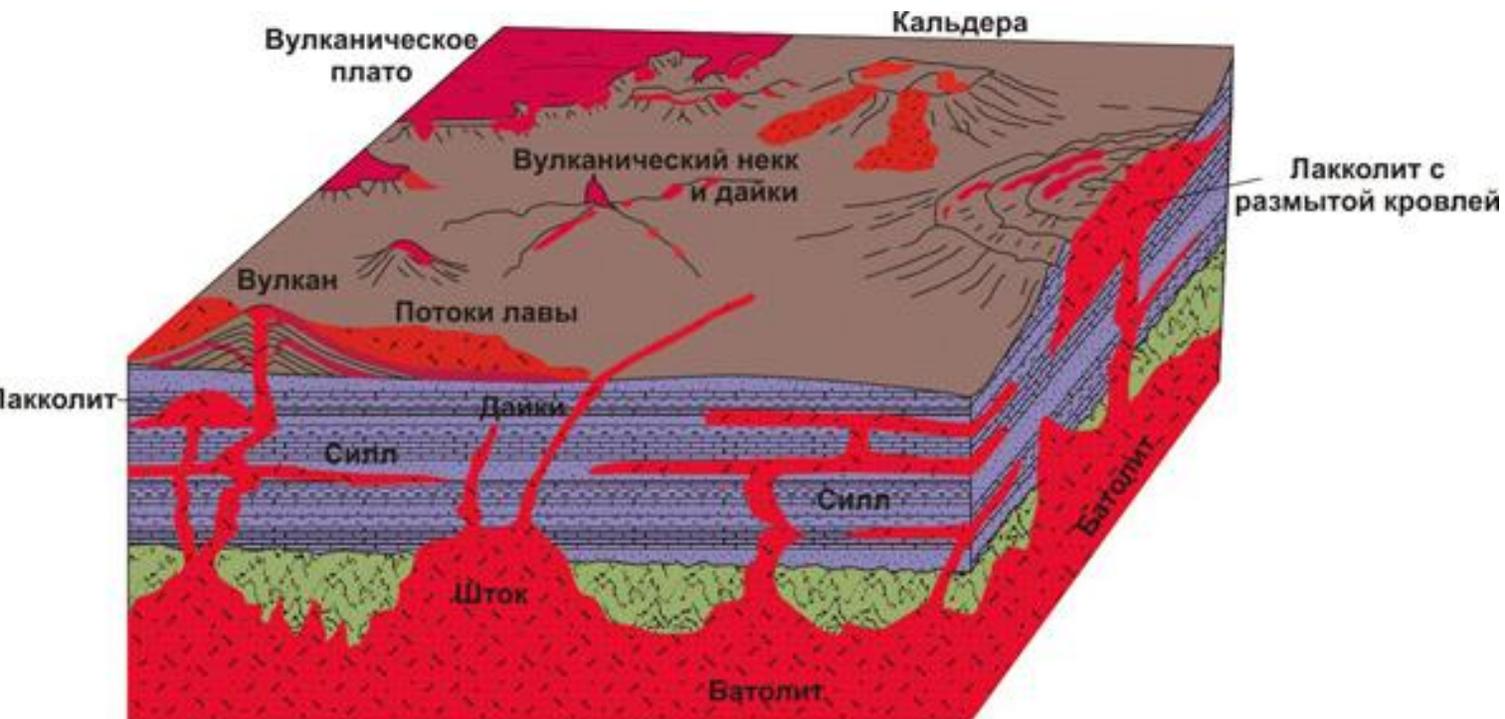
**Общая схема расположения гидротермальных образований**

# Эффузивный, наземный магматизм (вулканизм)

## Излияние лавы.

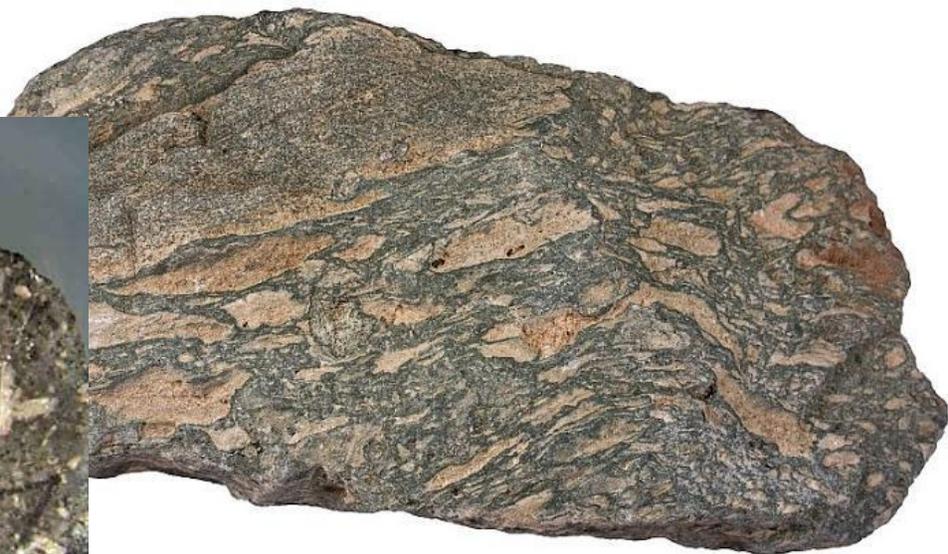
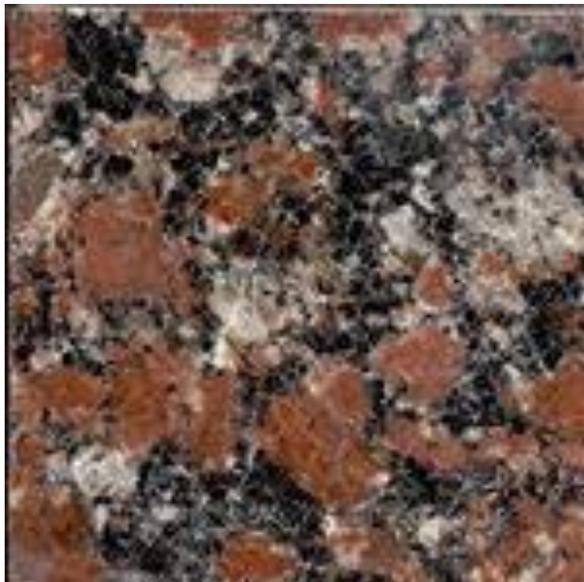
Скорость движения (*подвижность*) лавы – от химического состава:

