



Структурная геология

**Тела магматических горных
пород в структурах земной
коры**

Тела магматических горных пород образуются из силикатных магматических расплавов при их застывании.

В зависимости от того, где происходит это застывание - на земной поверхности, в недрах вблизи поверхности или на глубине - они подразделяются на **вулканические, субвулканические и интрузивные.**

Важнейшие группы магматических пород

Магма (по-гречески "пластичная масса") - расплав, образующийся в мантии или в пределах земной коры, из которого при последующем охлаждении и застывании получают магматические горные породы.

С химической точки зрения это силикатная масса, которая в зависимости от содержания в ней кремнекислоты может иметь **ультраосновной**, **основной**, **средний** или **кислый** состав.

Одним из характерных признаков магмы является содержание растворенных газов.

При застывании магмы в пределах земной коры возникают **интрузивные** горные породы.

Если же магма, прорываясь через ослабленные зоны земной коры, достигает земной поверхности, ее называют "**лавой**"; при этом содержащиеся в ней газы большей частью поступают в атмосферу.



Тела вулканических и субвулканических горных пород

Тела вулканических и субвулканических горных пород образуются в результате деятельности ***вулканов.***

Вулканы и вулканизм

Вулкан (Вулкан - бог огня у древних римлян) - выводное отверстие, округлое или в форме трещины, через которое время от времени на земную поверхность из глубины поступают **лава**, **вулканический обломочный материал**, **горячие газы и пары**.

Основные типы вулканических лав

Лавы с различным содержанием SiO_2 — основные, средние и кислые — обладают весьма **различными свойствами**.

Наиболее распространенным типом являются **основные (базальтовые) лавы**.

Базальтовые лавы имеют темную окраску—серую, темно-серую до черной.

Они обладают очень **низкой вязкостью**, являются преимущественно легкоподвижными.

Они по этой причине **легко отдают содержащиеся в них газы** и способны за короткое время **распространяться на большие расстояния**.

Базальтовый вулканизм может начинаться или сопровождаться **эксплозивными** (взрывными) извержениями, но в целом для него **эксплозивная деятельность не типична.**

Излияние лав основного состава протекает относительно **спокойно.**

Кислые лавы, благодаря своей высокой вязкости **текут крайне медленно** и **с большим трудом отдают** содержащиеся в них **газы**.

Вследствие этого при подъеме расплава **газы создают огромное избыточное давление**.

Кислый вулканизм имеет, как правило, **эксплозивный характер**.

Почти все крупнейшие катастрофические извержения были связаны с вулканизмом кислого или среднего состава.

Лавы среднего состава занимают **промежуточное положение** между основными и кислыми вулканитами.

Вязкость андезитовых расплавов, как и кислых, **относительно высока**, и андезитовый вулканизм обладает отчетливо **выраженной эксплозивностью**.

Особенности поверхностей лав позволяют различать среди них два типа.

Первый из них — тип «пахоэхоэ», называемый также *канатной лавой*.



Канатная лава (тип "пахоэхоэ"). Килауэа, Гавайи 14



Канатная лава.
Нижний протерозой,
пос. Гирвас, Карелия

Другой тип представляет «**аа-лава**». Он образуется на медленно текущих лавовых потоках с более толстой коркой, которая разбивается на исключительно шершавые, зубчатые блоки с острыми краями.



Аа-лава, перекрывающая канатную лаву. Килауэа, Гавайи

Эффузивные горные породы

Горные породы, образовавшиеся из застывшей лавы, называют излившимися, или **эффузивными** (от латинского *effundo* – изливаю).

Особенности эффузивных пород:

- присутствие **вулканического стекла**
- часто - **порфировая структура** (сочетание крупных **порфировых** **вкрапленников** и мелких кристалликов – **микролитов**).

Обломочный вулканический материал

К числу вулканических явлений принадлежит также ***выброс рыхлого материала***.

Выброшенные куски могут иметь самые различные размеры — от гигантских глыб до тончайших пылевых частиц (пепла).

Выброшенный материал называется «**пирокластика**» (от греческого «пир»—огонь и «класис»—разбивать).

Синоним – «**тефра**».

Шлаки – застывшие в полете обрывки лавы в виде шероховатых, насыщенных пузырьками обломков.

Бомбы – обрывки лавы, выброшенные в раскаленном состоянии высоко в воздух.

Также «бомбами» называют обломки посторонних горных пород, выброшенные при взрывных извержениях.

Небольшие кусочки лавы или обломки
посторонних пород размером несколько
сантиметров называют **«лапилли»**
(камешки), а тончайшие частицы лавы —
вулканическим **пеплом**.

Эксплозивные извержения могут сопровождаться испусканием раскаленного газового облака, содержащего горячие частицы пепла и называемого «*палящей тучей*».

К пирокластическому материалу относят также **пемзу**.

Она образуется из кислых лав, содержащих много газов.

При подъеме в пределах подводящего канала магма сильно вспенивается.

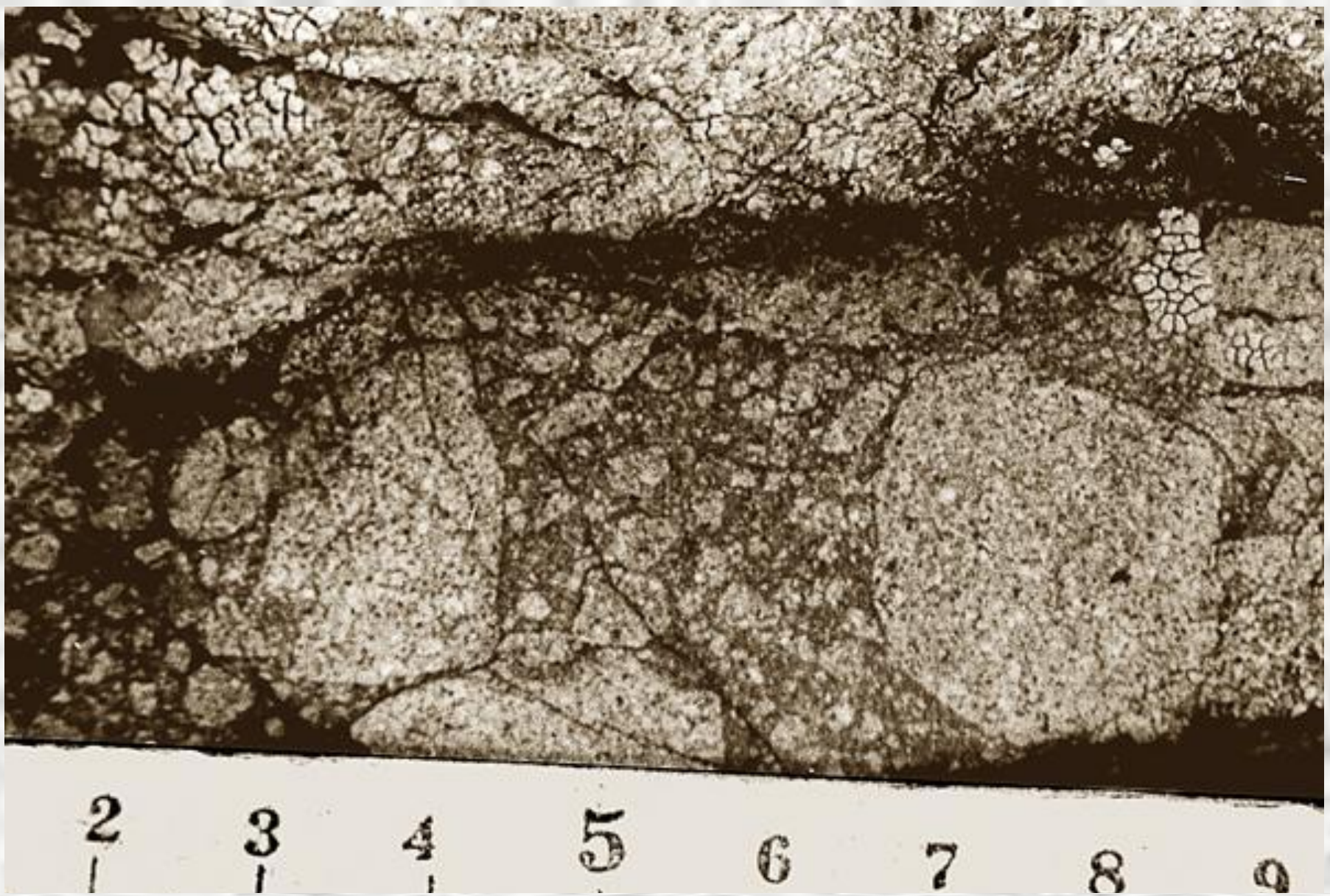
Наземной поверхности пемзовый материал распадается на многочисленные обломки различных размеров.

Пирокластические горные породы

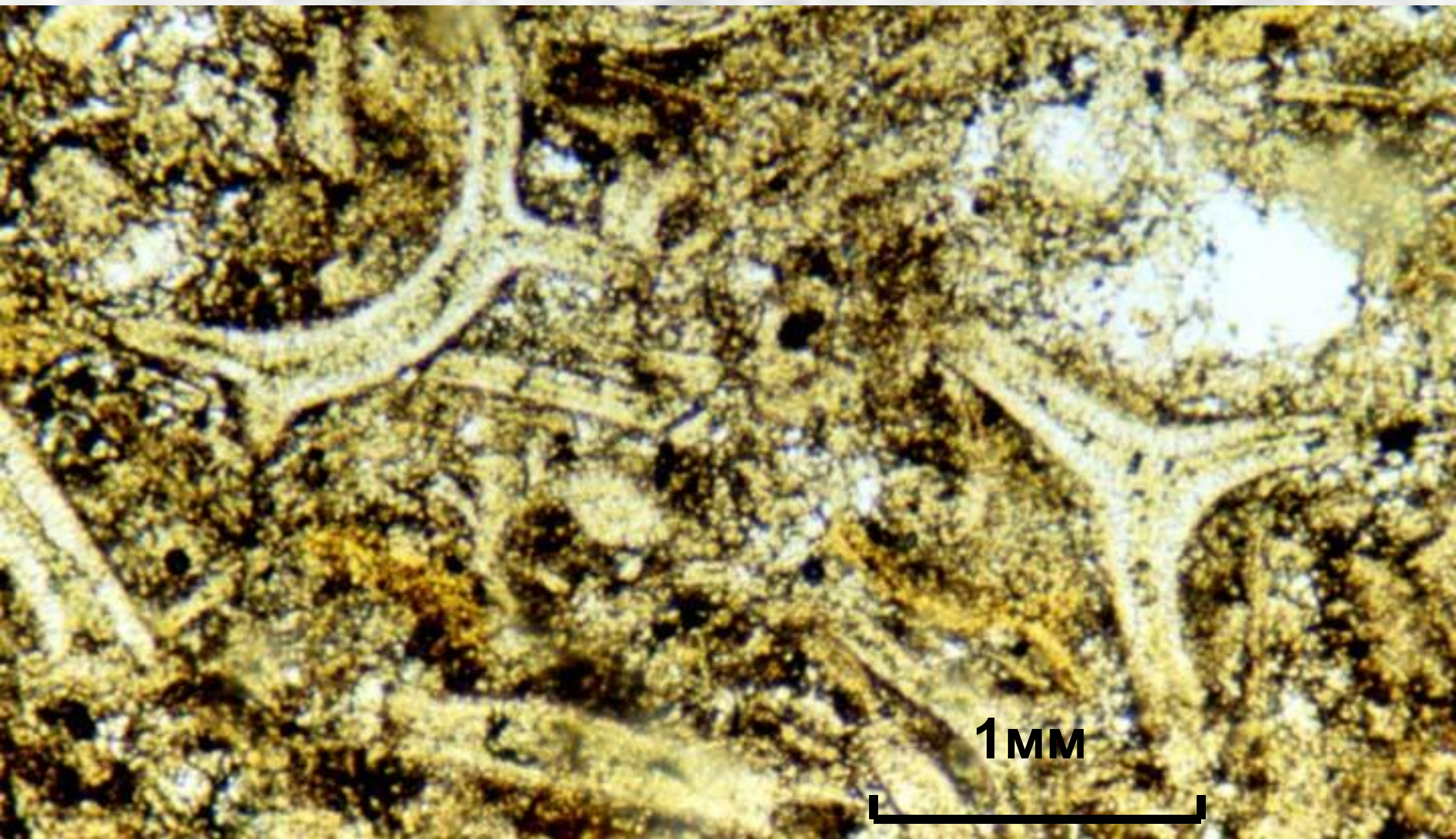
Рыхлый вулканический материал в результате цементации превращается в ***вулканические туфы.***

Туфы подразделяются:

- **по составу исходной лавы** (базальтовые, андезитовые, риолитовые и т.п.);
- **по размеру обломков** (пепловые, алевритовые, псаммитовые, гравийные, лапиллиевые, агломератовые);
- **по происхождению обломков**
(**витрокластические** - обломки вулканического стекла,
кристаллокластические - обломки кристаллов,
литокластические - обломки пород).



