

ГЕНЕЗИС МИНЕРАЛОВ

В.И.Вернадский, А. Е. Ферсман, П.П.Пилипенко

Условия, закономерности, процессы, приводящие к образованию минералов

СРЕДА МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ

Магма, водный жидкий раствор, газ, система «газ – жидкость», коллоидные растворы, твердые (кристаллические и аморфные) среды.

Причины образования минералов

Переохлаждение расплавов, пересыщение растворов, переохлаждение газов, изменение температуры и давления, излучения, электрохимические явления и жизнедеятельность организмов.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Эндогенные и экзогенные

Круговорот вещества в природе

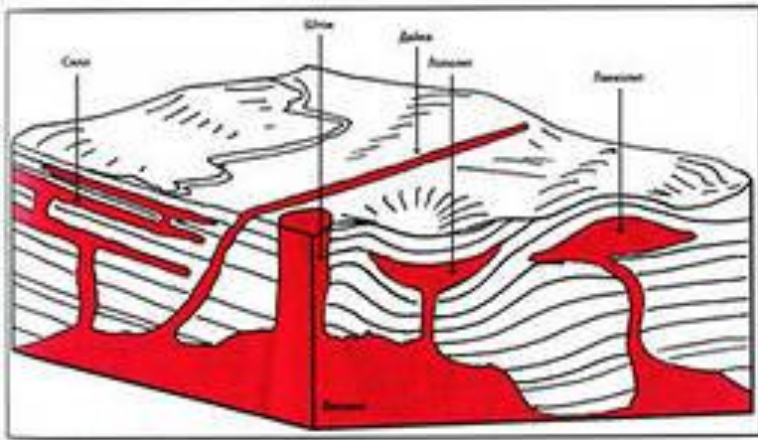


Магматизм

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.), разными 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** горячего пластичного глубинного вещества со **снижением давления** (при отсутствии существенного изменения температуры) – к началу плавления;
- **повышение температуры** (без изменения давления) при внедрении горячих магм и сопровождающего их потока флюидов;
- **дегидратация минералов** в глубоких зонах земной коры. Выделяющаяся вода на десятки-сотни градусов снижает температуру начала плавления пород.

Подвижность магмы – определяется *вязкостью*, зависящей от *химсостава* и *температуры*.

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 соотношение – *разновидности* магматических пород.

Группы пород (по содержанию SiO_2 , вес.%)

Ультракислых – более 78

Кислых – 64 – 78

Средних – 53 – 64

Основных – 45 – 53

Ультраосновных – 30 – 45

Низкокремнеземистых и некремнеземистых – менее 30



Рис. 67 *Перидотит*.
<http://lingvo.yandex.ru/cgi-bin/lingvo.pl?text=Hornblende+>

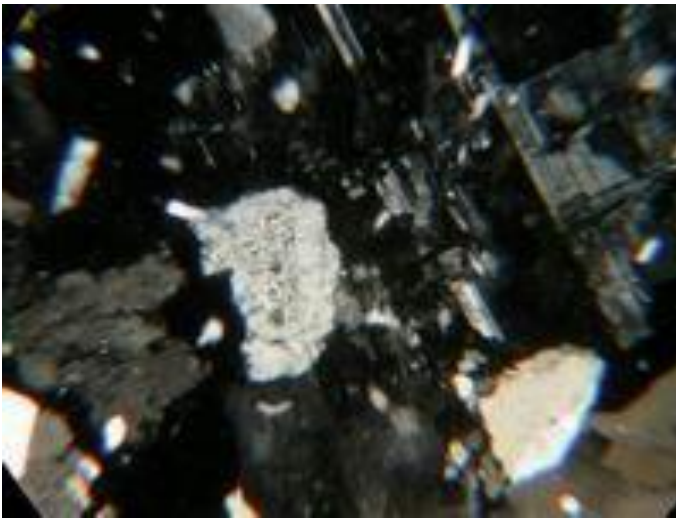
Расплав *фильтруется* вверх – от *нескольких см до нескольких м* в год.

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

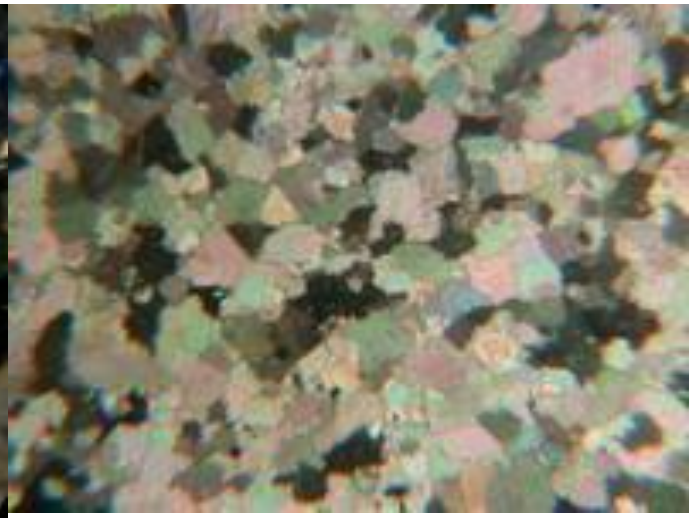
Кристаллизация – на глубинах *в несколько километров*.

Температура кристаллизации – *1300-700°C*.

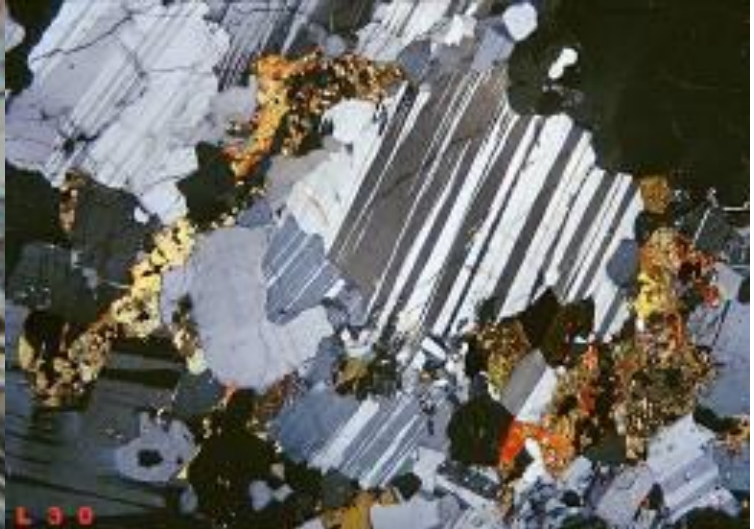
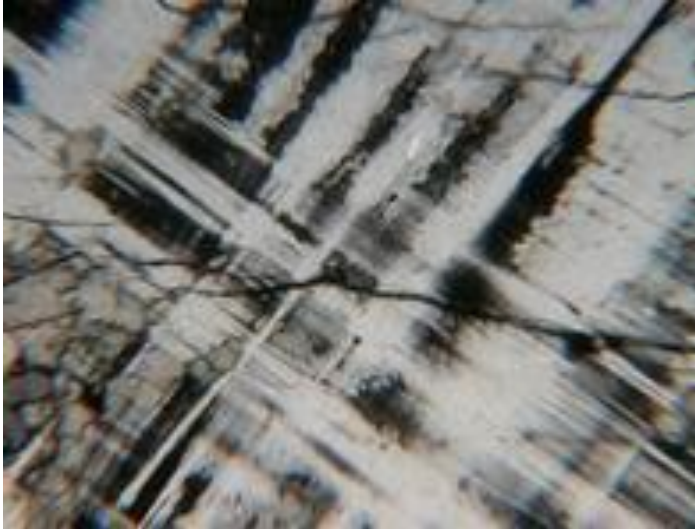
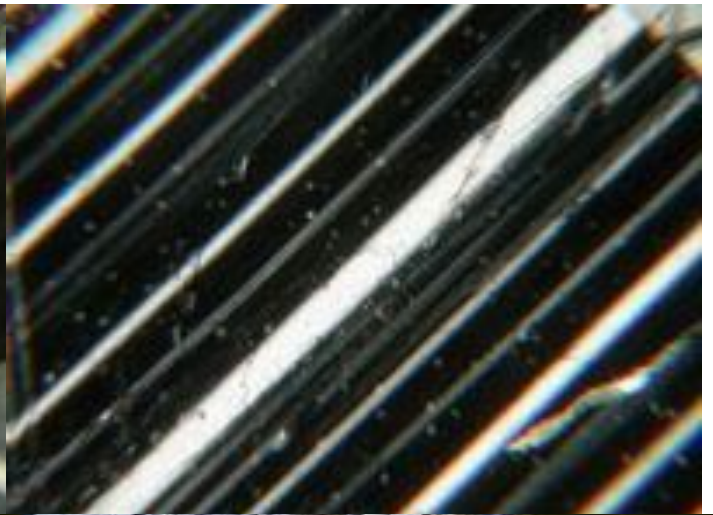
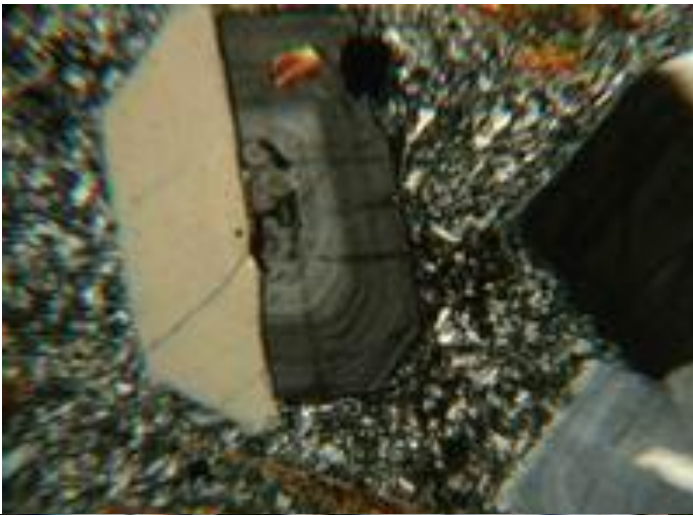
Продолжительность *остывания* интрузивных тел – от *десятков тысяч лет (для небольших тел) до десятков миллионов лет* (для крупных тел размером в десятки километров).