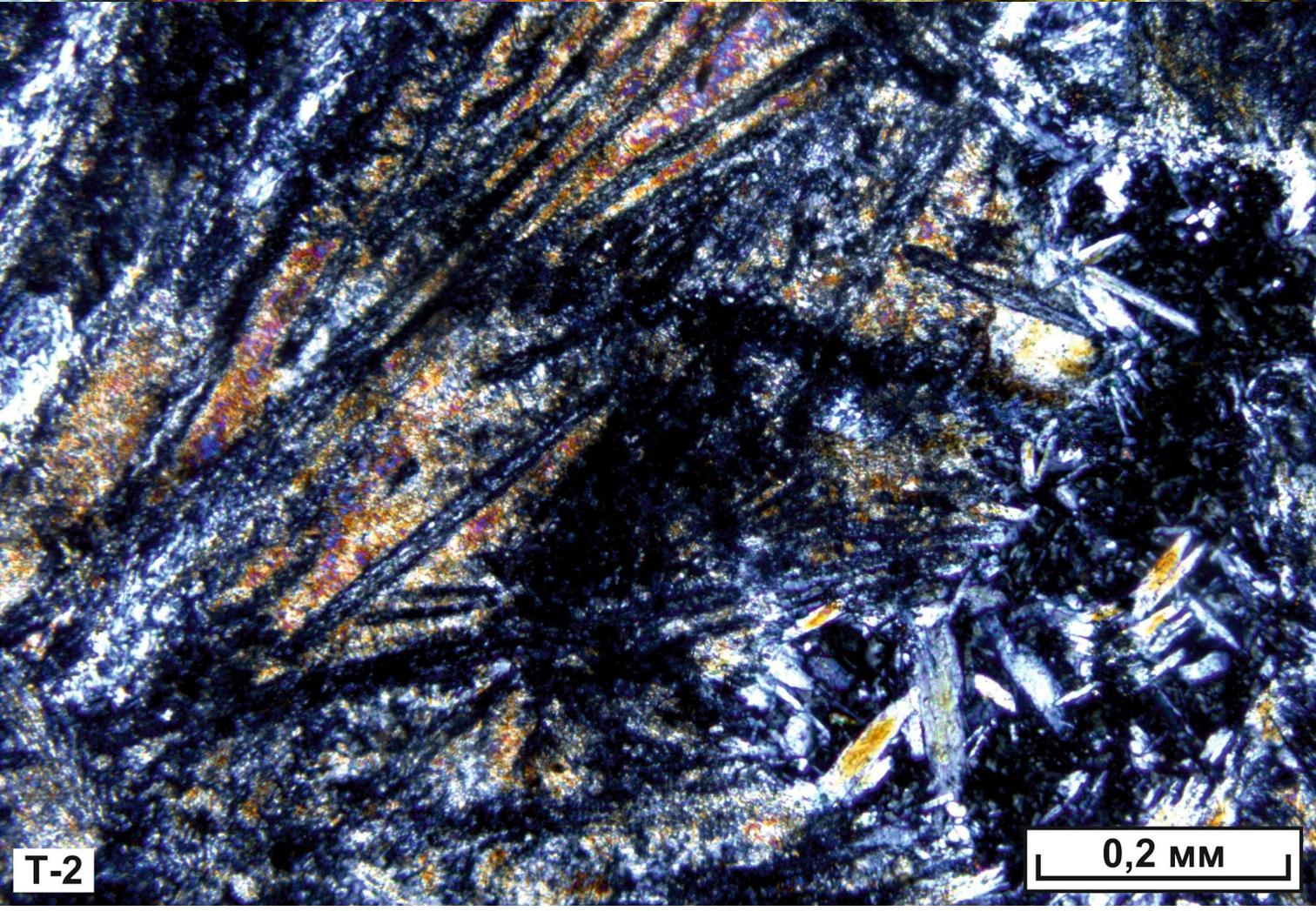
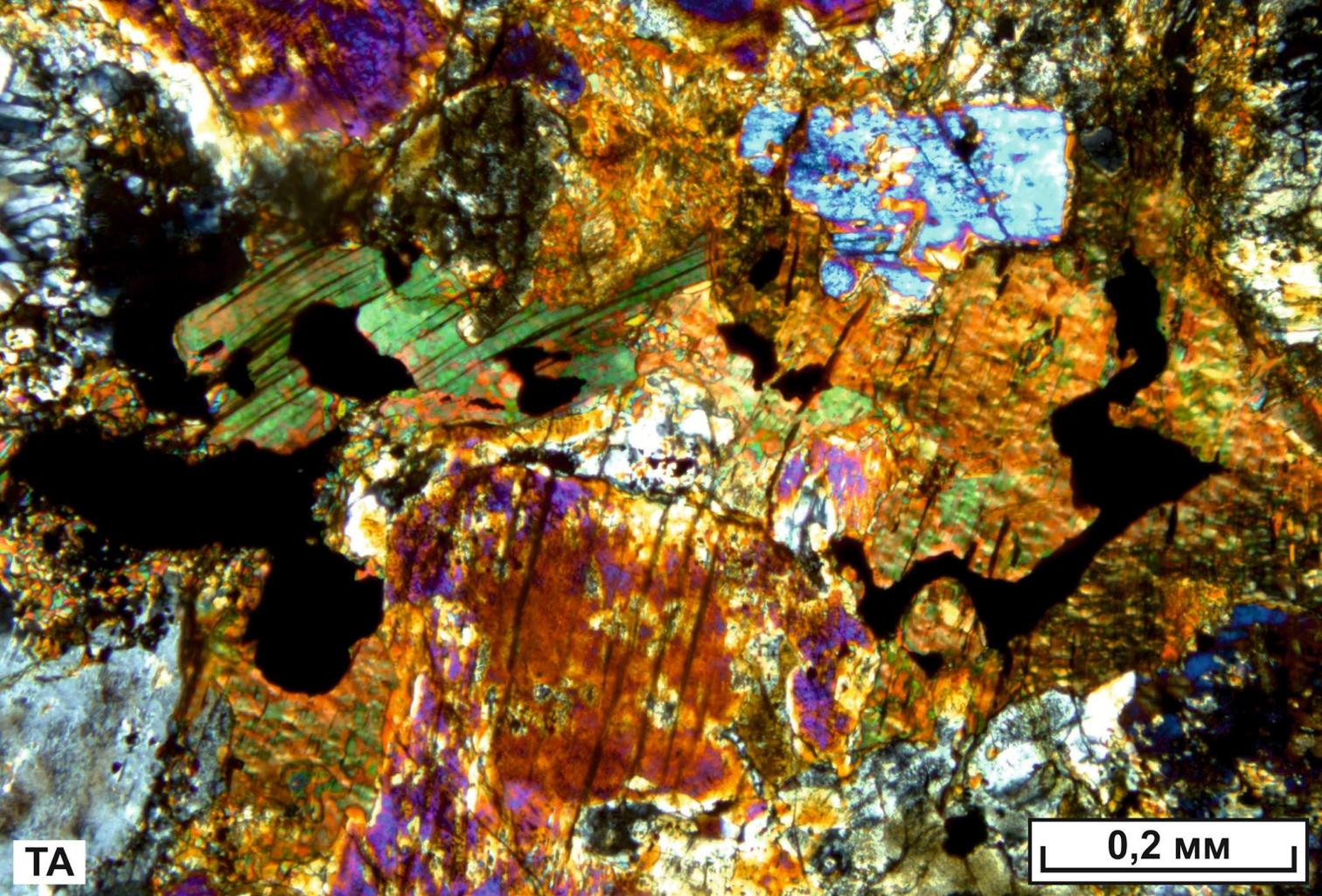
- **основные** с  $t \sim 1200$  наиболее подвижны потоки и покровы до **1 км** от центров извержения,
- **кислые** – вязкие и *малоподвижные*.