Лапиллиевый андезитовый туф. Верхний девон,
Центральный Казахстан



Витрокластический туф. Обломки вулканического стекла рогульчатой формы – фрагменты стенок газовых пузырьков (прозрачный шлиф под микроскопом).

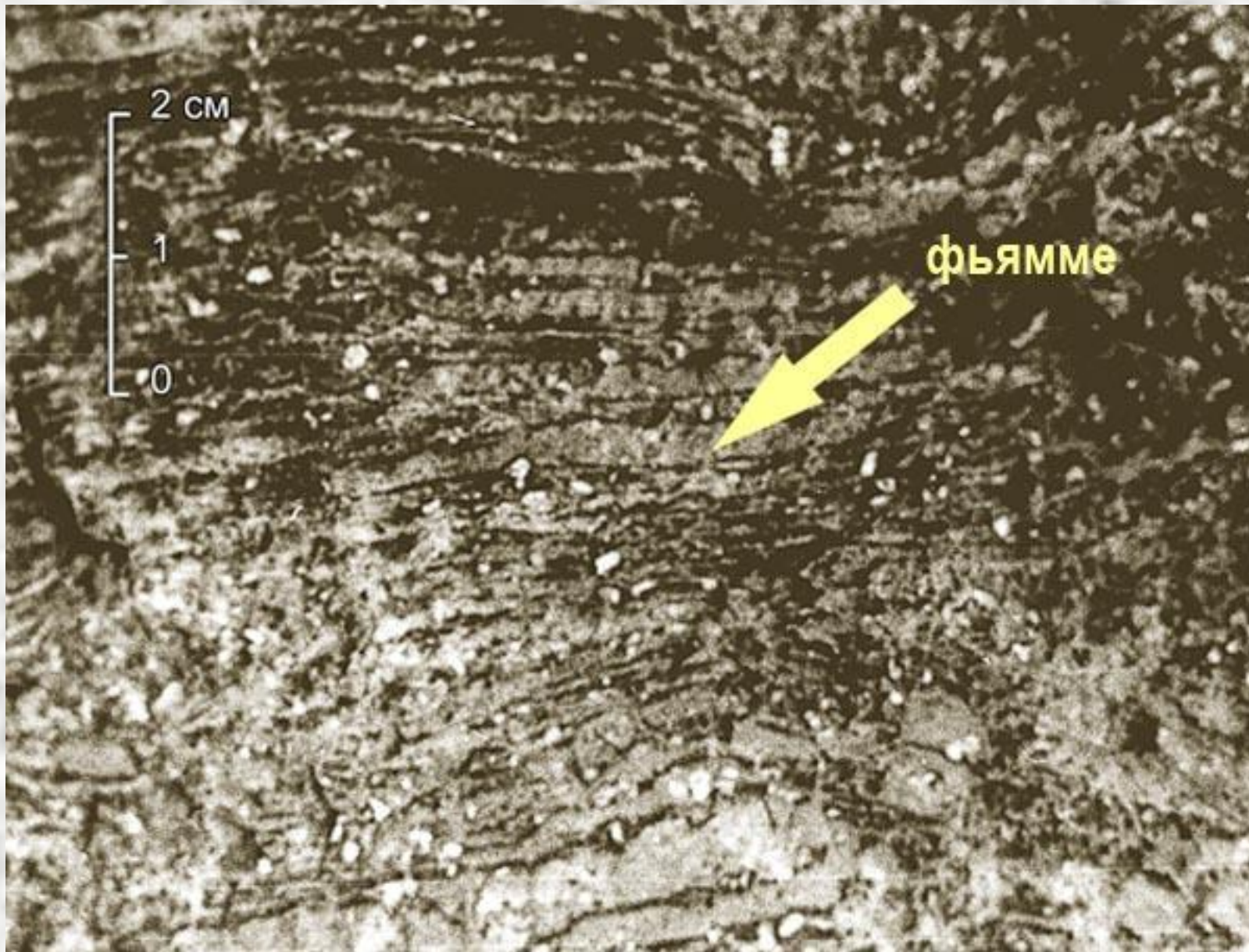
Игнимбриты

Игнимбриты (от латинских слов «игнис» — огонь и «нимбус» — облако) – спекшиеся туфы, образующиеся при извержениях *палящих туч*.

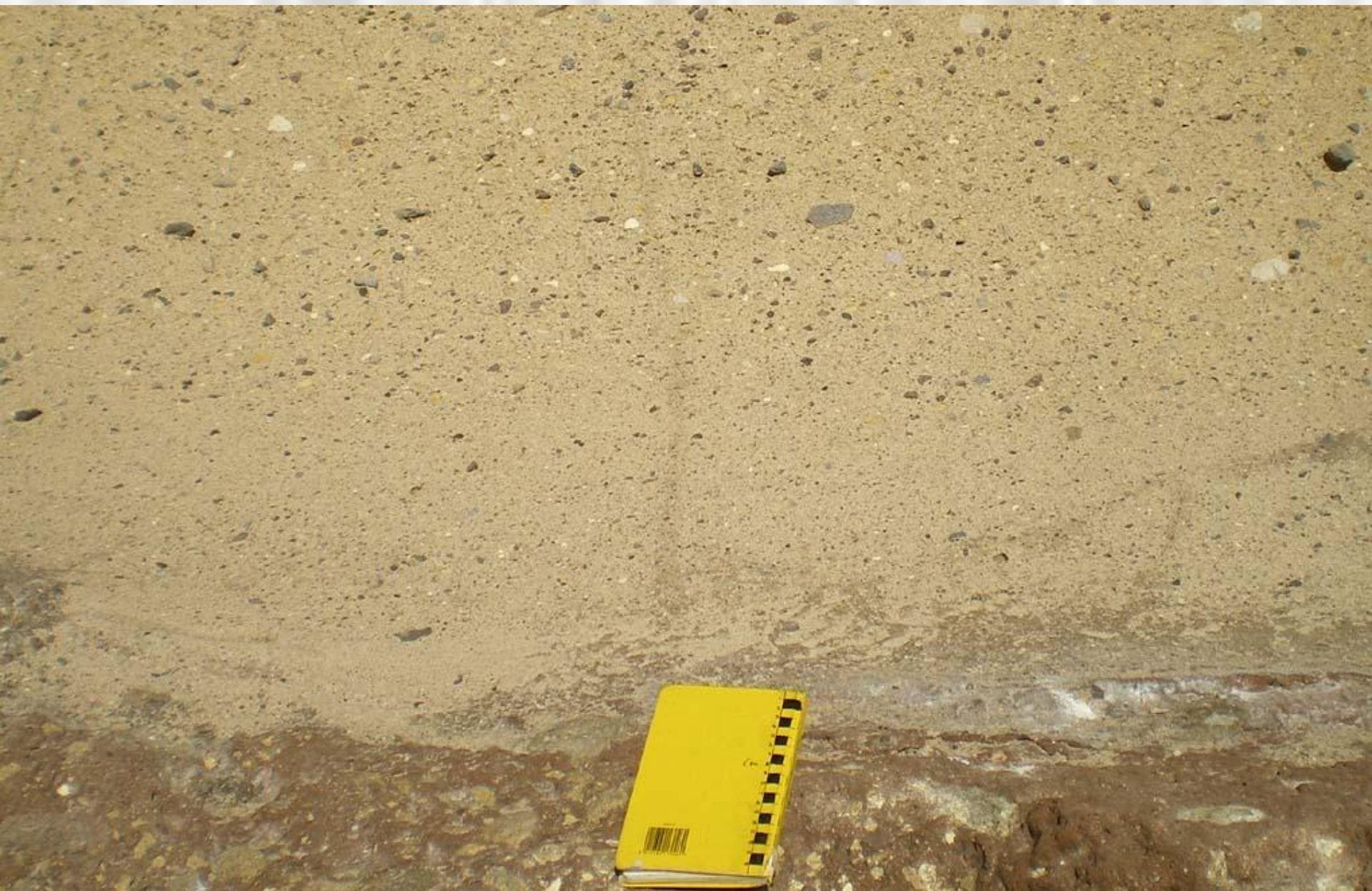
Распыленное в туче раскаленное вещество оседает под действием силы тяжести и спекается.

Обрывки пемзы под нагрузкой ориентируются в плоскости, перпендикулярной давлению.

Они приобретают форму тонких линзочек – «**фьямме**» (по-итальянски – «пламя»).



Дацитовый игнимбрит. Верхний девон, Центральный Казахстан



Игнимбрит. Остров Тенерифе, Канарские острова₃₂

Осадочно-пирокластические горные породы

В процессе отложения пирокластический материал может смешиваться с обычными осадками.

После цементации получаются смешанные осадочно-пирокластические и пирокластоосадочные породы.

Осадочно-пирокластические породы содержат примесь обычного осадочного материала от 10 до 50% и называются *туффитами*.

Пирокласто-осадочные горные породы

Пирокласто-осадочные породы (50-90% осадочного материала) именуется как аналогичные осадочные породы с приставкой "туфо-" (**туфопесчаник**, **туфоконгломерат**, **туфоизвестняк** и т.п.).

Типы вулканов

В зависимости от формы выводного отверстия вулканы подразделяются на ***трещинные*** и ***центральные.***

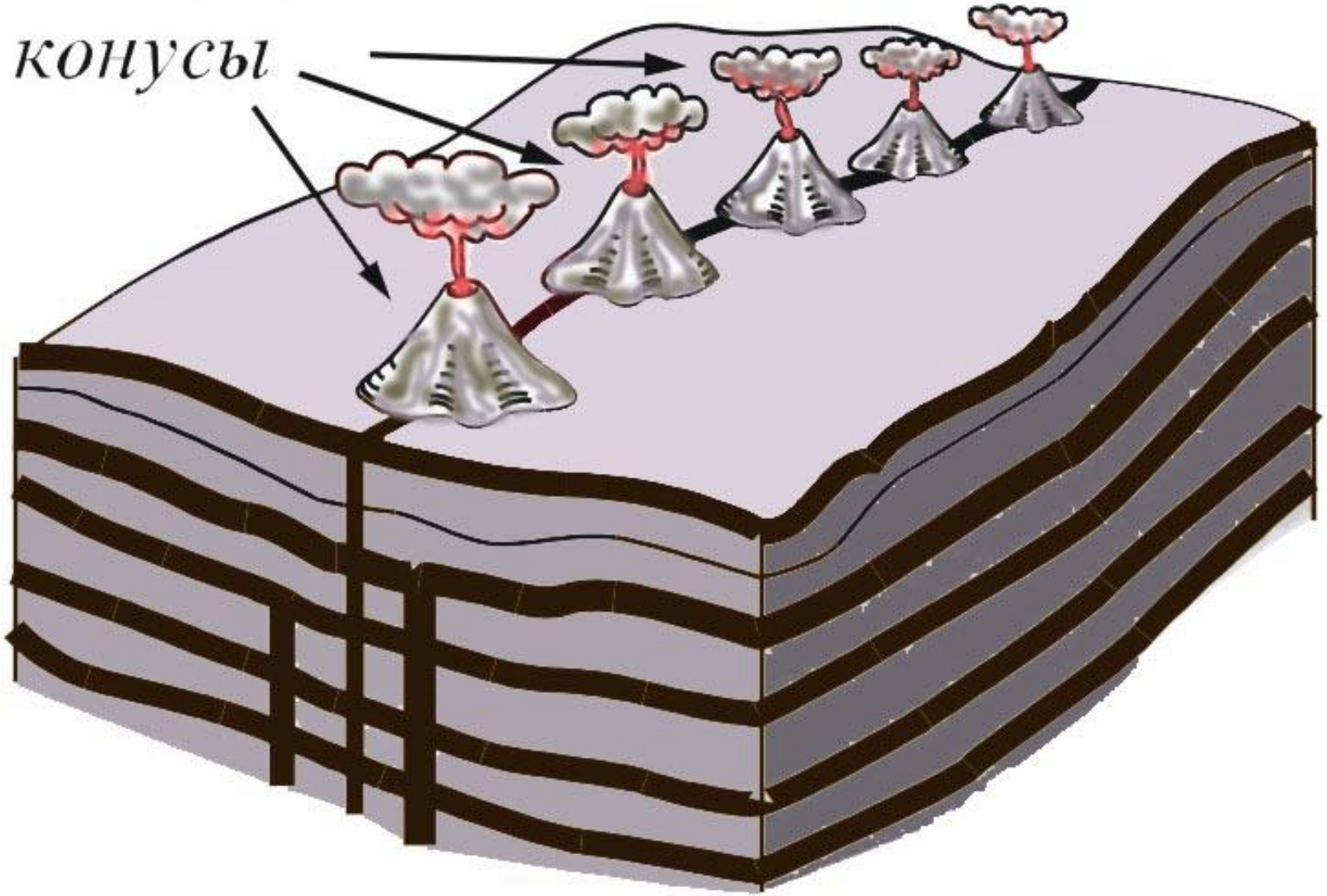
Вулканы линейного типа (трещинные)

Это вулканы, подводящие каналы которых имеют вид трещины.