Кварц

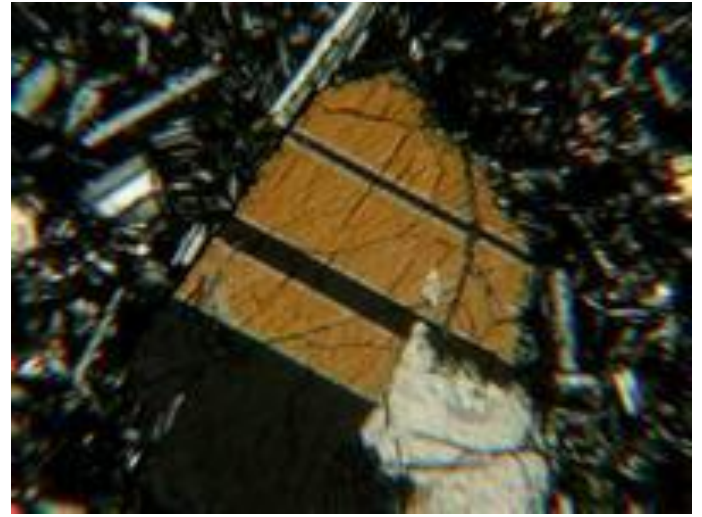


Кальцит

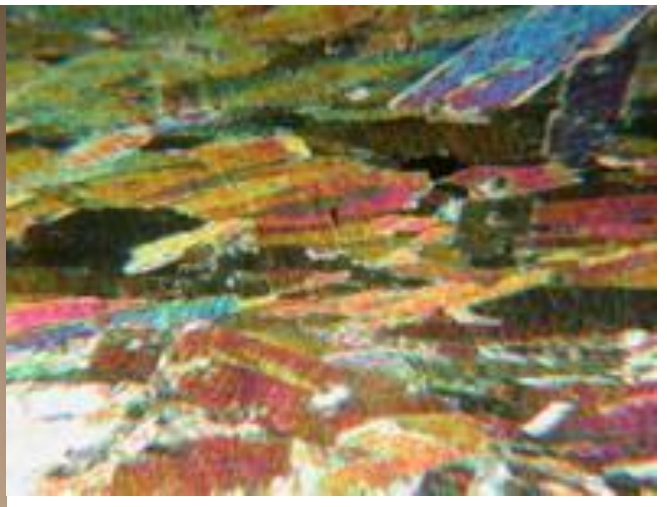
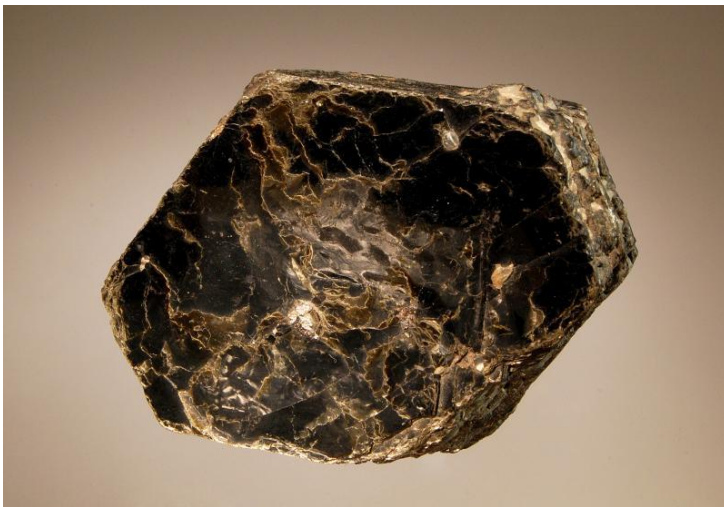