# Структуры и текстуры эффузивных (излившихся)

пород





# Характер отделения газов:

- **спокойный** – излияние (**эффузия**) – чаще **базальты**,
- **быстрый** – мощное взрывное извержение (**эксплозия**),
- вязкая, температура невысока – **медленно выжимается** (**экструзия**).



Италия, Липарские о-ва

## Твердые продукты извержений (пирокласты).

Объемы – до десятков куб. км.

В зависимости от **размера** – типы пирокластов:

- **вулканический пепел и пыль**;
- **вулканический песок** (2-4 мм);
- **лапилли** (от горошины до грецкого ореха);
- **вулканические бомбы** (от нескольких сантиметров до нескольких метров);
- **вулканические глыбы** (Вулькано - глыба **25 куб.м, 68т**).



Пирокластический поток вулкана Сент-Хелен (США, 1980)

# Вулканоогенно-осадочные породы:

## а) вулканоогенно-обломочные:

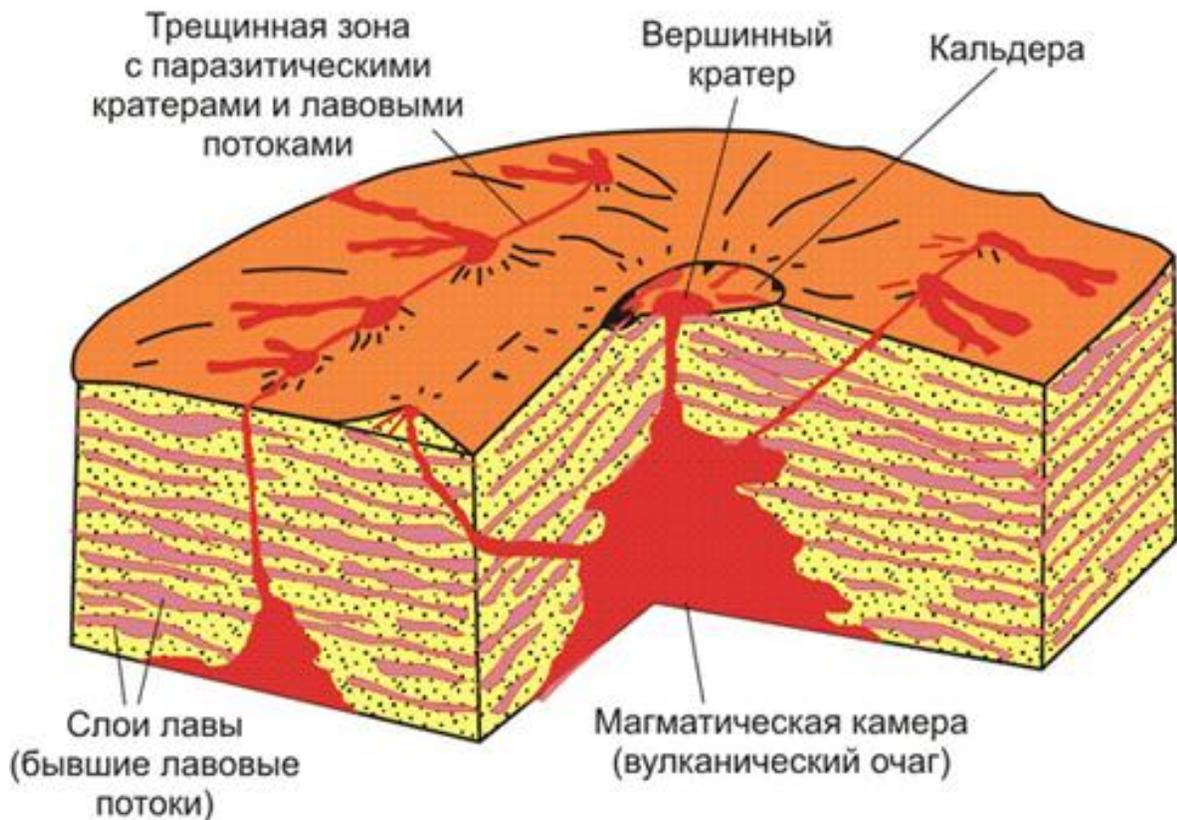
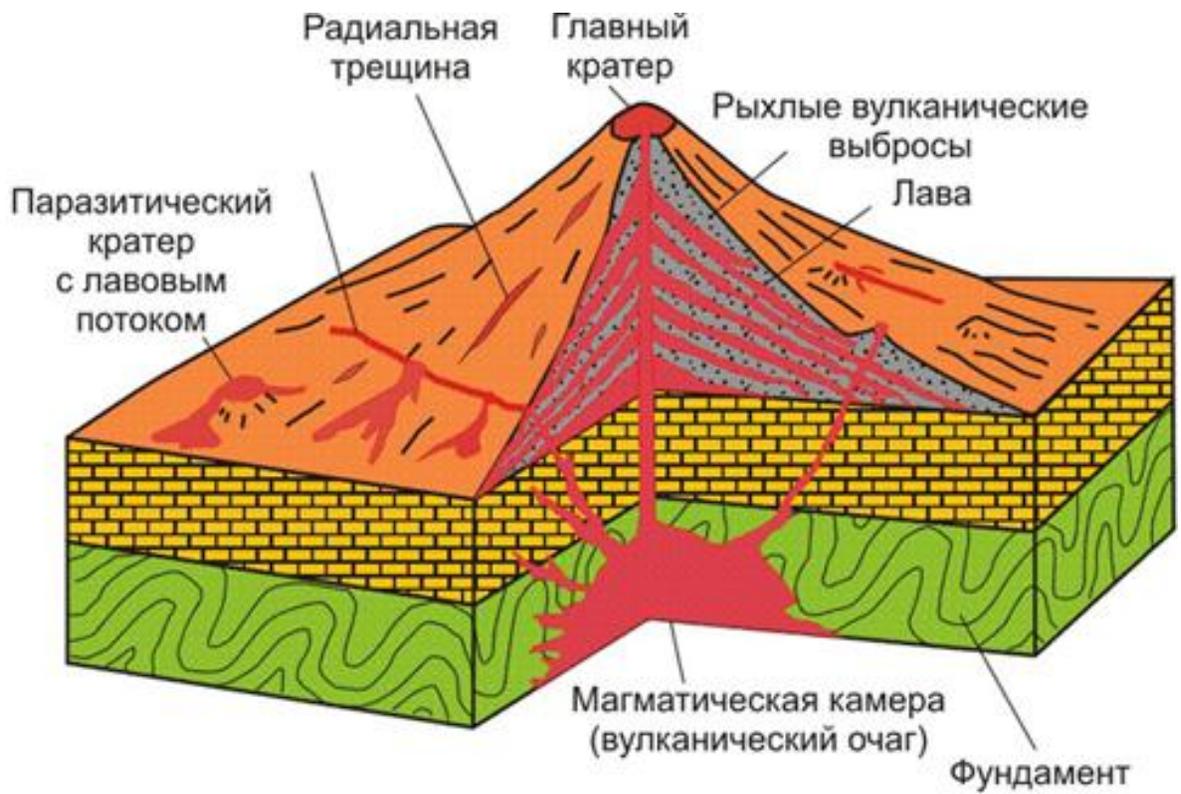
- **туфы вулканические**, почти целиком состоящие из пирокластического материала,
- **туффиты** с содержанием последнего более 50%,
- **пирокласто-осадочные** породы (туфопесчаники, туфогравелиты, туфоконгломераты и др.) – с преобладанием осадочных компонентов.

**б) хемогенные** – материал, выносимый **горячими источниками**, **парогазовыми струями** и извлекаемый при **выщелачивании вулканических** пород.