Извержение происходит или вдоль всей трещины, или в отдельных ее участках и **обычно бывает однократным.**

После излияния трещина закрывается, но часто вблизи нее возникает новая трещина, излияния из которой наслаиваются на предыдущие.

*мелкие шлаковые
конусы*



Наиболее крупных размеров достигают лавовые покровы трещинных вулканов, сложенные **базальтами**.

Отдельные покровы их обычно имеют мощность 5-15 м, изредка достигая 100 м. Они известны в Исландии.

Наиболее крупное – извержение Лаки в Исландии в 1783 г.

Раскрылась трещина длиной более 25 км. Последовала серия мощных взрывов.

Истечение лавы началось одновременно из 22 отверстий.

Лавы покрыли территорию площадью 565 км², причем мощность покрова составила более 30 м.

Общий объём лав - более 12 км³.

Вулканы центрального типа

Это вулканы, у которых извержения происходят из постоянного выводного канала (жерла).

Вокруг жерла образуется возвышенность обычно с **кратером** на вершине.

По форме возвышенности выделяются вулканы ***щитовые*** и ***стратовулканы***.

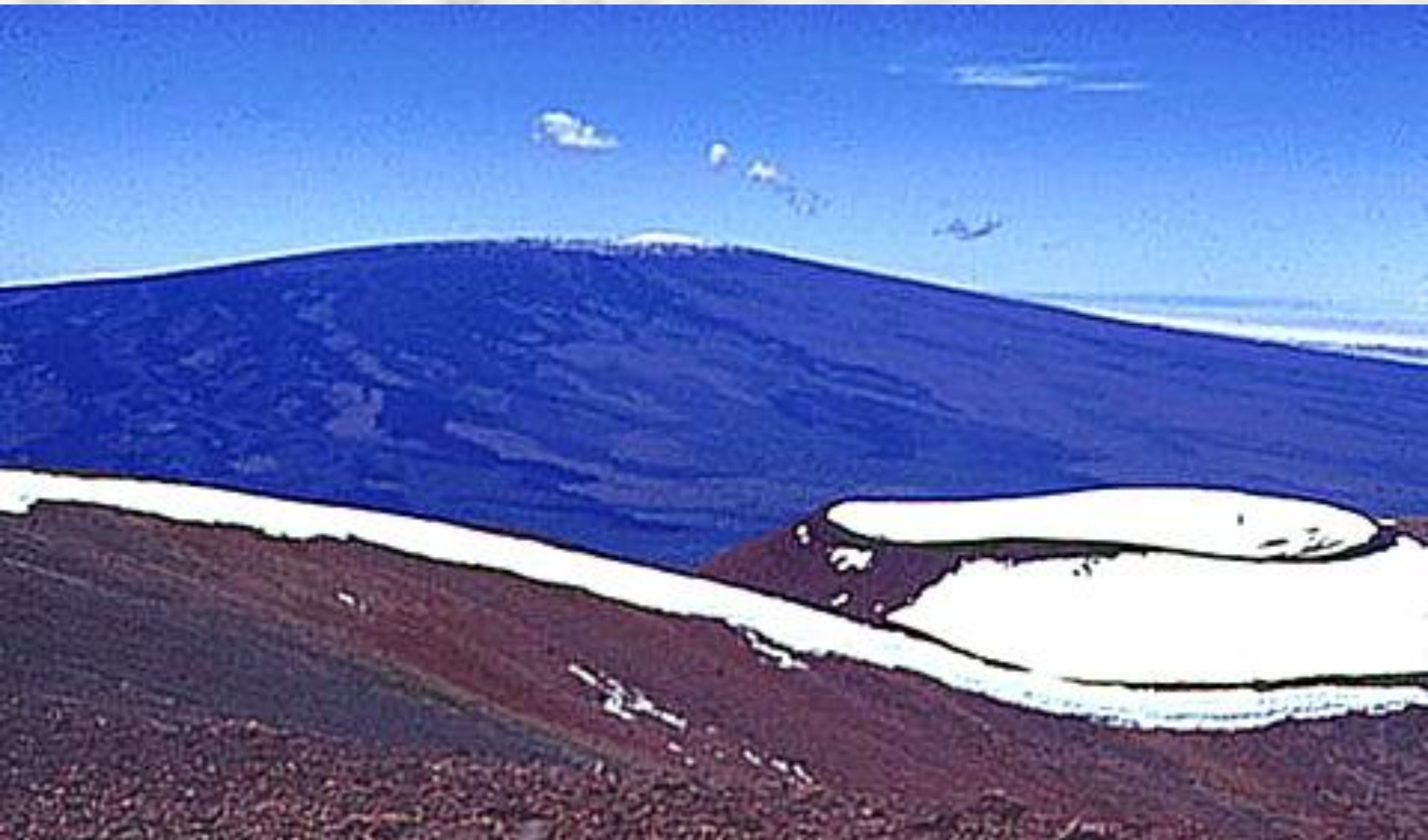
Вулканы щитовые (щитовидные)

Эти вулканы **образуются в результате многократных излияний жидкой лавы базальтового состава.**

Они **имеют форму очень пологого щита**, падение склонов которого в верхней части $7-8^\circ$, а в нижней $3-6^\circ$.

На вершине его располагаются кратеры, имеющие вид широких впадин в крутыми стенками.

На дне кратеров действующих вулканов находится жидкая лава в виде озер.



Вулкан Мауна-Лоа, Гавайи

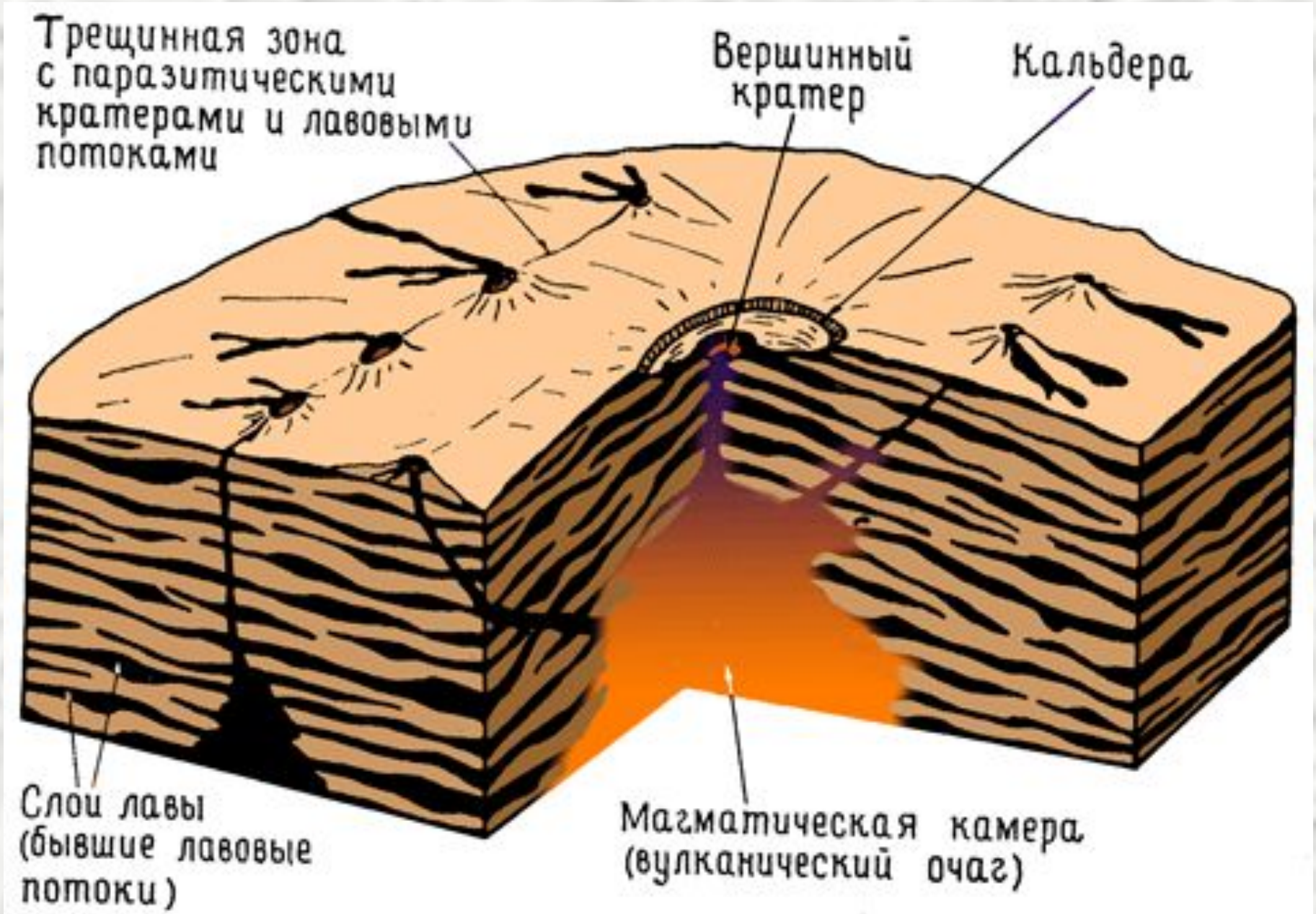
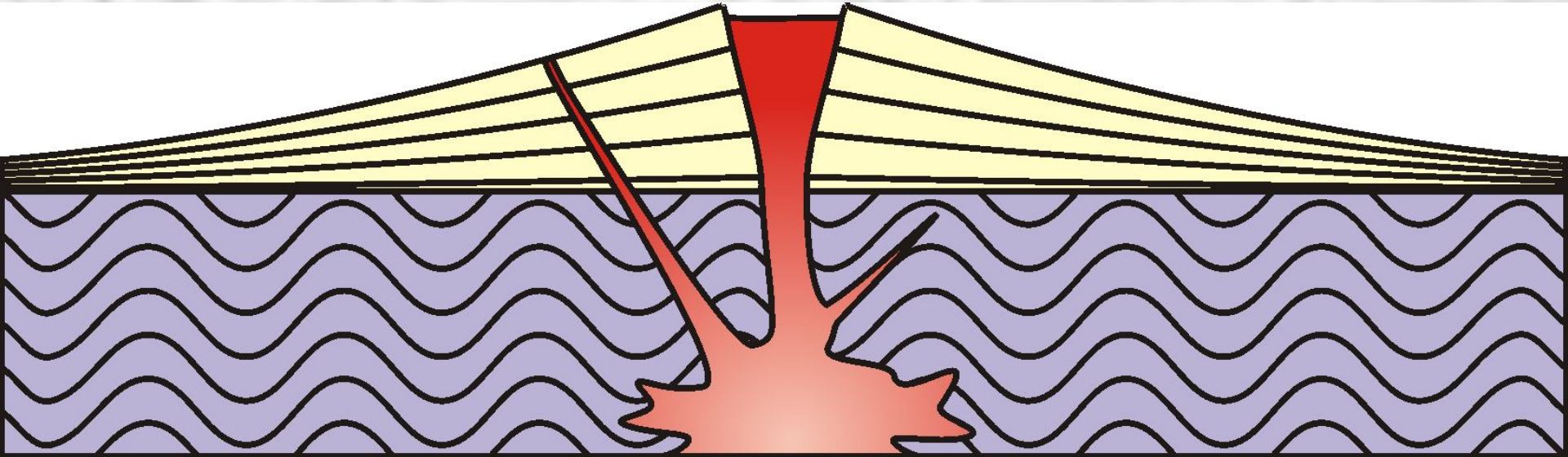
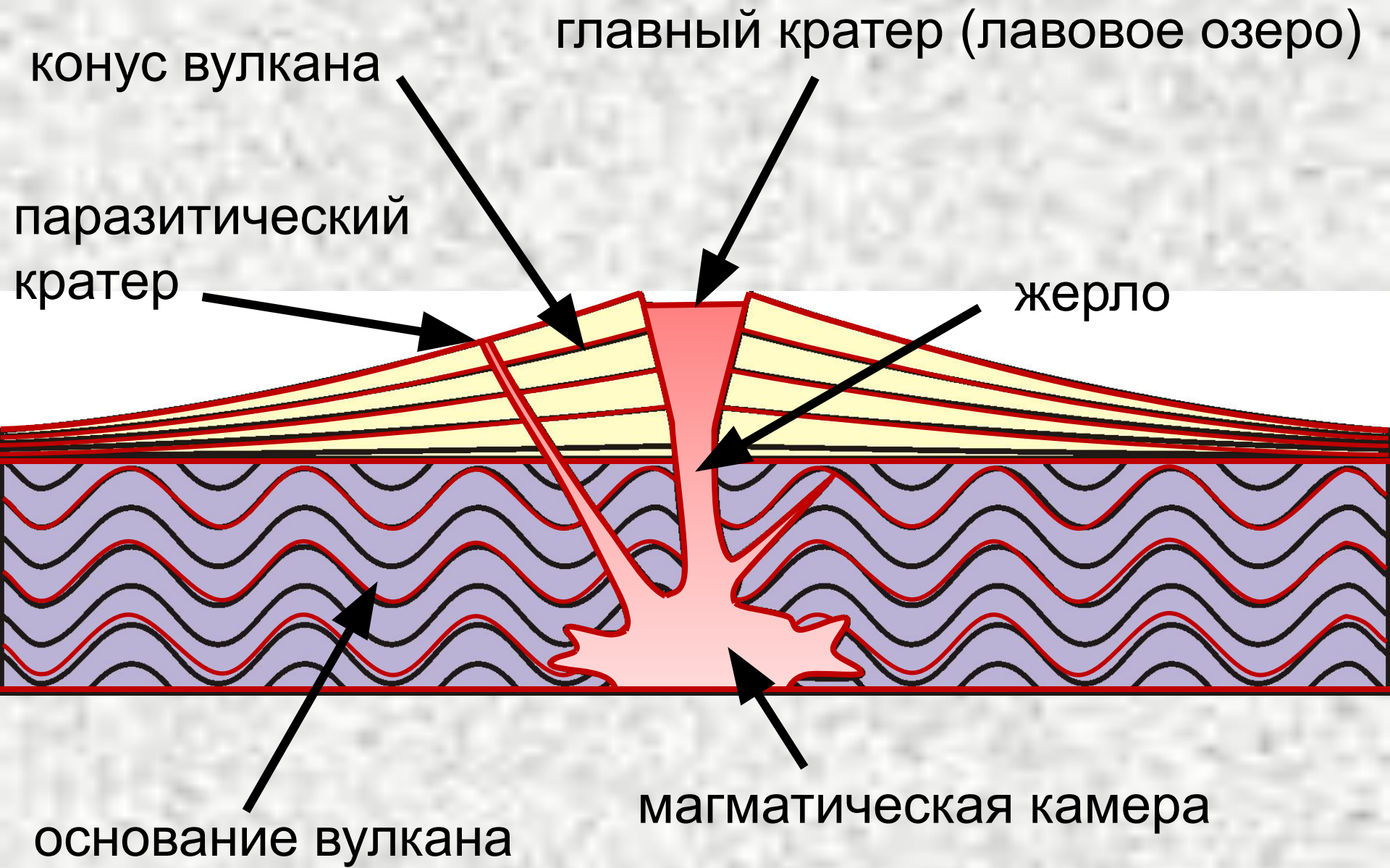