Е
В
е

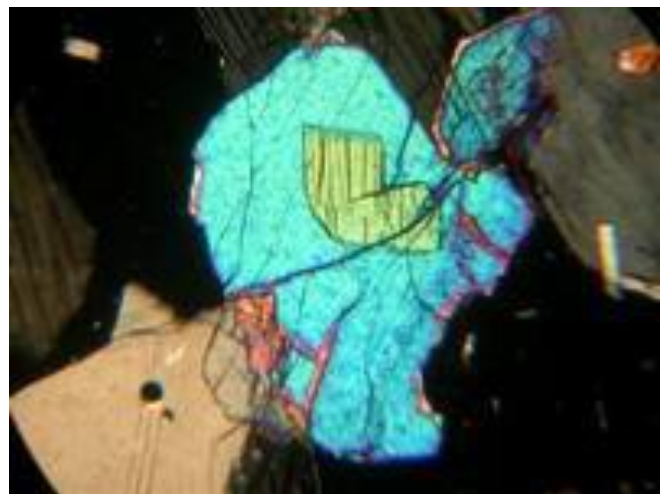
Полевые шпаты



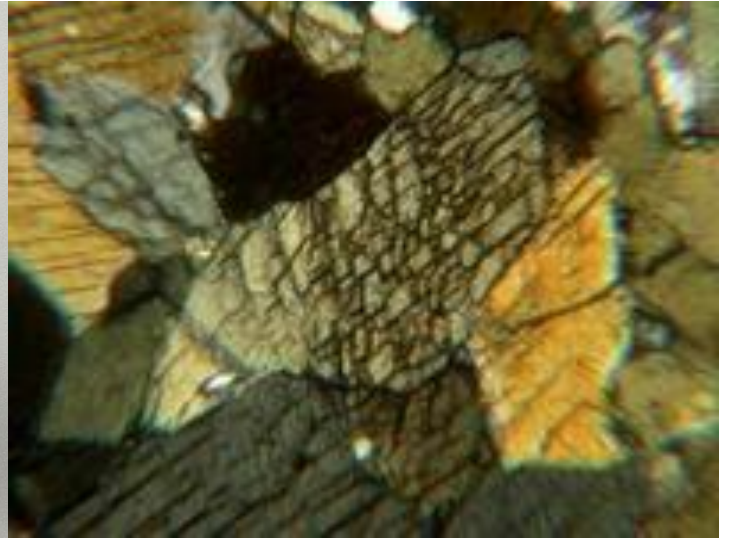
Пироксен



Биотит

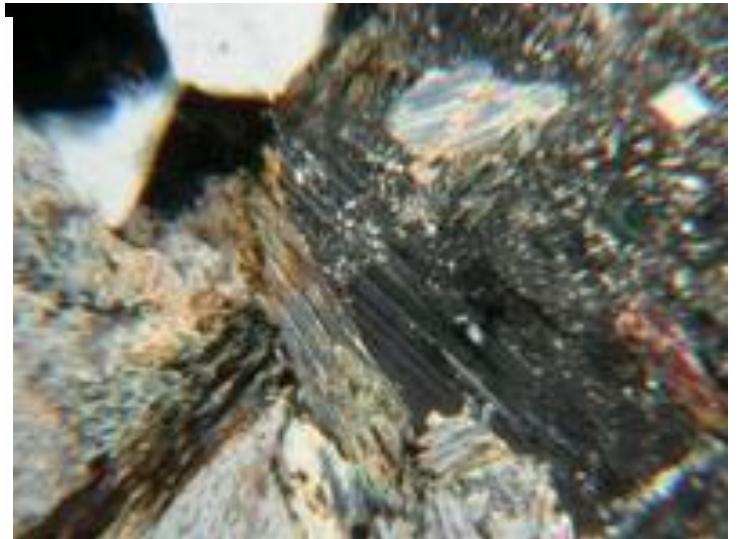


Оливин



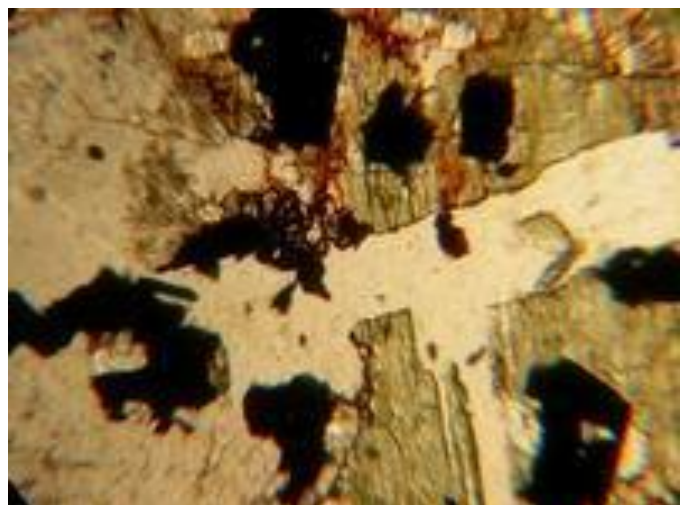
Роговая обманка

р
с

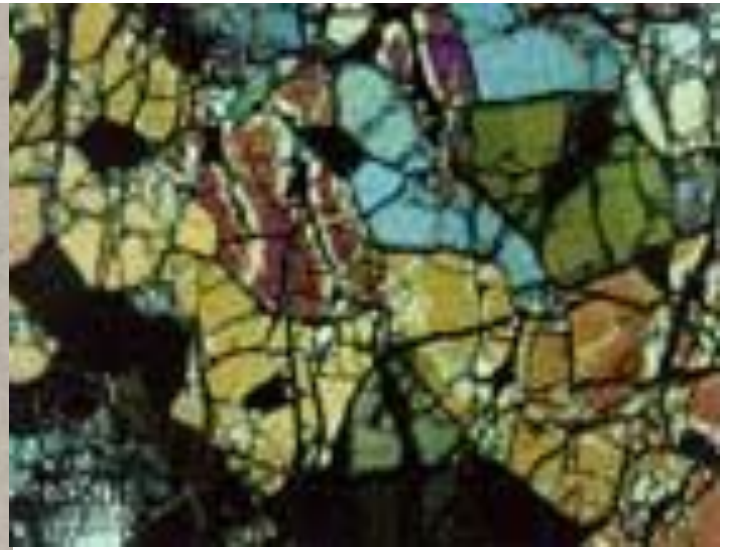


Хлорит

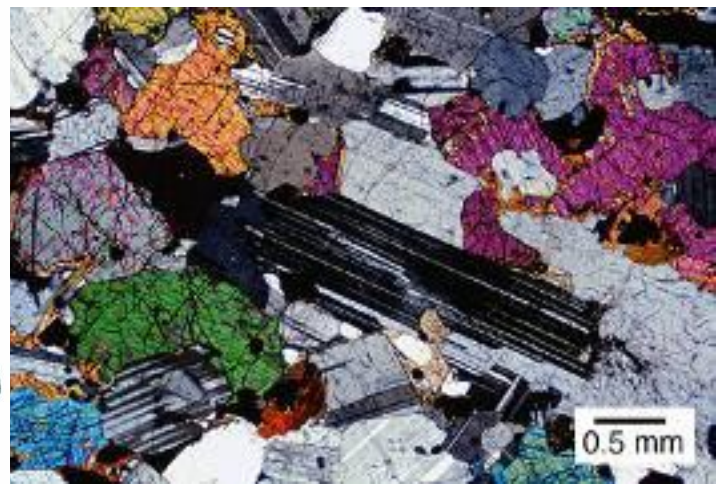
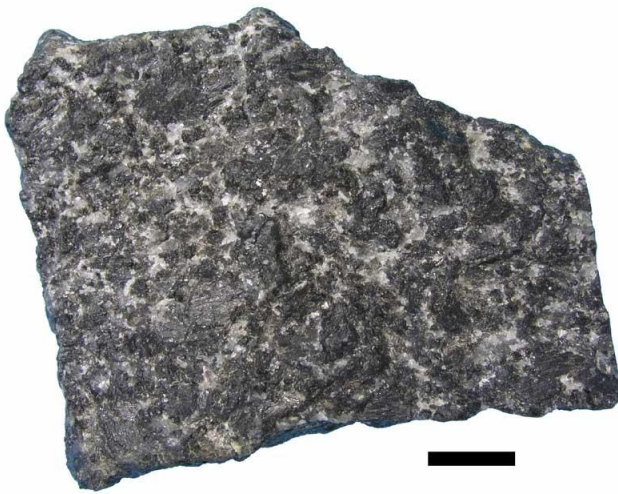
х



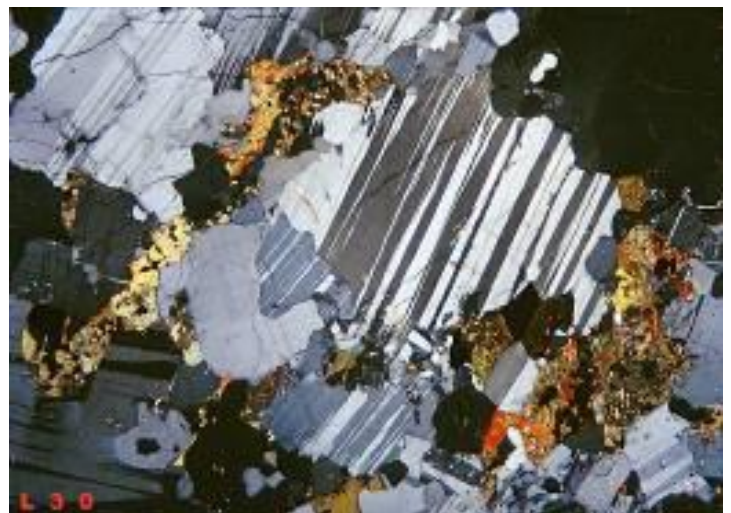
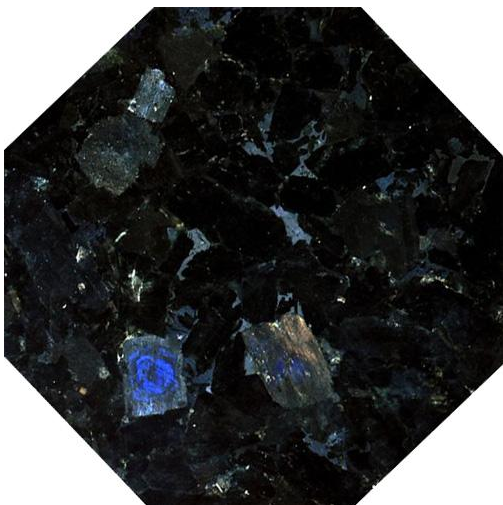
Магнетит