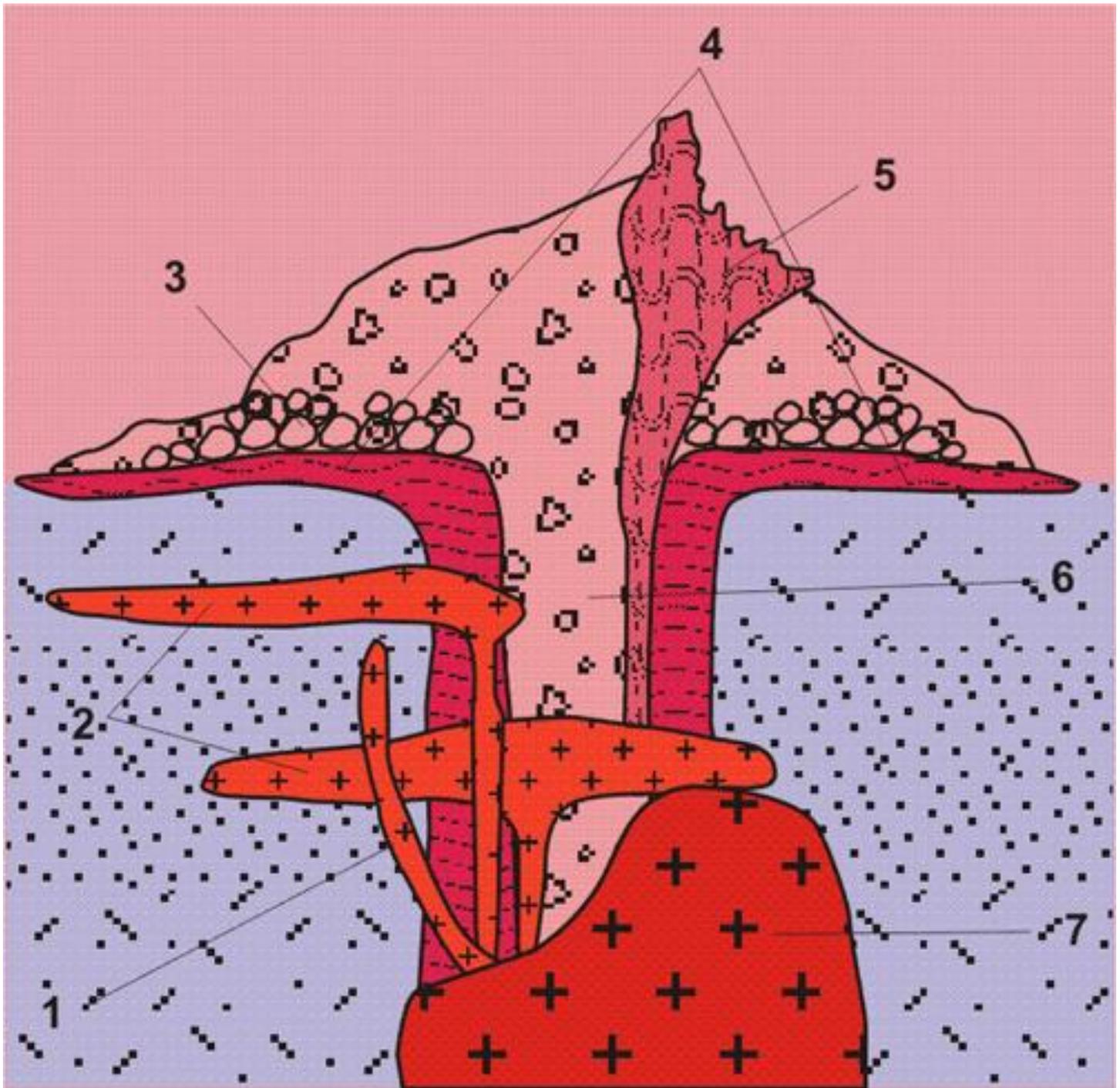
**Яшмовидные породы, сера, руды железа, марганца, фосфориты и др.**

## Типы вулканов:

- **трещинные, или линейные** – к зонам раздвижения литосферных плит
- **центрального типа** – извержение происходит через подводный трубообразный канал – **жерло**.



**Схематические изображения  
 центрального (вверху) и щитового (внизу) вулканов  
 (по Раст, 1982)**

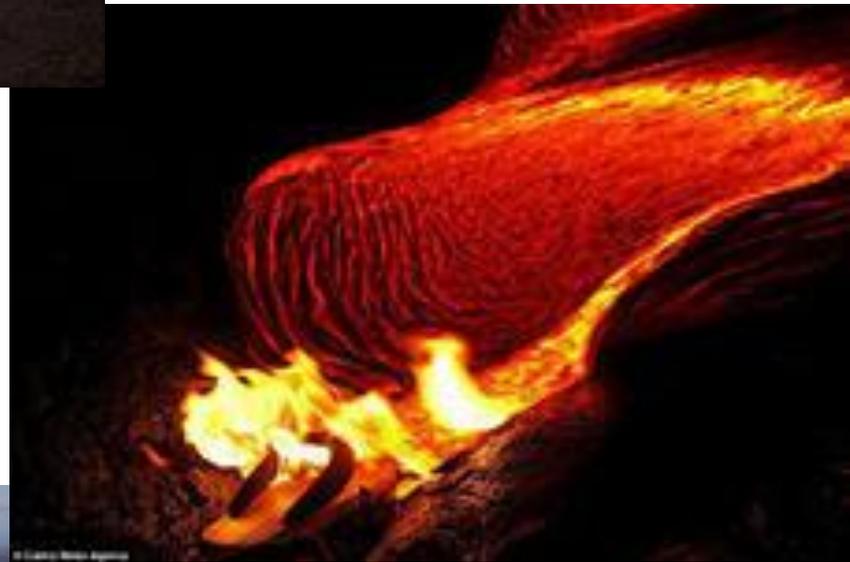


Фации вулканогенных пород  
1 - дайки, 2 - силлы, лакколиты,  
3 - *эксплозивная* субфация,  
4 - лавовые потоки (*эффузивная* субфация),  
5 - купола и обелиски (*экструзивная* субфация),  
6 - *жерловая* фация, 7 - гипабиссальная интрузия

# Типы вулканических извержений

*Гавайский* – спокойное излияние жидкой **базальтовой** магмы из трещинных жерл: **валы, лавовые озёра, щитовые вулканы, волосы Пеле** (Килауэа, Хапемаумау на Гавайях, Нирагонго и Эрта-Але в Восточной Африке);

близок *исландский* – образуются **плоские покровы** (трещина Лаки длиной **25 км** – плато площадью **600 кв. км**; Сибирь, Индия, Бразилия)