Схема строения щитового вулкана

Схема строения щитового вулкана





Стратовулканы.

Имеют форму **конуса** высотой от нескольких сотен метров до нескольких км.

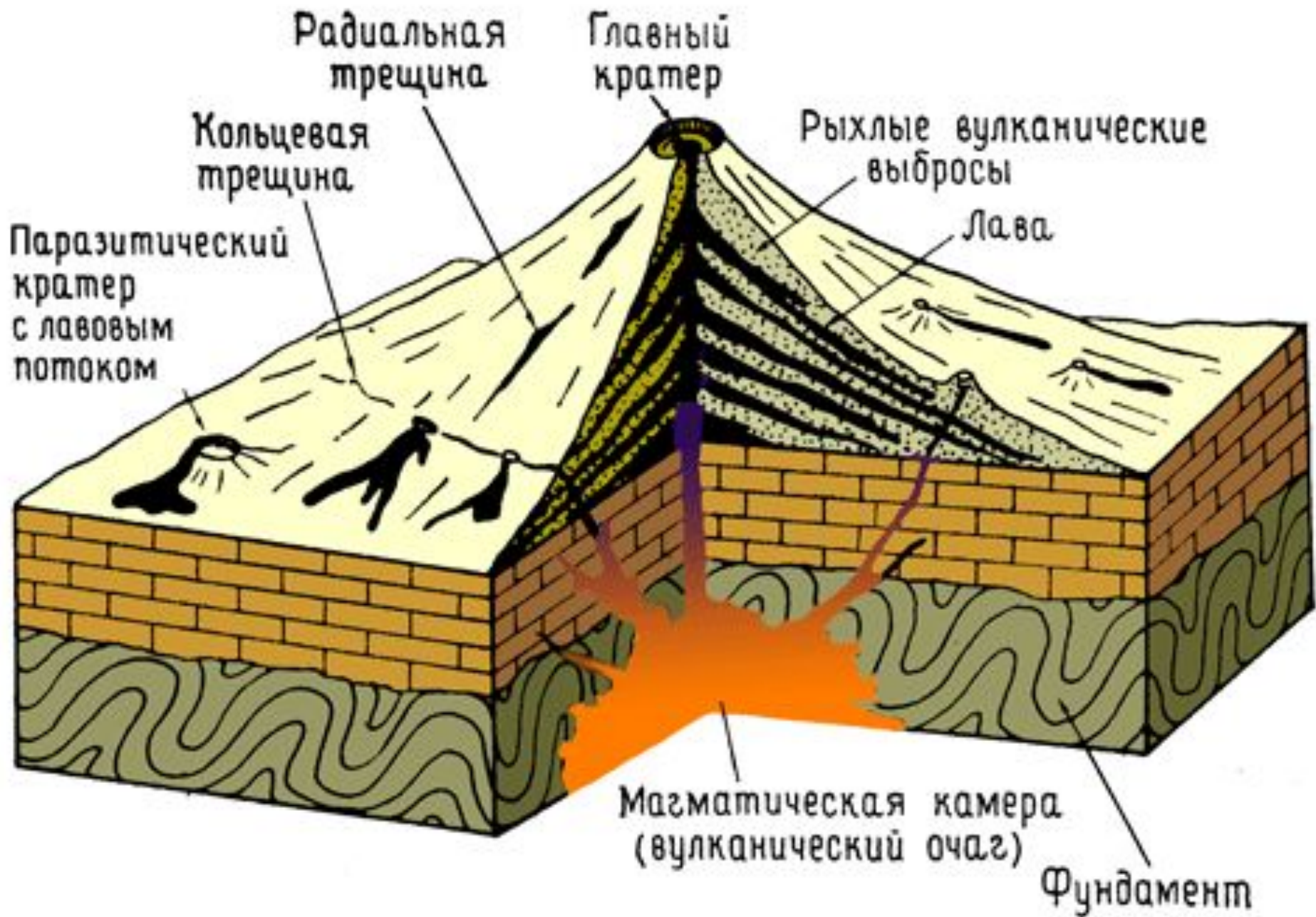
На вершине конуса располагается **кратер**.

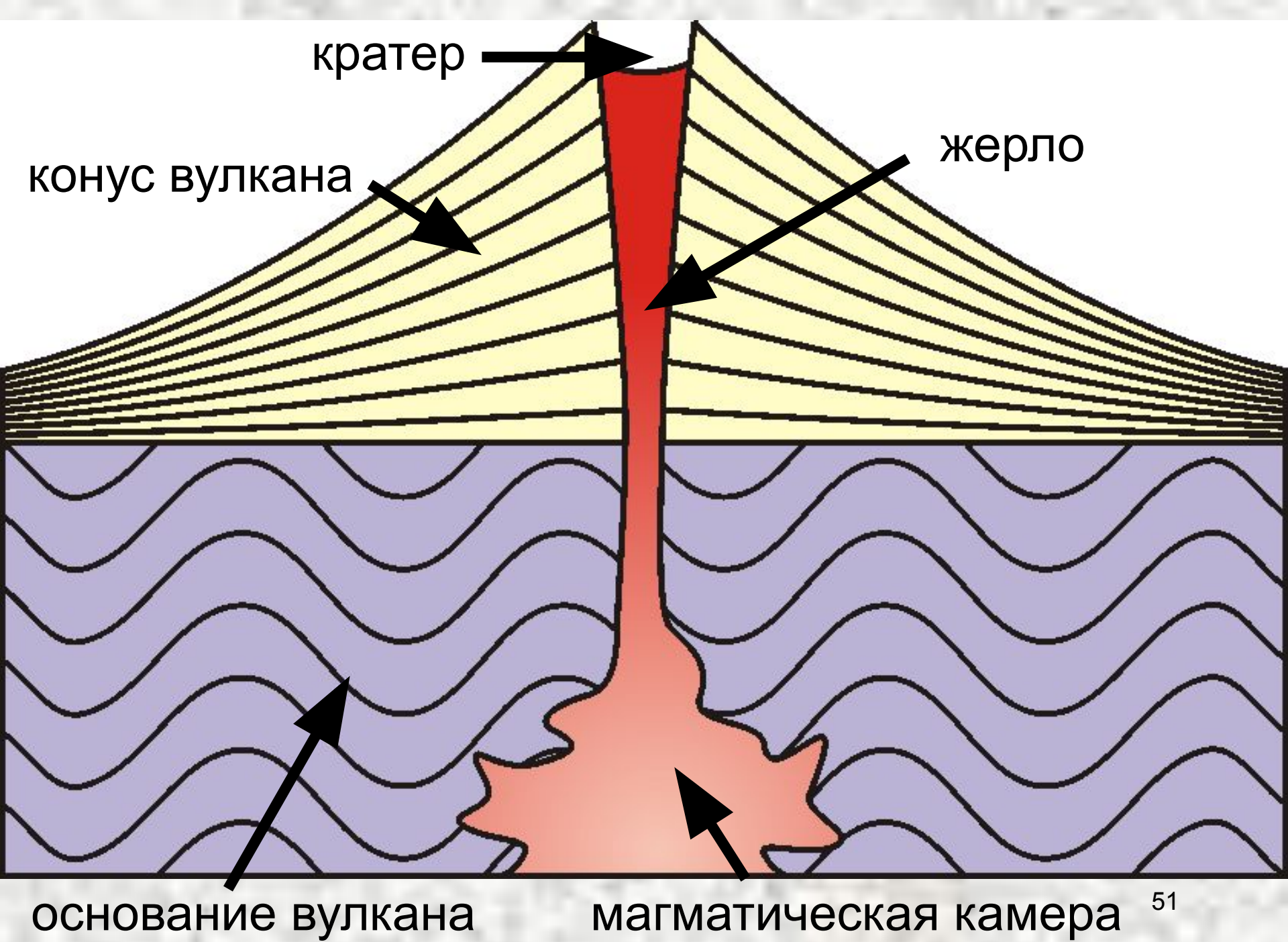
Кратер чаще имеет форму воронки, **диаметр** которой **достигает 1 км** и более.