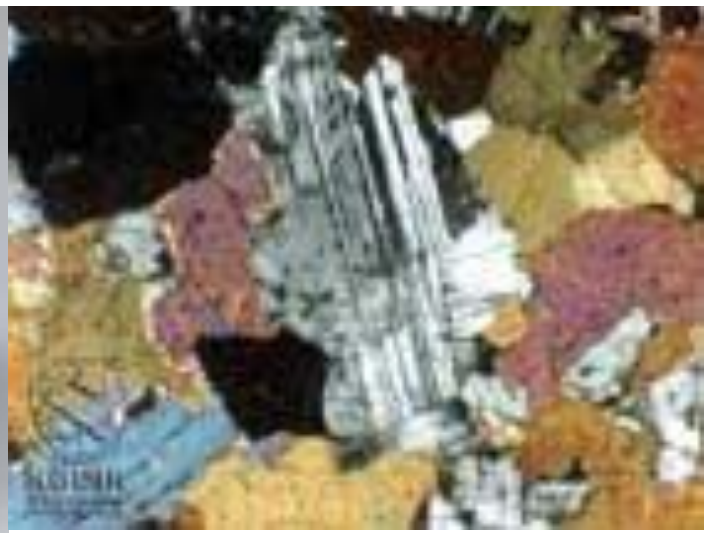
Пироксенит



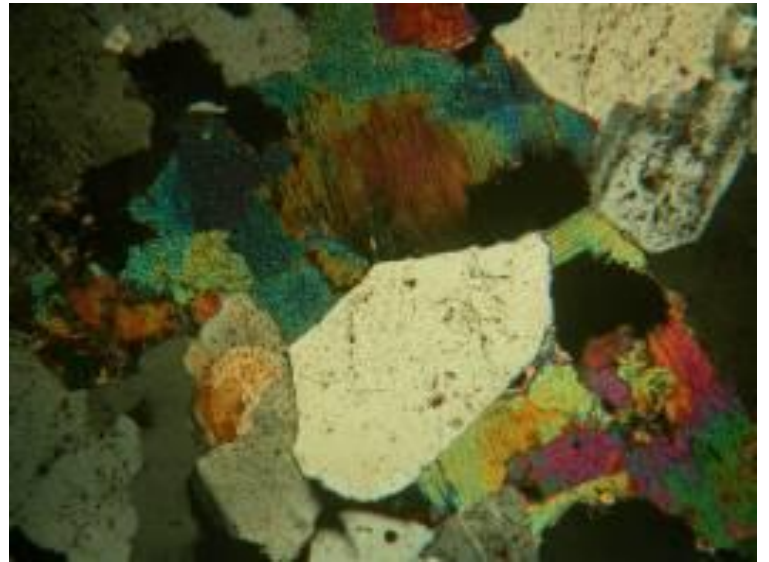
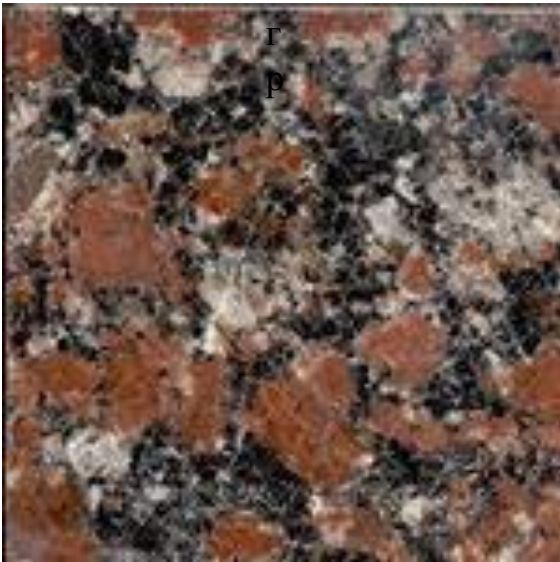
Габбро



Лабрадорит



Диорит



Гранит



Сиенит

Пути разделения магмы (*дифференциация*):

I. Разделение магмы разного состава – ультраосновной, основной и кислой.

II. Кристаллизационная дифференциация – кристаллизацией породообразующих минералов с понижением температуры (Н. Боуэн)

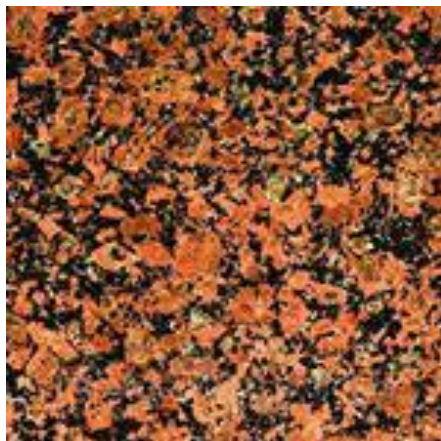
III. Дифференциация (*расслоение*) расплава по плотности – *ликвация* (Бушвельдский интрузивный массив, ЮАР)



IV. Ассимиляция – захват и переплавление магмой встречаемых пород (тоже может стать причиной дифференциации).

Интрузивные породы – по глубинам образования:

- 1) *абиссальные* – на значительной глубине (*несколько км*),
- 2) *гипабиссальные* – *1-3 км*,
- 3) *субвулканические* и *жильные*.



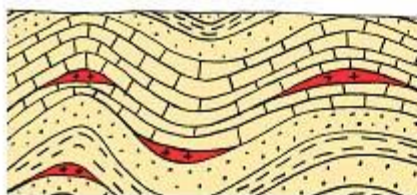
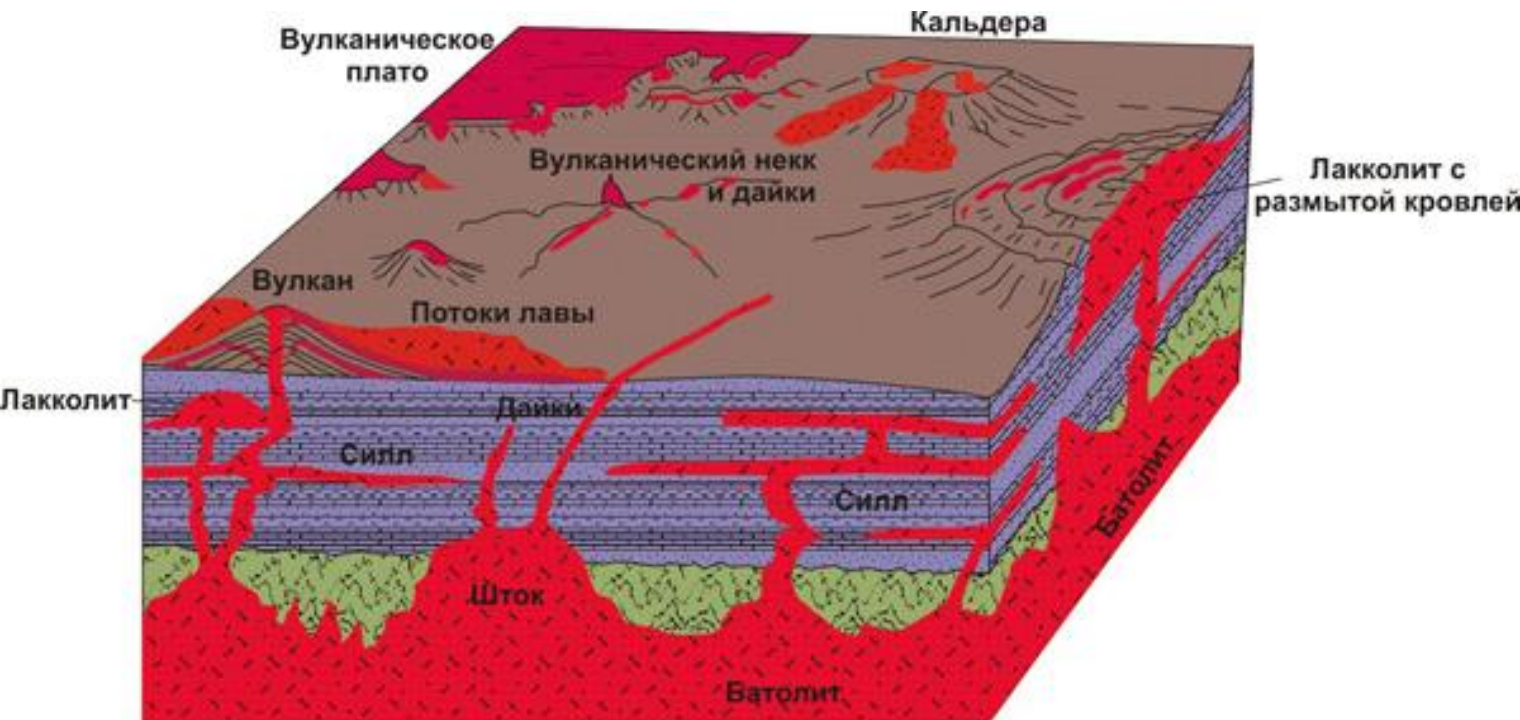


Рис.9 Факолиты.