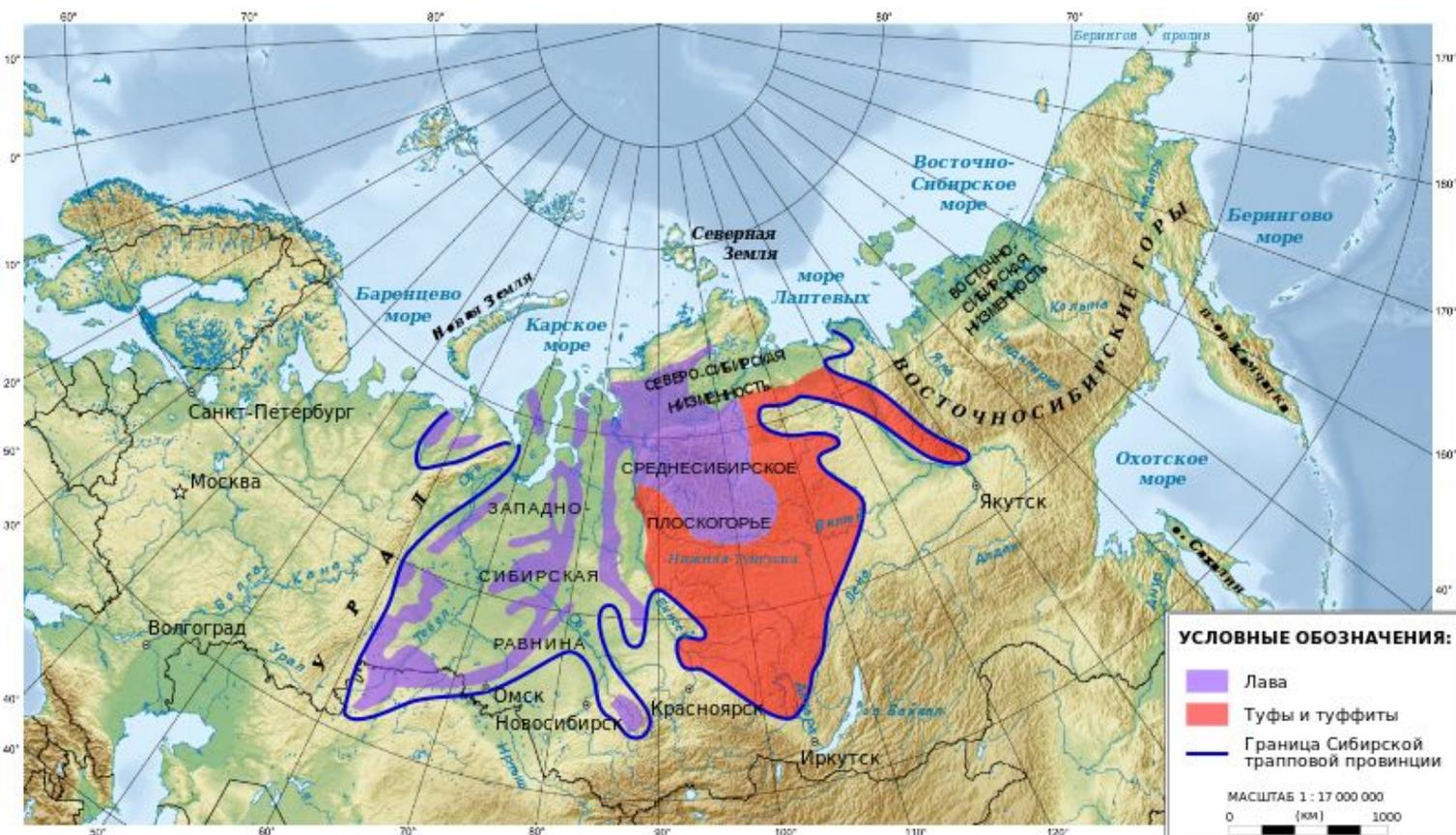


# Сибирские траппы

Нижняя, Подкаменная Тунгуски, Тунг.

Плато Путорана

Площадь – 4 млн. км<sup>2</sup>, объем 2 млн. км<sup>3</sup>  
эффузивных и интрузивных пород



# Стромболианский

(Стромболи в Тирренском море в Италии)

- ритмичные (от 1 до 10-12 мин.) выбросы *более вязкой лавы*
- потоки более *короткие и толстые*
- **длительные** (Стромболи – с V в. до н.э.)



# Вулканский

(остров Вулькано в группе Липарских в Италии)

- **кислая лава** с высоким содержанием **газов**
- быстрое **отверждение** – периодические **пробки** – **давление газов** – «**выбивание**» со взрывом – черное **облако пирокластов** с бомбами типа «хлебной корки»
- периоды **полного покоя** (Авачинский и Карымский на Камчатке, Везувий)



# Пелейский

(вулкан Мон-Пеле на о. Мартиника в Карибах)

Очень **вязкая лава** застывает – **мощная пробка** в жерле – выжим в виде **экструзии** (Мон-Пеле – высотой 375 м, диаметром 100 м).

**Раскалённые газы** – временами **сквозь пробку** – **палящие тучи** (Мон-Пеле – 8.05.1902 – 800°C, двигалась по склону со скор. 150 м/с, уничтожила г. Сен-Пьер, 26000 жит.); **Безымянный** на Камчатке.

**Мон-Пеле**



**Этна**



# Вулканические газы

В зависимости **от состава** – на:

**фумаролы:**  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{SO}_4$ ;  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ;  $\text{V}$  и т.д.

**сульфатары:**  $\text{SO}_2$ ;  $\text{H}_2\text{S}$ ;  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ;  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}$ ,  
 $\text{CH}_4$

**мофетты:**

преобладает  $\text{CO}_2$





# Поствулканические процессы

Продукты – *пар* и *горячая вода*.

**Гейзеры** – периодические и под большим напором выбросы.

*Термальные источники* – при отсутствии напора пара.