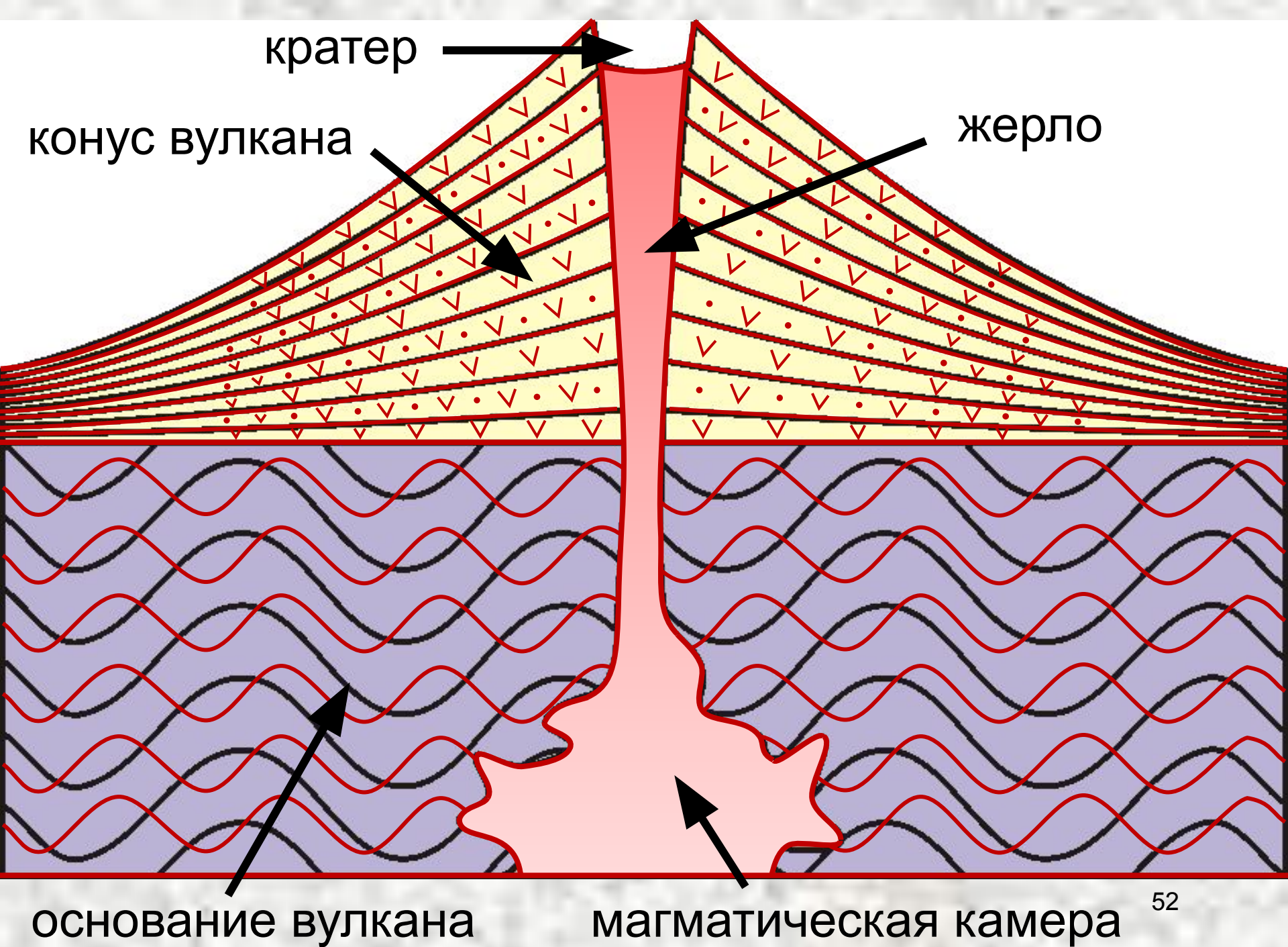












Тип извержения во многом определяется **составом лав**.

Спокойные излияния характерны для жидкой лавы преимущественно **основного** состава, **взрывные** (эксплозивные) - для лав **кислого** и **среднего** состава.



С увеличением содержания кремнекислоты возрастает ***коэффициент эксплозивности*** - доля (в процентах) рыхлого материала в составе продуктов вулканизма.

Мощный выброс пепла



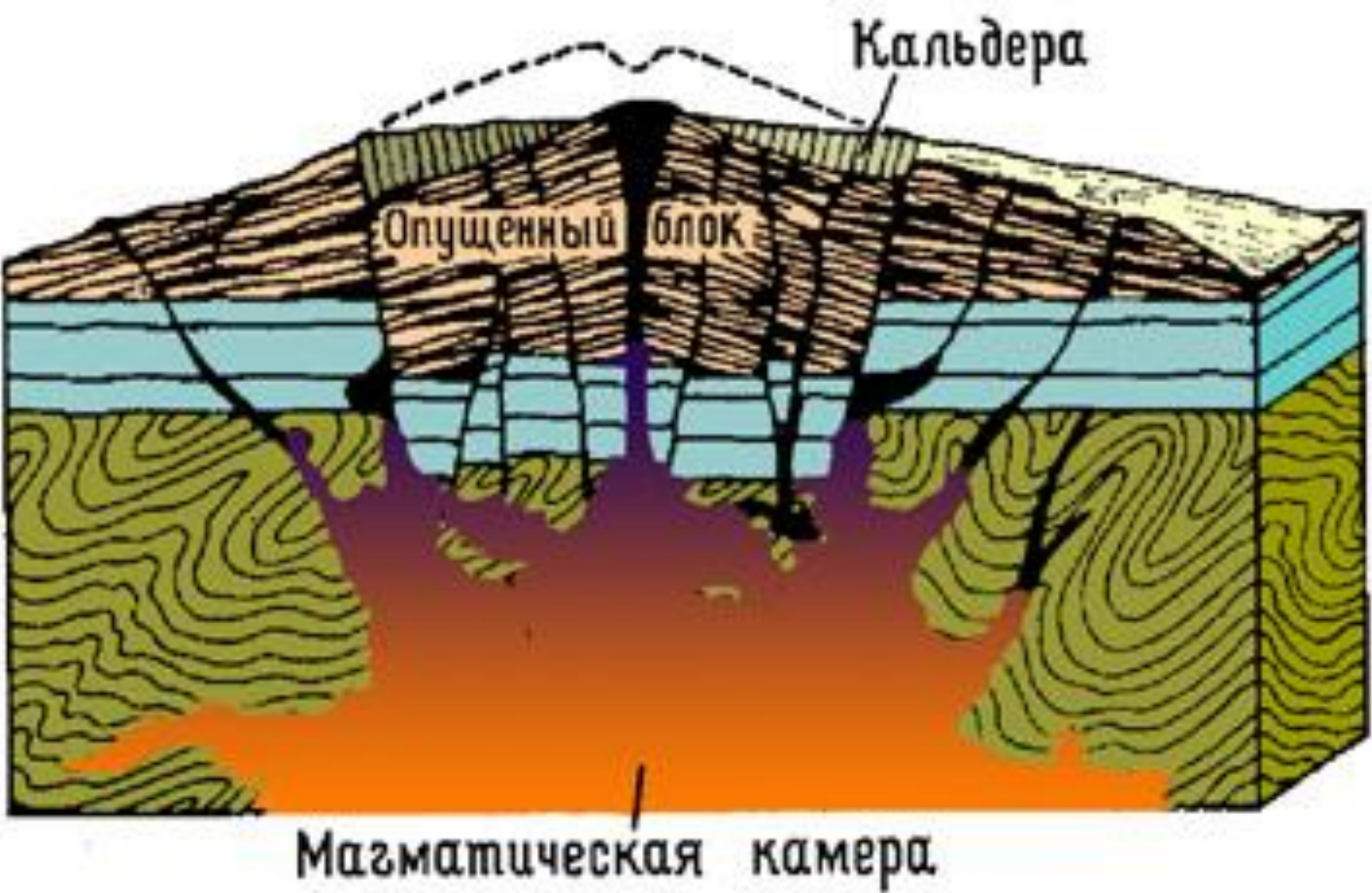
Различаются вулканы с обильными излияниями лав (E=11-33), промежуточные, или нормальные, типы (E=34-66) и типы с преобладанием рыхлого материала (E=67-90 и более).

Мощный выброс пепла

Кальдеры

После мощных взрывных извержений образуются крупные впадины - **кальдеры** (порт. **caldera** - котел).

Кальдеры отличаются от кратеров, представляющих собой округлые депрессии относительно небольших размеров.



Магматическая камера

Кальдера Аниакчак на Аляске



Фото NASA

Образовалась в результате гигантского извержения около 3450 лет назад. Было извергнуто более 50 км^3 магмы. Диаметр кальдеры около 10 км, а глубина - 500-1000 м.

Формы залегания вулканических пород

В зависимости от типов извержения формируются различные **вулканические фации** и различные **формы залегания** вулканических пород.

Покровные фации образуются при излияниях лав и включают **покровы и потоки**.

Покровы - тела пластообразной формы, в плане относительно изометричные, образуются при излияниях лавы на относительно ровную поверхность.

Потоки - тела лентовидной формы, образуются при заполнении лавой понижений рельефа: долин, лощин и т.п.

Экструзивные фации образуются при выжимании из жерла очень вязкой лавы. Сюда относятся **экструзивные купола, обелиски.**

Лавы среднего и в особенности кислого состава бывают столь вязкими, что выдавливаются в полужастывшем состоянии подобно толстому шнуру зубной пасты, образуя сводообразные сооружения — экструзивные купола.

Угол откоса их стенок может достигать 45-75°.



Обелиск, состоящий из очень вязкой кислой лавы, был выдвинут из трещины в куполе вулкана Мон-Пеле на о. Мартиника после извержения палящей тучи в 1902 г. на высоту до 300 м, но очень скоро разрушился.

"Игла" Мон-Пеле

Пирокластические и **пирокласто-осадочные фации** - **пласты** туфов, туфобрекчий, туффитов.

Они подобны пластам осадочных пород.

Особый тип составляют **покровы игнимбритов**, которые образуются при извержениях палящих туч и лавин.

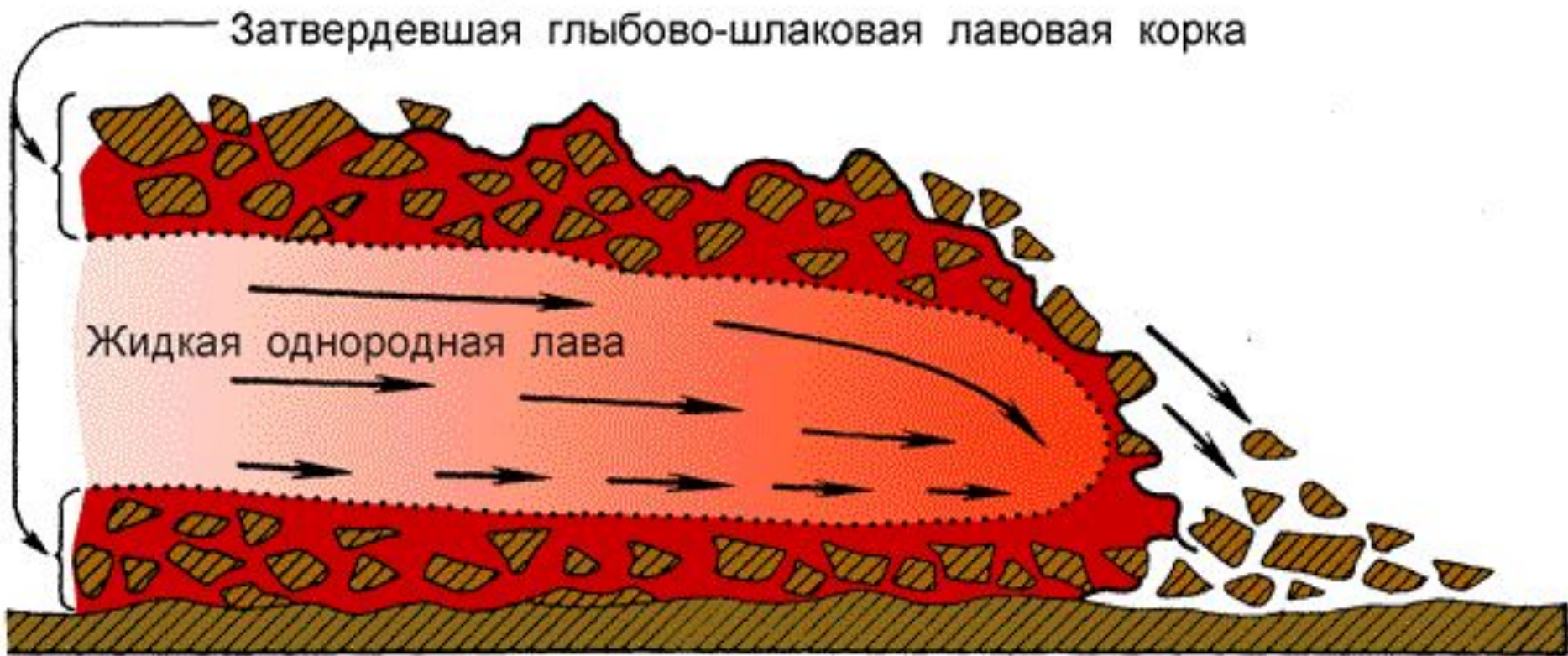
Внутреннее строение лавовых потоков и покровов

Излившаяся на земную поверхность лава, соприкасаясь с воздухом, остывает.