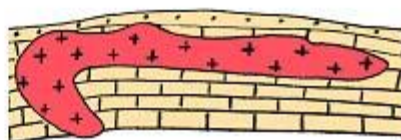
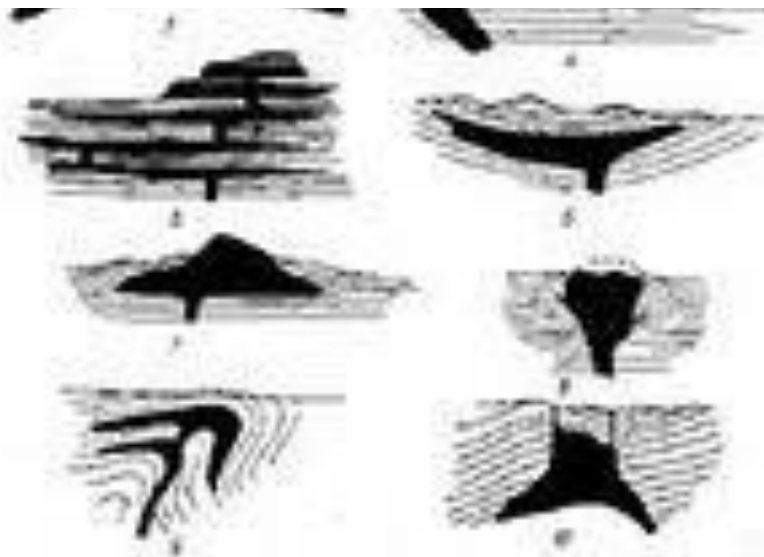


Рис.10 Гарнолит.



Интрузивные тела несогласные – по форме:

- батолиты – размеры до сотен км,
- штоки – (от нем. «Stock» - палка, ствол)

Меньшие тела – по условиям залегания:

- а) согласные: **силлы, лакколиты** (грибообразные), **лополиты** (блюдцеобразные); **факолиты** (в замках складок), **гарнолиты** (серповидной формы),
- б) секущие: **дайки** – в рельефе напоминают разрушенные стены, **жилы** – небольшие секущие неправильной формы.

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*.

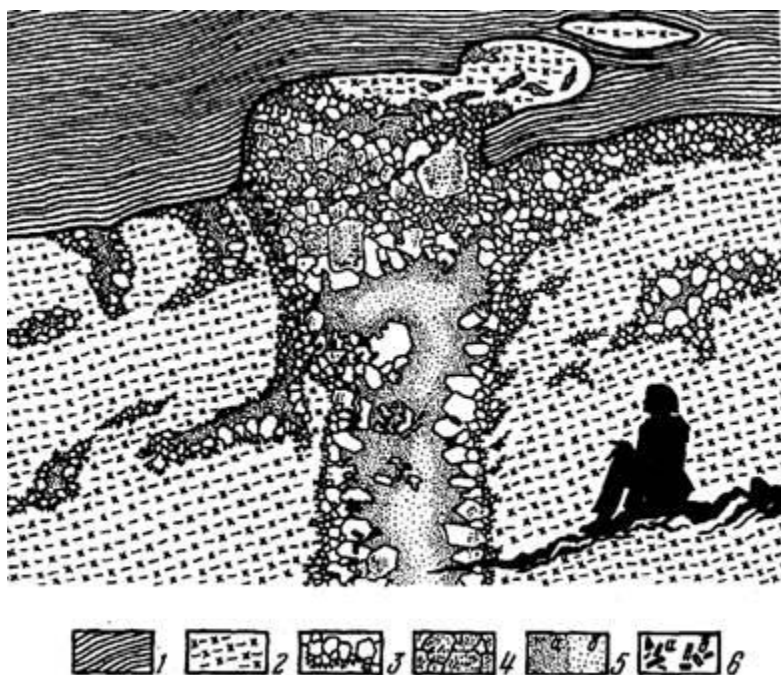


Рис. 81. Форма и внутреннее строение пегматитовых жил гольца Оленьего, Забайкалье (Иванов, 1985).

1—метаморфические горные породы; 2—граниты; 3—кристаллы полевого шпата чистые; 4—кристаллы полевого шпата с вростками кварца типа еврейского камня; 5—выделения кварца (а—дымчатого, б—молочного); 6—кристаллы биотита (а) и мусковита (б).



Пневматолитовый процесс

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

Грейзены – кварц-слюдяные агрегаты; месторождения *вольфрамит*, *касситерита (Sn)*, *редкоземельные (Li)*, *самоцветов (берилла, топаза, турмалина)*.

Скарны – месторождения железа, слюд.