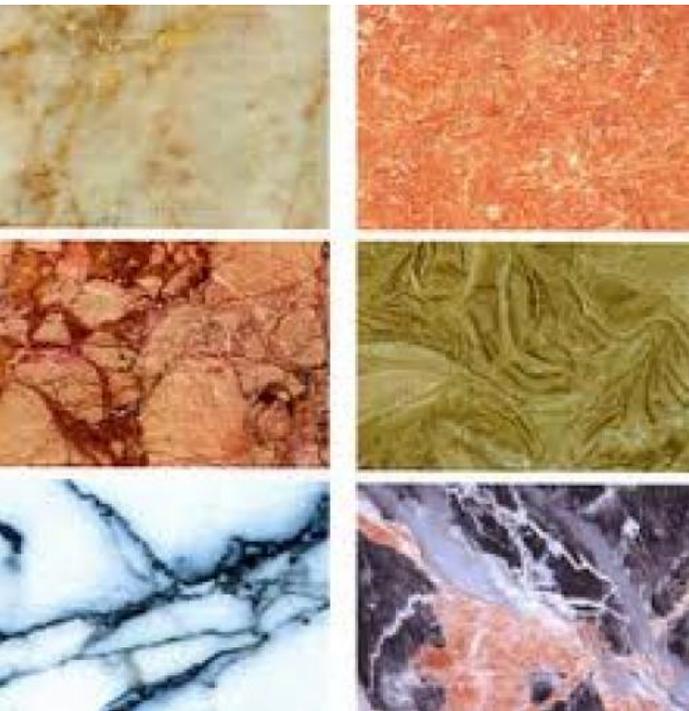
# Эндогенные процессы

## Метаморфизм и метаморфические горные породы

Температура, давление, газы и водные растворы.

Типы метаморфизма:

*- региональный: T°C, P*



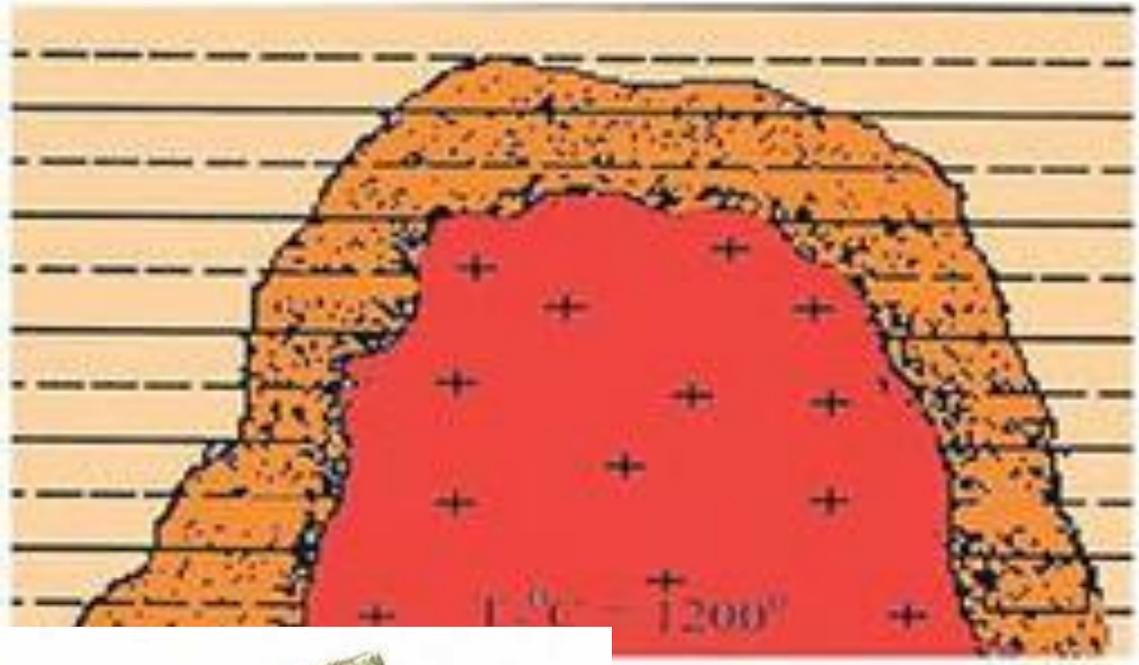
# Регионально-метаморфизованные месторождения железа, бокситов, марганца, золота и урана



**Метаморфические месторождения  
амфибол-асбеста, кианита и  
силлиманита, наждака, графита,  
слюд, граната и рутила.**