На поверхности жидкой лавы возникает корка, которая разламывается на части, образуя **лавобрекчи**.

Скопление обломков застывшей лавы образуется в головной части движущегося потока.

Часть обломков попадает также в основание потока.



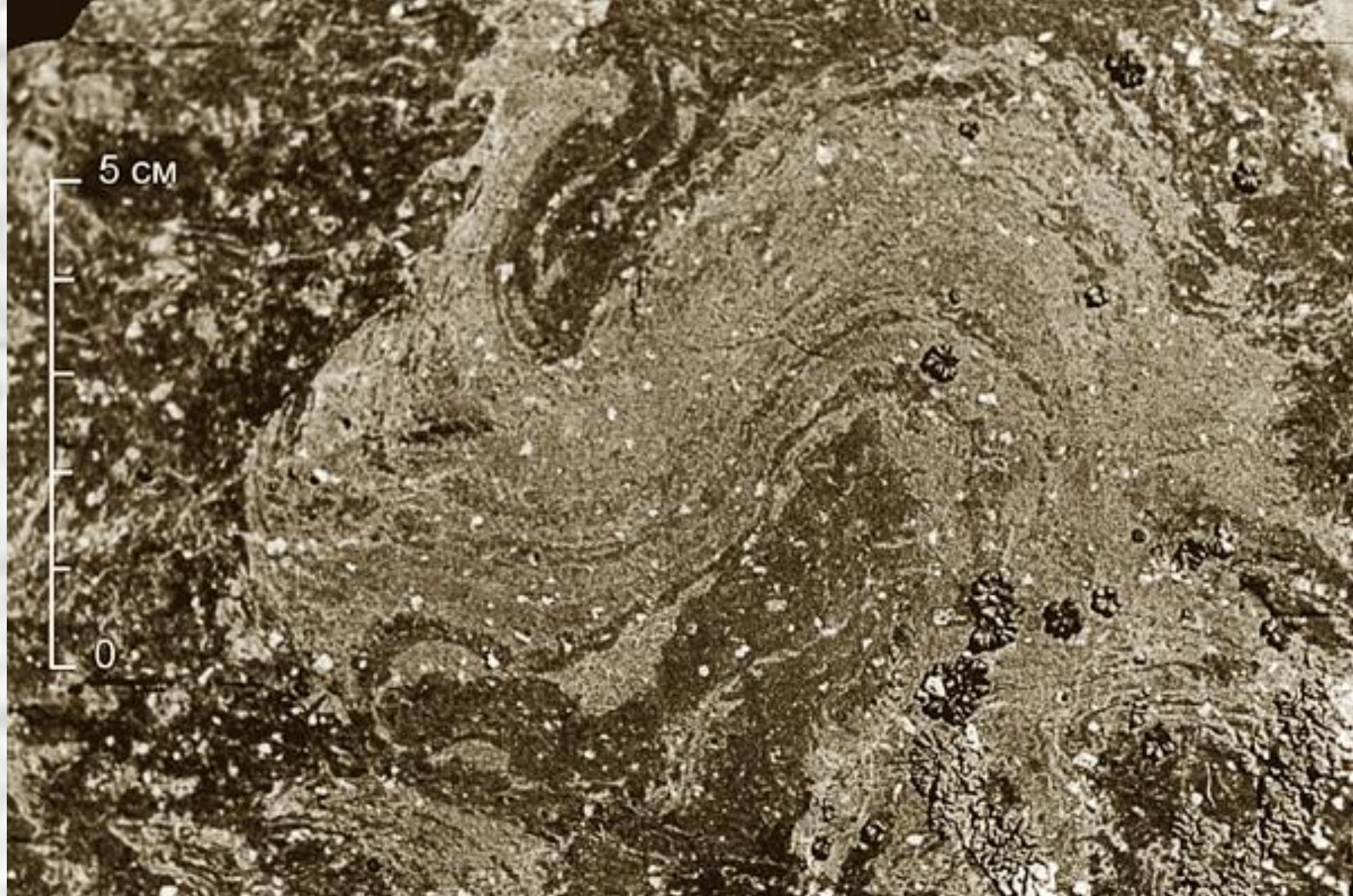
**Строение движущегося потока лавы
(по Е.Е. Милановскому)**

Лавы часто характеризуются линейно-параллельной или плоско-параллельной ***флюидальной текстурой***.

Флюидальная текстура - потокообразное расположение зерен или микролитов основной массы эффузивной породы, огибающей вкрапленники (если они имеются).



**Флюидальная текстура дацитовой лавы.
Верхний девон, Центральный Казахстан**



**Флюидальная текстура дацитовой лавы в виде завихрений и обрывков основной массы.
Верхний девон, Центральный Казахстан**

Миндалекаменная текстура

Выделяющиеся из лавы пузыри газа скапливаются в верхней части потока.

Впоследствии полости заполняются вторичными минералами: кальцитом, кварцем, халцедоном и др. Такие заполненные полости называют **миндалинами**, а текстуру лавы - **миндалекаменной**.

Миндалекаменные зоны могут присутствовать и в подошве лавового потока, но там их мощность меньше, чем в кровле.

В случае интенсивного истечения газов могут формироваться **трубчатые каналы и пористые столбы**.

Такие образования располагаются обычно **перпендикулярно подошве и кровле потока**, но если лава двигалась быстро, то они отклоняются в направлении движения потока.

Жерловые и субвулканические образования

Жерловые фации заполняют собой каналы, по которым магма при вулканических извержениях поднимается на поверхность.

В зависимости от типа вулканического извержения (линейное или центральное) они представлены **дайками** или **некками**.

Дайка - вертикальное или крутопадающее тело, ограниченное параллельными стенками и имеющее большую протяженность по простиранию и падению при относительно небольшой мощности.

Дайки являются трещинными интрузиями и используют для внедрения самые разнообразные трещины.

Некки (от англ. *neck* – шея) - тела круглой, овальной или неправильной формы в плане.

Диаметр от десятков метров до 1—1,5 км. Боковые стенки некков крутые, вертикальные, нередко расширяющиеся кверху.

Породы, заполняющие некки, имеют **эффузивный облик** (мелкозернистые или полустекловатые).

В некоторых случаях некки заполнены грубым пирокластическим материалом, пеплом или вулканической брекчией.



Некк Румсики, Камерун

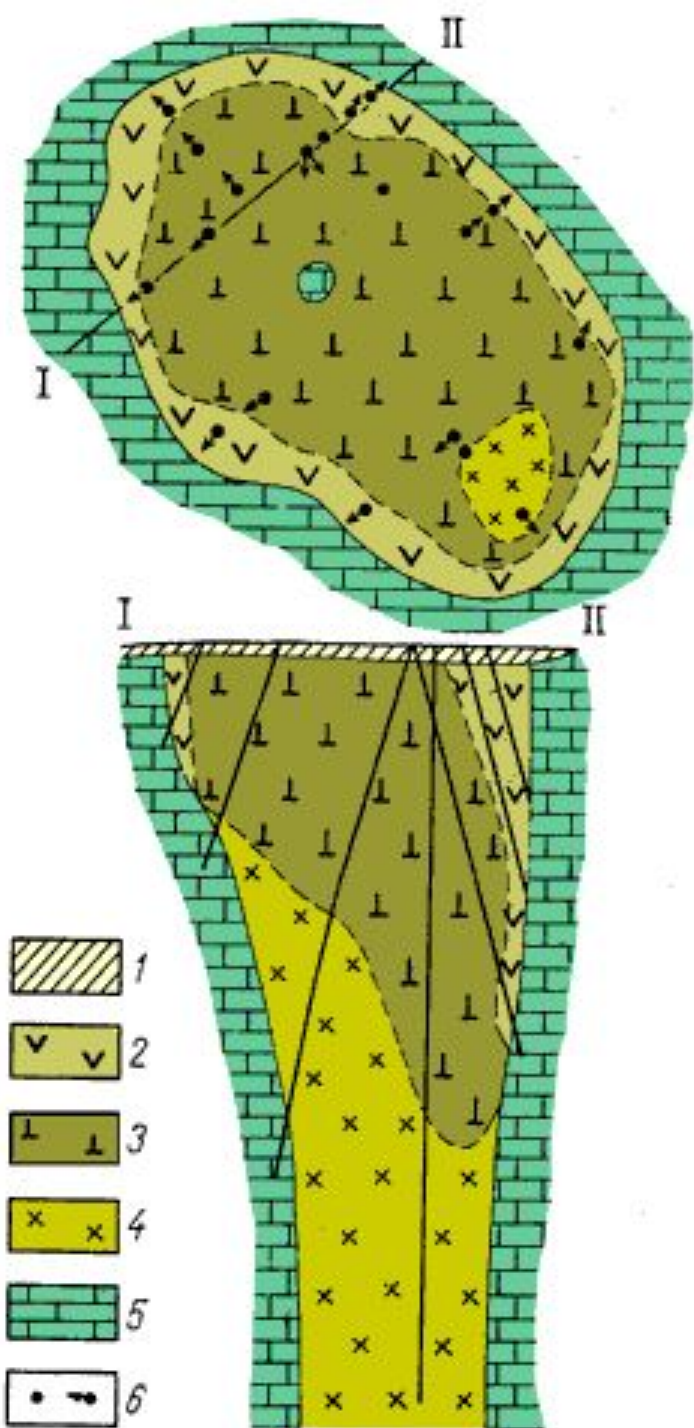
фото из Википедия

Трубки взрыва

Среди вулканических жерловых образований выделяются по своему практическому значению **трубки взрыва**.

Они часто **бывают алмазоносными**.

Алмазоносные трубки сложены особыми измененными магматическими брекчиями - **кимберлитами**.



Кимберлитовая трубка в плане и в разрезе (по А. Бобривичу и др.).

1 - четвертичные отложения;

2 - измененный кимберлит (желтый);

3 - измененный кимберлит (зеленый);

4 - малоизмененный кимберлит;

5 - карбонатные породы нижнего ордовика;

6 - скважины.

Субвулканические фации

Субвулканическими называют небольшие интрузивные **тела, заполняющие каналы, не имевшие выхода на поверхность Земли.**

Они сложены породами, обычно лишенными флюидалности, полосчатости и других текстур течения.