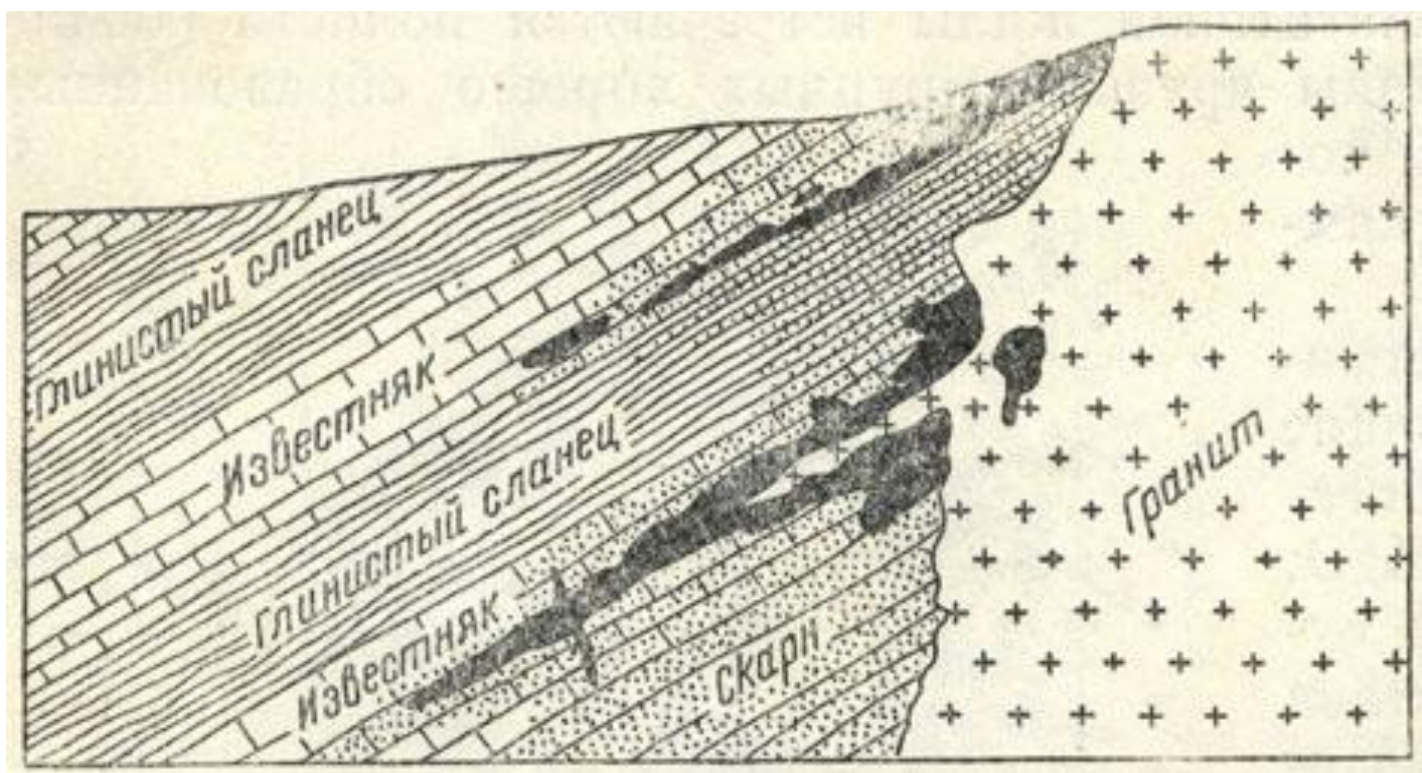


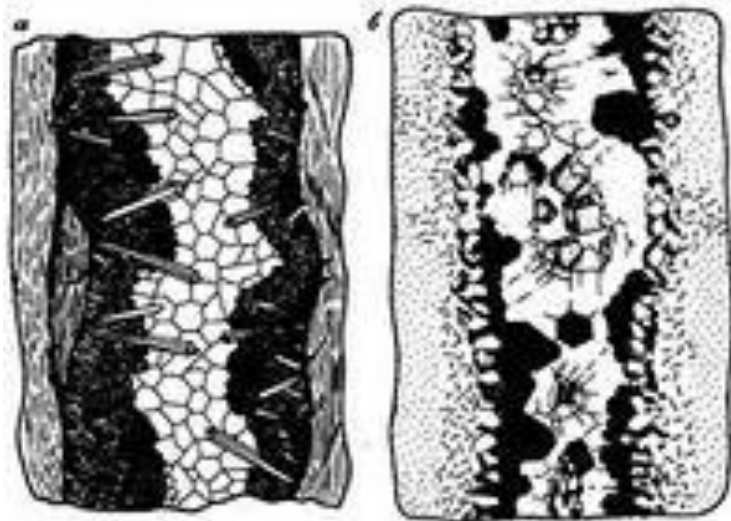
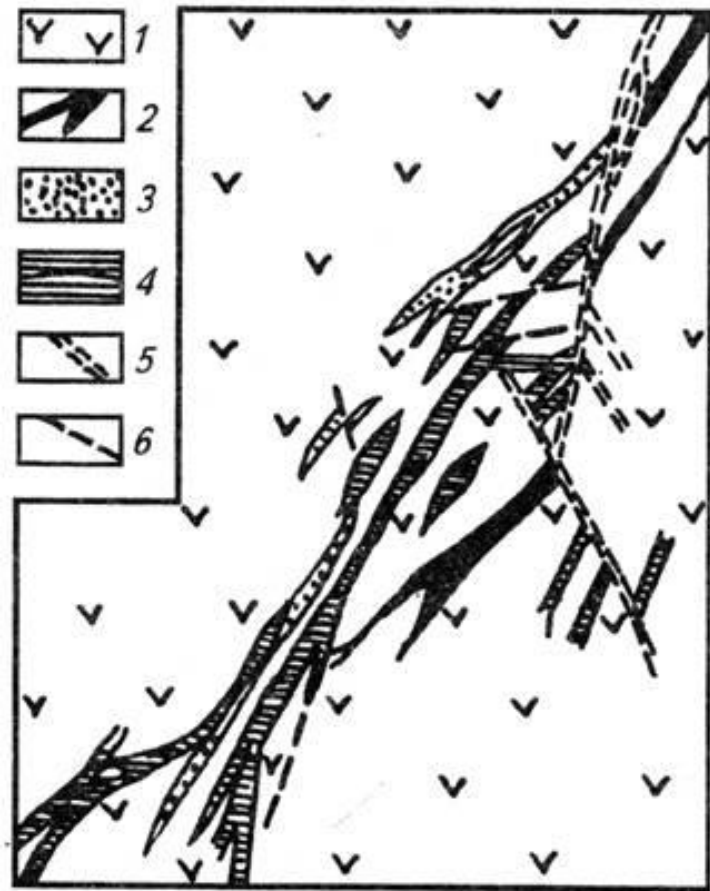
Схема геологического разреза
контактово-метасоматического
месторождения

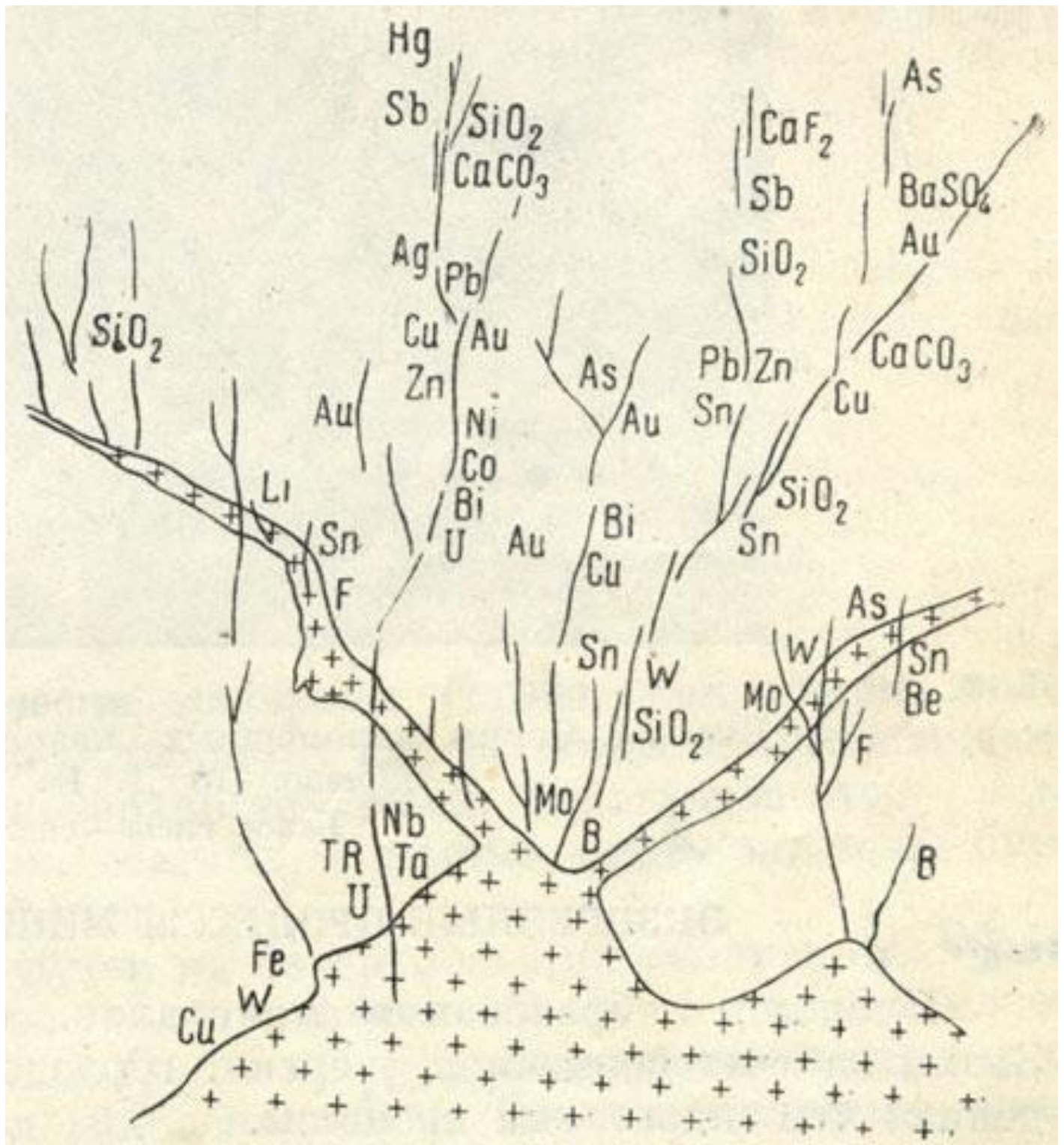
Гидротермальный процесс

Отделение минерализованных *газов и растворов (50-500°C)* от остывающего интрузивного тела и *перемещение* их по трещинам в окружающие породы.

Гидротермальные жилы.

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





**Общая схема расположения
гидротермальных образований**

Эффузивный магматизм

Излияние лавы.

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

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



Характер отделения газов:

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



Италия, Липарские о-ва

Твердые продукты извержений (пирокласты).