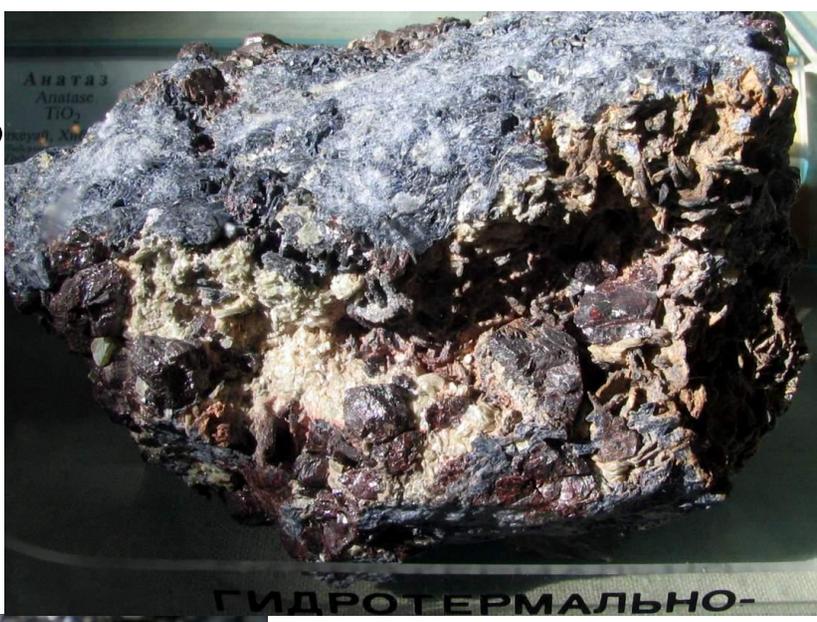


**- *контактовый* – от тепла остывающей  
МАГМЫ**

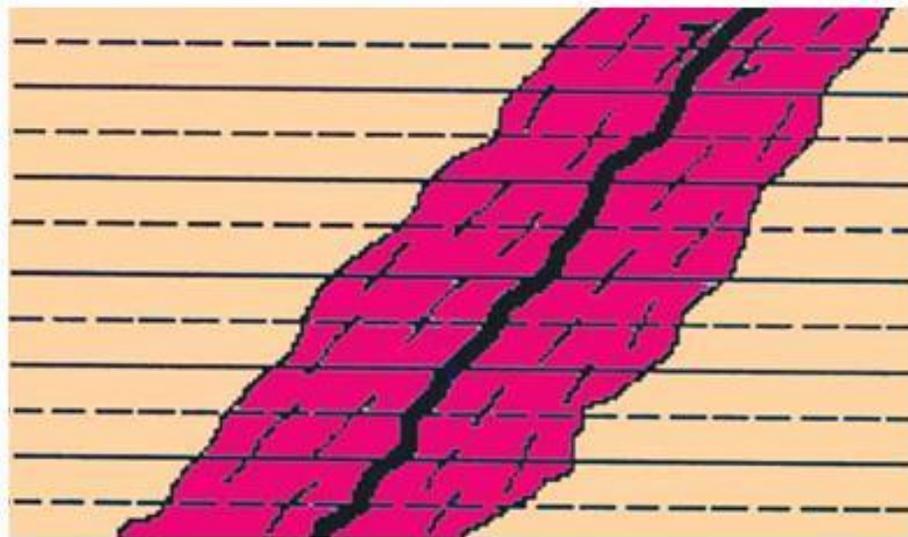


# Контактово-метаморфические

месторождения  
железа, графита,  
корунда и  
наждака.



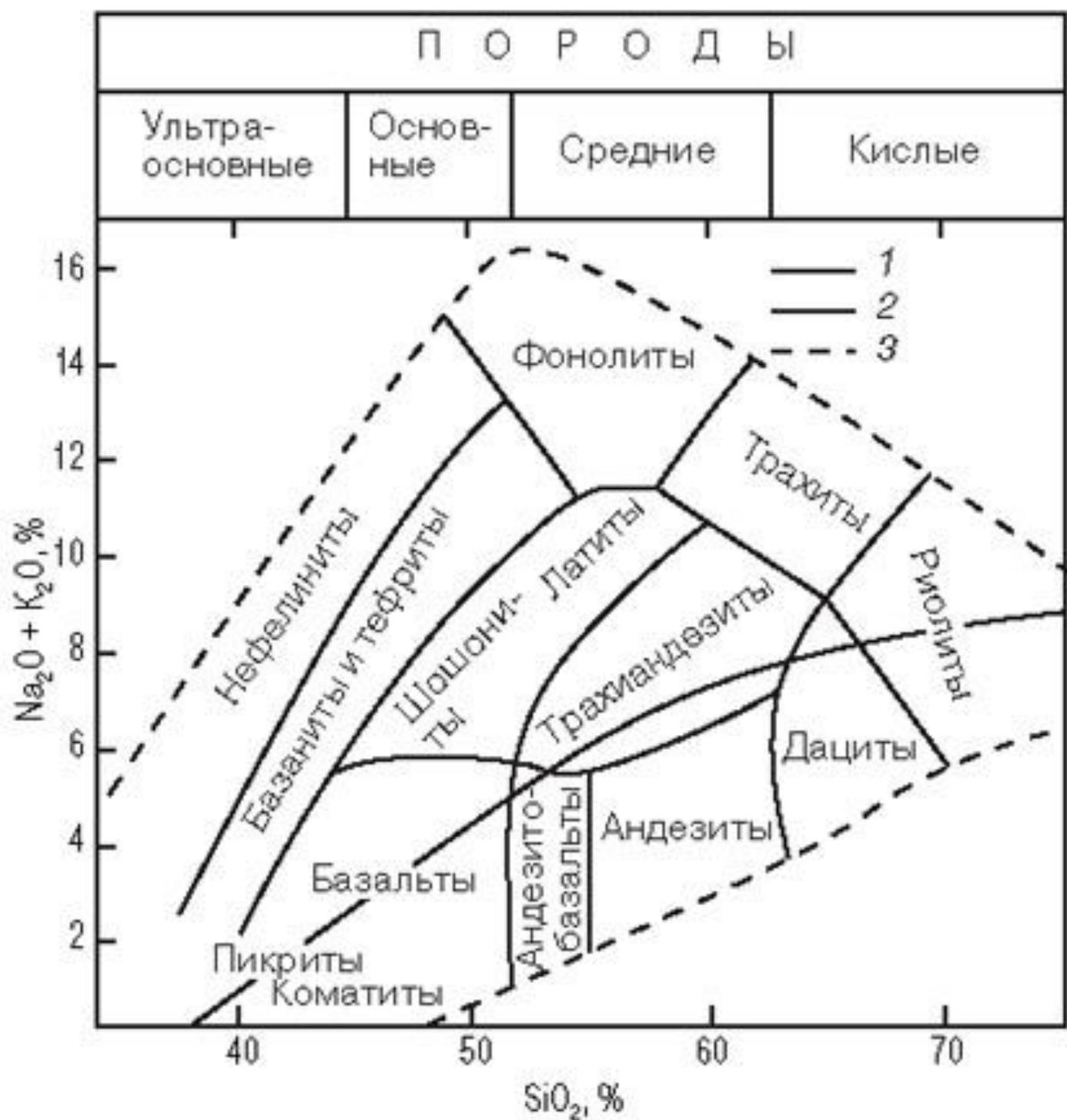
**- динамометаморфизм – в зонах разломов,**



**- импактный** – при ударе метеорита о поверхность планеты.

**Импактиты, Попигай, алмазы**





**Рис. 1.** Номенклатура главных типов вулканических пород в координатах  $\text{SiO}_2$ – $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  по Cox et al., 1979 с дополнениями автора.

1 – разделительная линия между породами нормальной щелочности и щелочными (Miyahiro, 1978); 2 – границы между типами пород; 3 – линия, ограничивающая поле существования природных вулканических пород.