Эти породы отличаются от жерловых и эффузивных образований большей раскристаллизованностью - **для них характерны мелкокристаллические или порфировидные структуры.**

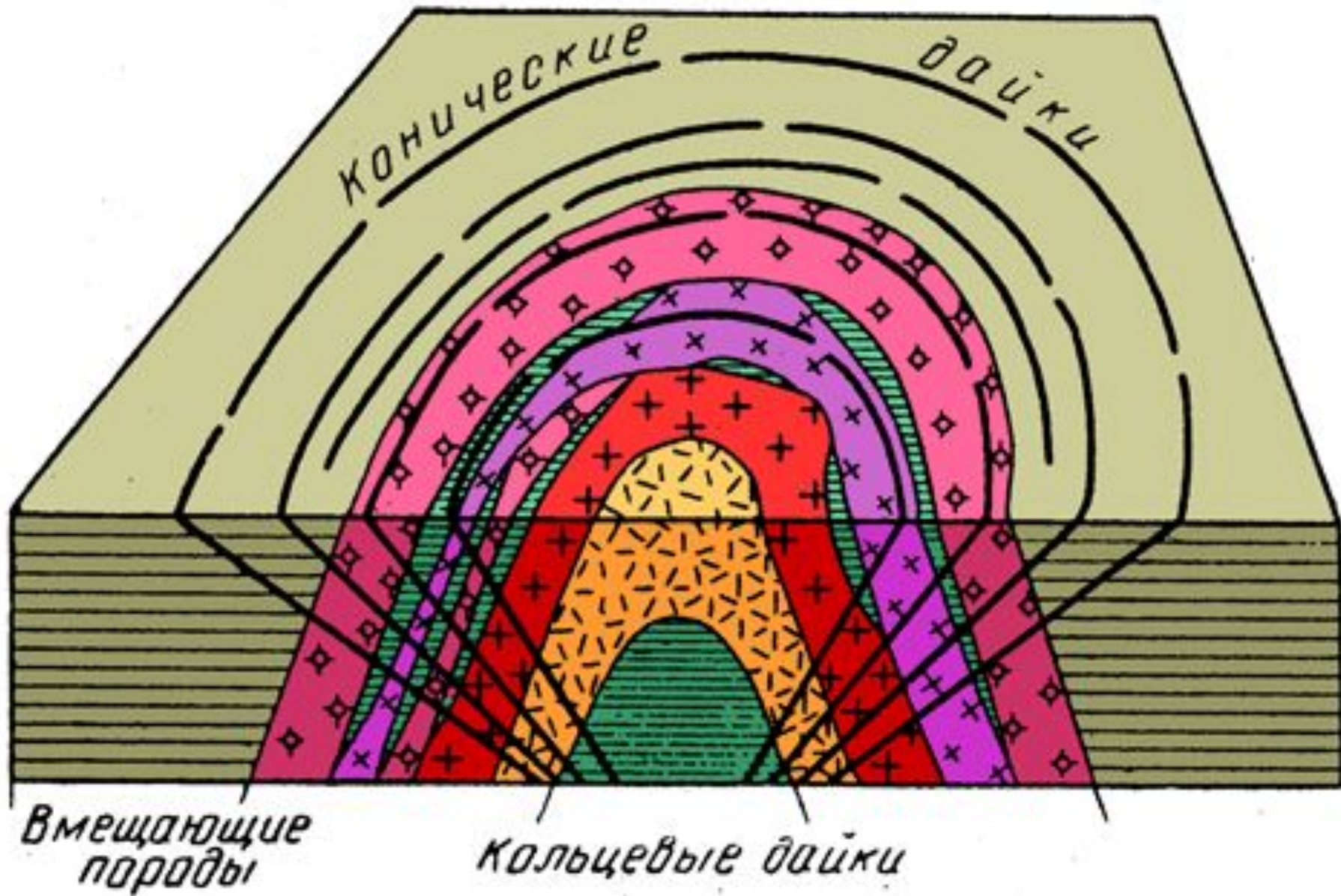
В областях **трещинного вулканизма** субвулканические интрузии представлены преимущественно **пластовыми интрузиями (силлами)** и **параллельными дайками**.

Для **вулканов центрального типа** субвулканические образования представлены небольшими **штоками, лакколитами, факолитами, радиальными и концентрическими дайками.**

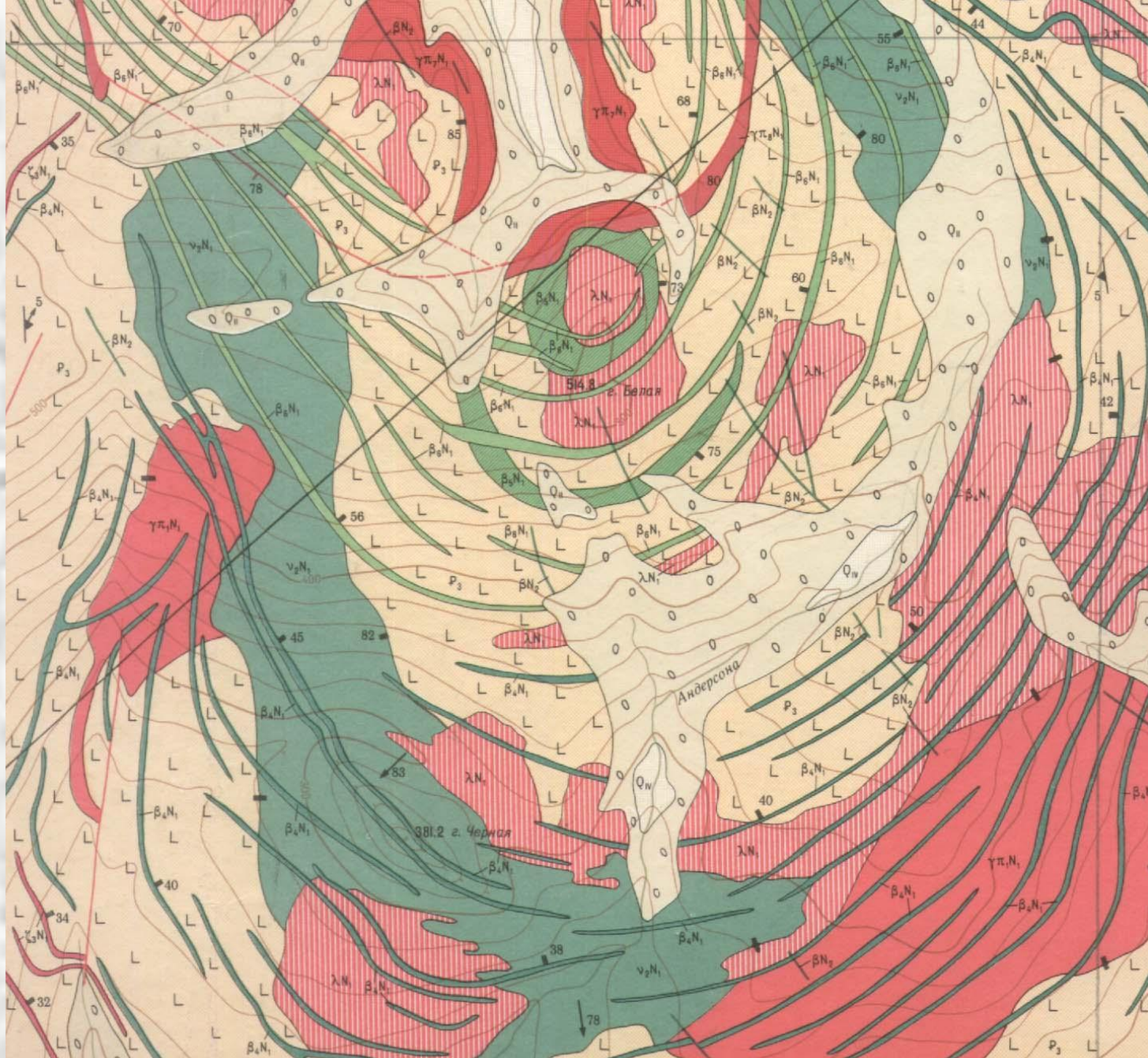
Корневые части вулкана

В областях древнего вулканизма поверхностные вулканические образования могут быть полностью уничтожены денудацией.

В таком случае на поверхности обнажаются **корневые части** вулкана, представленные сложным сочетанием **жерловых и субвулканических тел – некков, радиальных, кольцевых и конических даек, центральных и кольцевых интрузий.**



**Конические и кольцевые дайки в корневых частях
глубоко эродированного вулкана**



Конические и кольцевые дайки на карте

Изображение тел вулканических и субвулканических горных пород на геологических картах

Покровные эффузивные и
пирокластические образования
дочетвертичного возраста расчленяют по
составу и возрасту на
стратиграфические подразделения.

Изображение тел вулканических и субвулканических горных пород на геологических картах

Возраст отображается индексом, цветом и его оттенками в соответствии с обозначениями подразделений общей стратиграфической шкалы.

Состав вулканических образований показывается крапом (специальными значками различной формы).

Обозначение состава вулканических образований

Г р у п п ы п о р о д
(по преобладающему составу)

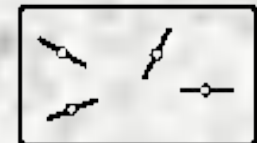
Петрохимические ряды

Нормальный

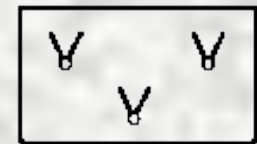
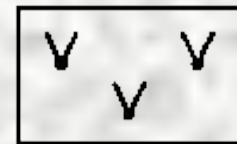
Субщелочной

Щелочной

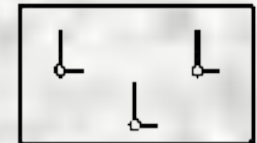
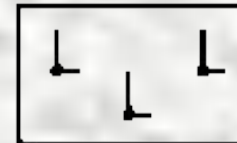
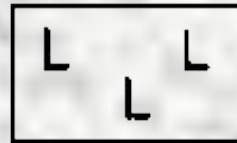
кислые
(риолиты и др.)



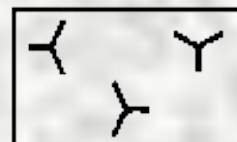
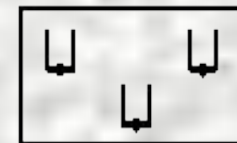
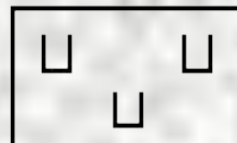
средние
(андезиты и др.)



основные
(базальты и др.)



ультраосновные
(пикриты и др.)



Вулканические образования разного состава,
не расчленяемые в масштабе карты

Жерловые, экструзивные и субвулканические образования расчленяют по составу и возрасту на нестратиграфические подразделения – **вулканические комплексы.**