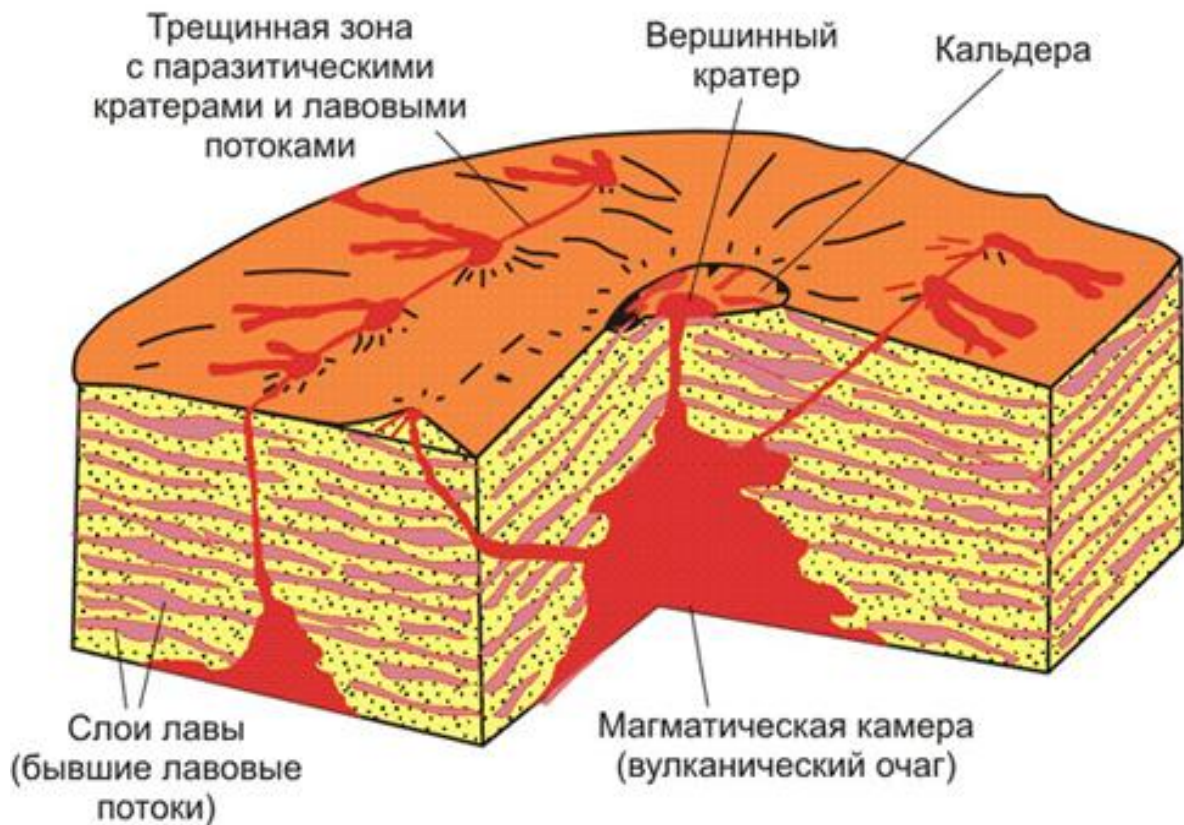
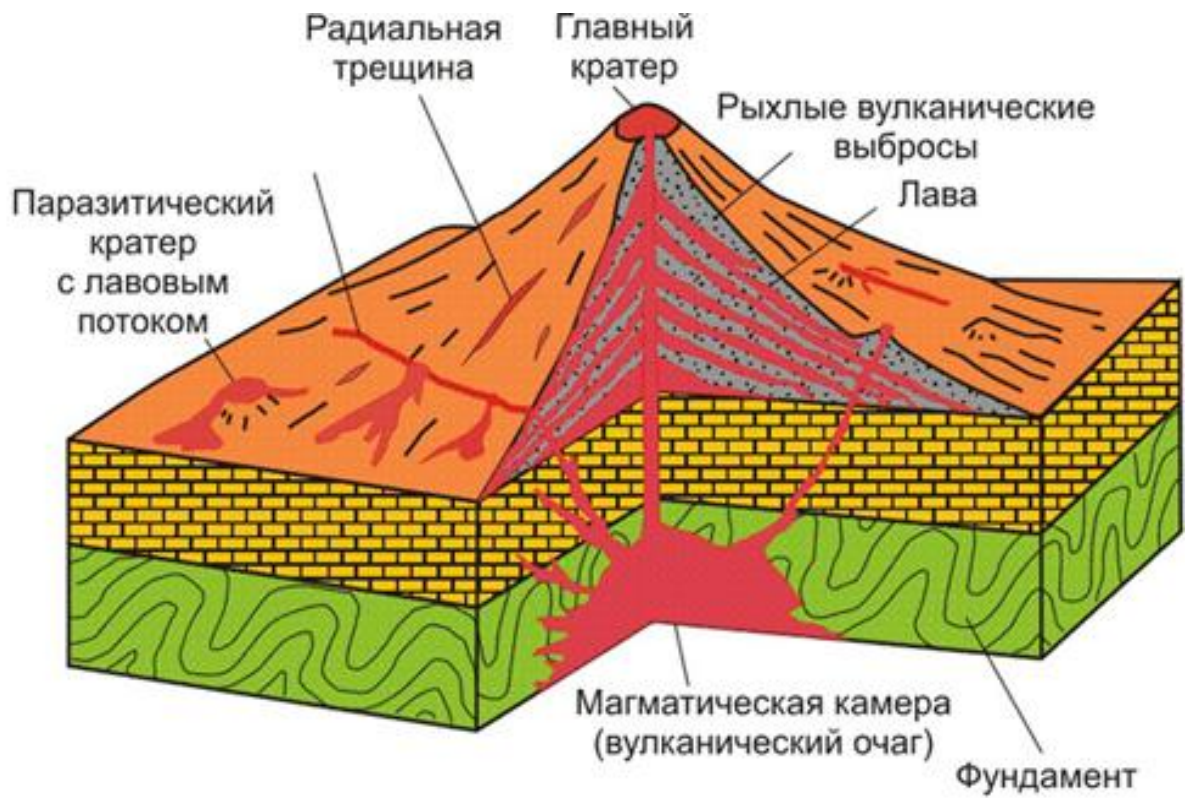
Объемы – *до десятков куб. км.*

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* (при извержении Вулькано была выброшена глыба объемом 25 куб. м, массой 68 т).



Пирокластический поток вулкана Сент-Хелен (США, 1980)



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

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)



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 извергается с V в. до н.э.)



Вулканский

(остров Вулькано в группе Липарских в Италии)

- ***кислая лава*** с высоким содержанием ***газов***
- быстрое ***отвердение*** – 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 в жерле, образует **мощную пробку**, выжимаемой в виде **экструзии** (Мон-Пеле – высотой 375 м, диаметром 100 м).

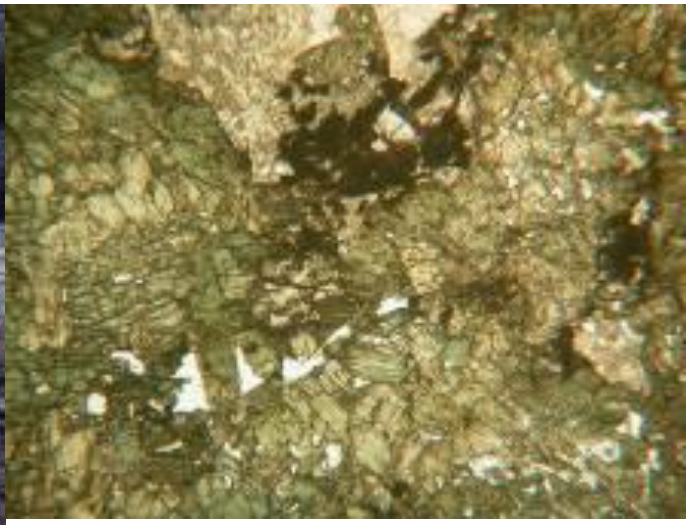
Раскалённые газы временами вырываются сквозь пробку, образуя **палящие тучи** (Мон-Пеле – 8.05.1902 – 800°C, двигалась по склону со скор. 150 м/с, уничтожила г. Сен-Пьер с 26000 жителей); Безымянный на Камчатке.



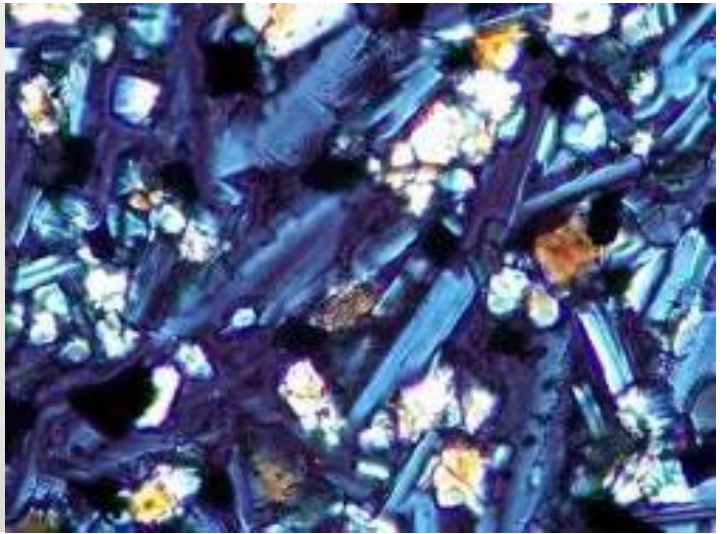
Мон-Пеле



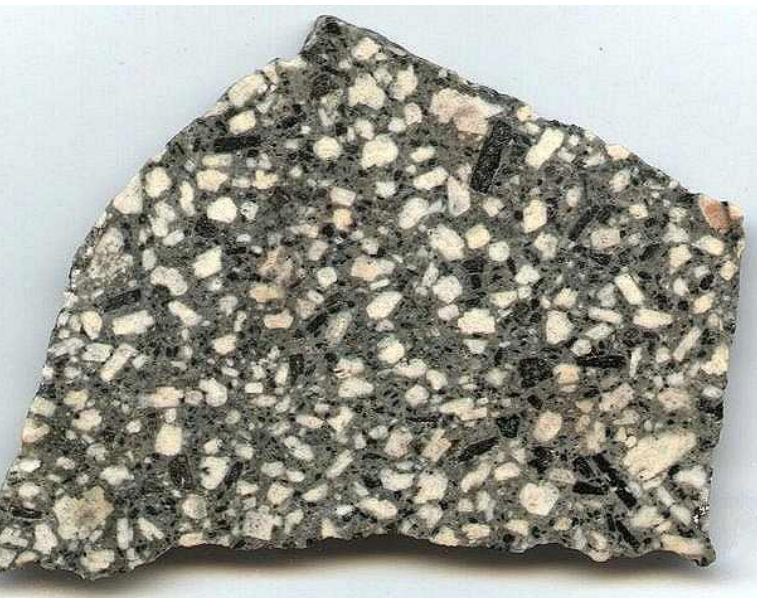
Этна



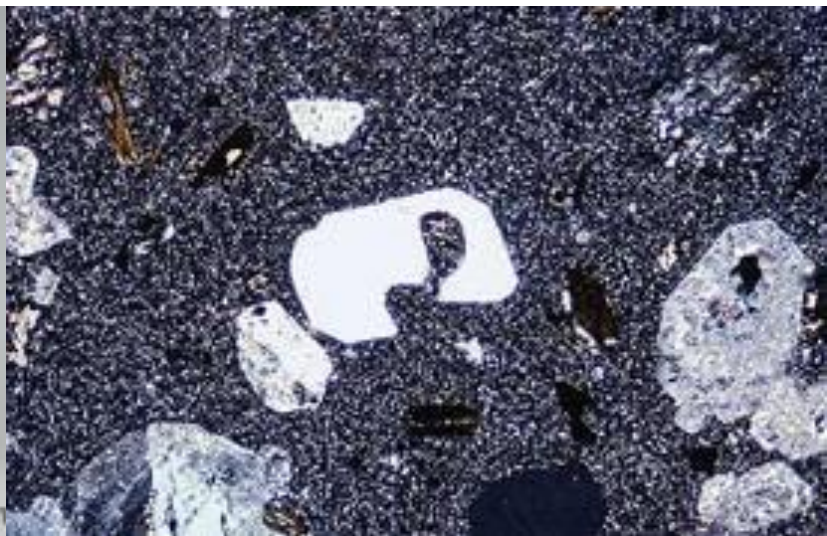
Пикрит



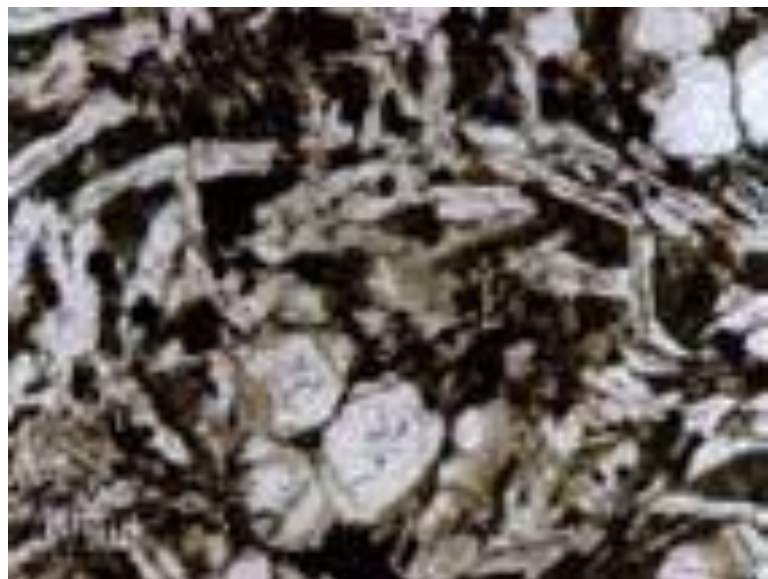
Базальт



Андезит

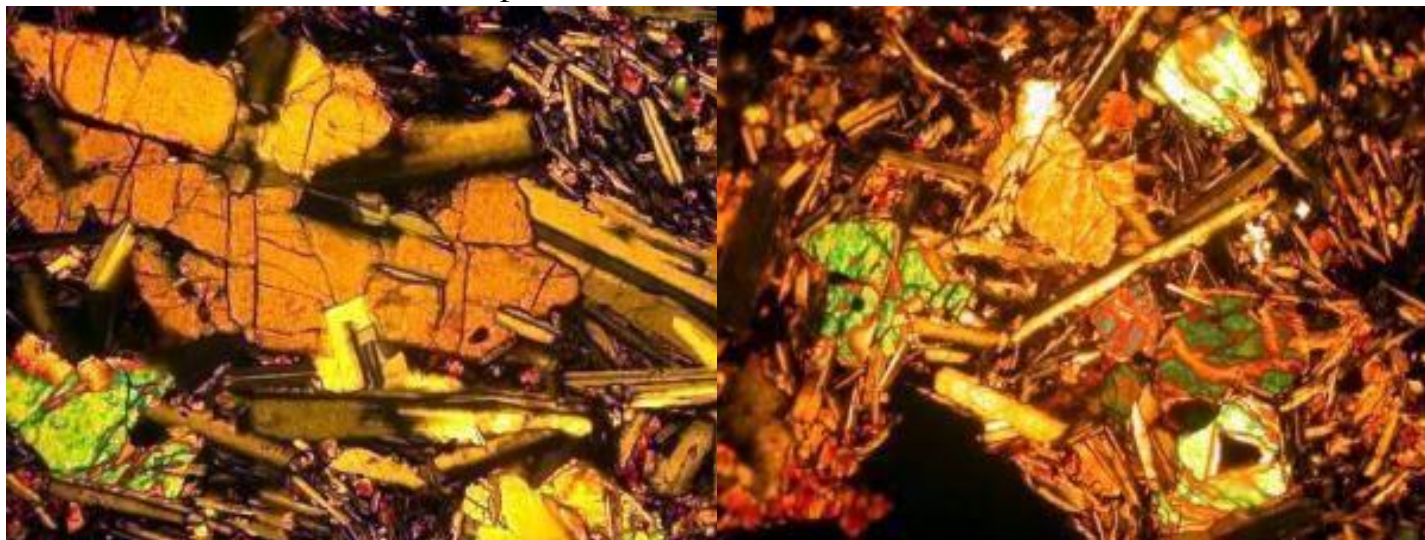


Риолит



Трахит

т



Оливиновый базальт

Вулканические газы

В зависимости *от состава* делятся – на:

фумаролы – HCl , HF , SO_4 ; CO , CO_2 ; B и т.д.

сольфатары – SO_2 ; H_2S ; CO , CO_2 ; H_2O , N , CH_4

мофетты – преобладает CO_2 .

Эксгаляция. Сульфаты, хлориды, гематит, сера, аурипигмент, сассолин
 $\text{B}(\text{OH})$



Поствулканические процессы

Продукты – *пар* и *горячая вода*.

Гейзеры – периодические и под большим напором выбросы.

Термальные источники – при отсутствии напора пара.