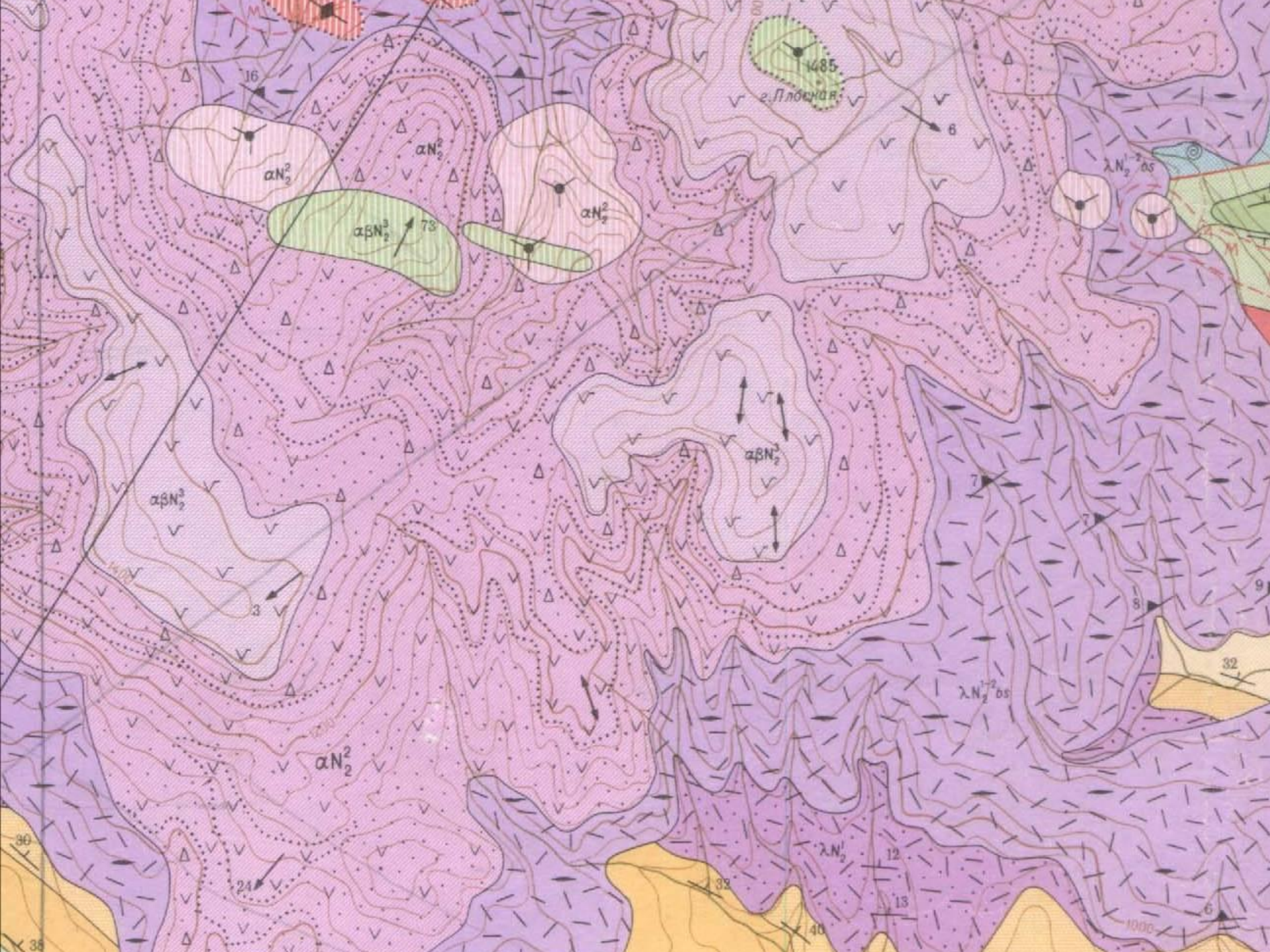
Возраст обозначается индексами и оттенками цвета, **состав** – цветом, крапом, штриховкой и буквенными символами (например, α – андезит, β – базальт, λ – риолит).

Обозначение состава даек, силлов, жерловых и экструзивных образований

	С о с т а в			
	Кислые	Средние и основные	Ультраосновные	Щелочные
Дайки и линейные эруптивные тела				
Маломощные силлы и пологие дайки				

Примечание. Штрихи ориентированы по падению тел, в сторону их распространения

Жерловые и экструзивные образования				
-------------------------------------	--	--	--	--



Тела интрузивных горных пород

Тела интрузивных горных пород образуются при застывании магмы на глубине, в недрах Земли.

Доступными для наблюдения и изучения они становятся в результате денудации.

Состав магмы в значительной мере определяет размеры и форму интрузивных тел.

При внедрении магма занимает пространство, возникшее за счет раздвигания, разрушения и расплавления вмещающих пород.

Образующиеся в результате этого тела имеют различные размеры и форму, а также взаимоотношения с вмещающими породами.

По характеру взаимоотношений с вмещающими породами **все интрузивные тела подразделяются на согласные и секущие.**

Согласные интрузивные тела

Согласные интрузивные тела имеют **контакты, параллельные поверхностям напластования** вмещающих слоистых осадочных или вулканогенных пород.

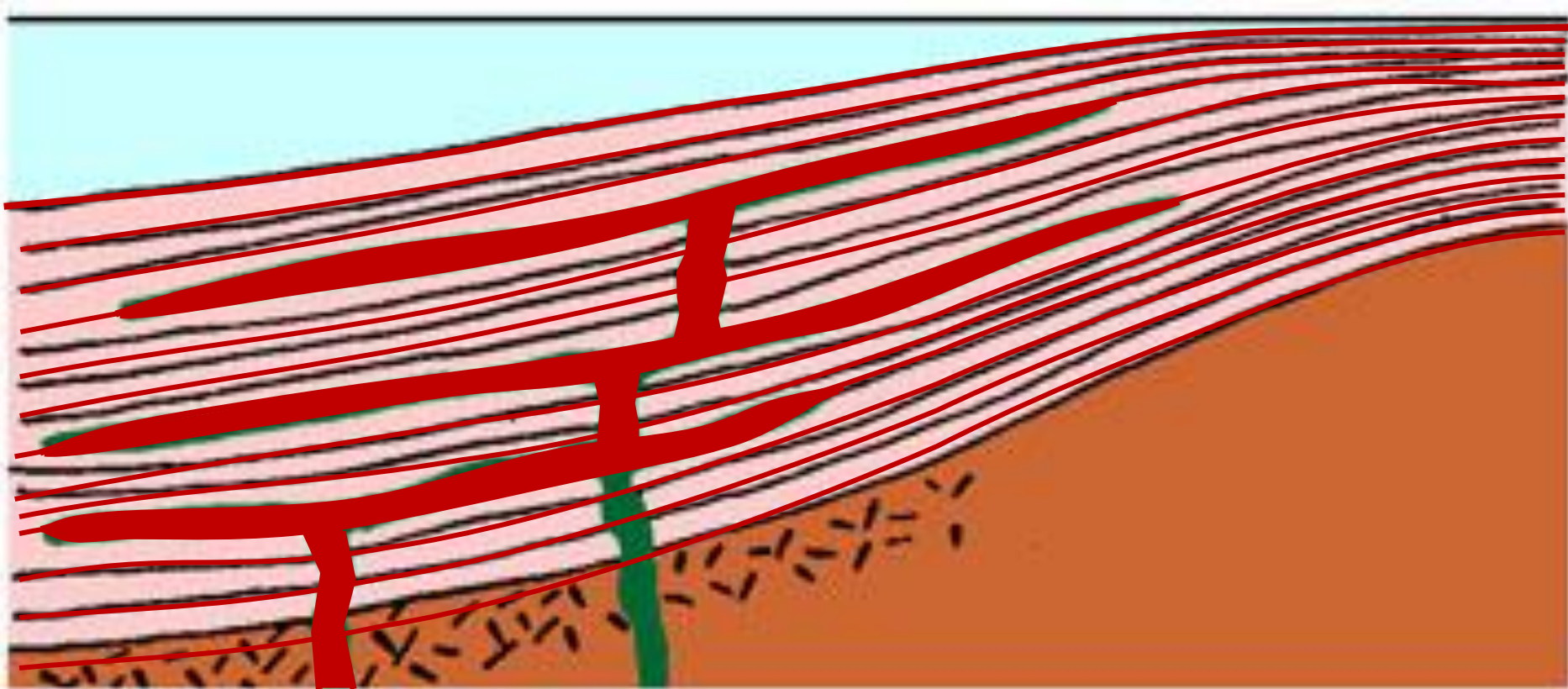
Они занимают пространство, образующееся при раздвигании слоев.

Среди согласных интрузивных тел выделяются **силлы, лакколиты, лополиты, факолиты.**

Силлы

Силл (син.: пластовая интрузия, интрузивная залежь) от англ. *sill* - порог, подоконник - пластообразное интрузивное тело, залегающее в толщах горизонтально лежащих или слабо дислоцированных горных пород.

Силлы



Схематический разрез силлов

Поверхности, ограничивающие силл сверху и снизу, на значительных расстояниях почти параллельны; ***мощность силла во много раз меньше его латеральных размеров.***

Интрузивные залежи образуются путем внедрения магмы вдоль плоскостей слоистости.

При внедрении магма играет активную роль — породы кровли отделяются от пород подошвы залежи под давлением расплава.

Глубина образования интрузивных залежей небольшая (*гипабиссальные* интрузии).

Известны интрузивные залежи **площадью до 13 000 км²**.

Мощность интрузивных залежей варьирует от тонких микроскопических инъекций **до 600 м**.



Фото из Wikipedia

Силл вблизи Эдинбурга, Шотландия

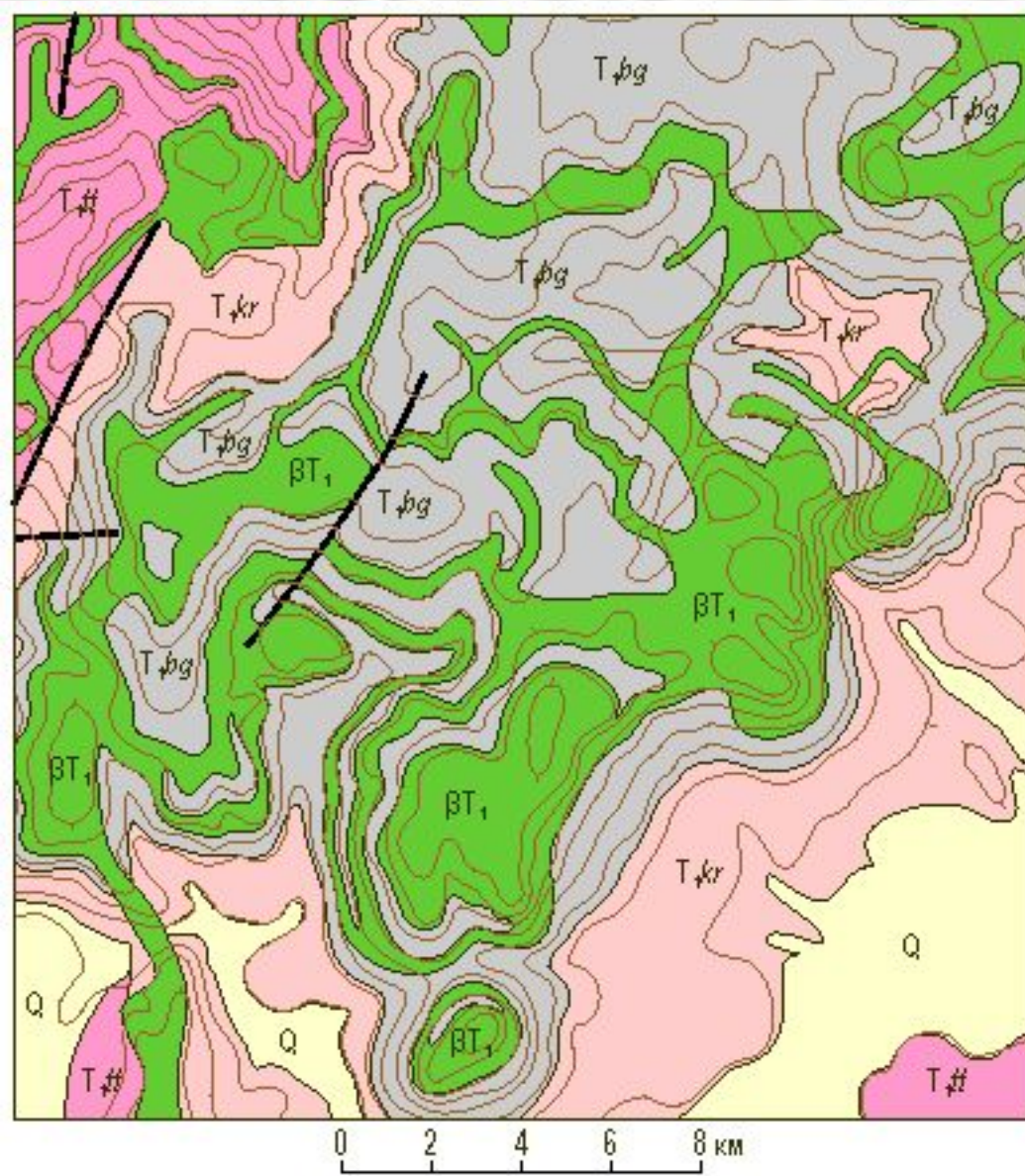
Силлы часто размещаются в глинистых толщах.

Они **могут участвовать в складчатости** вместе с вмещающими осадочными слоями, изгибаясь вместе с ними в складки.

При этом они часто раздробляются на отдельные блоки, которые растаскиваются в общей массе глинистых пород.

Иногда пластовые интрузии основного состава тесно связаны с эффузивными толщами того же состава, прорывая их и внедряясь в них по наслоению покровов эффузивов (например, известные ***тунгусские траппы***).

Траппы - общее название основных пород (долеритов, базальтов и др.), развитых на платформе и относящихся к определенной магматической формации - трапповой.

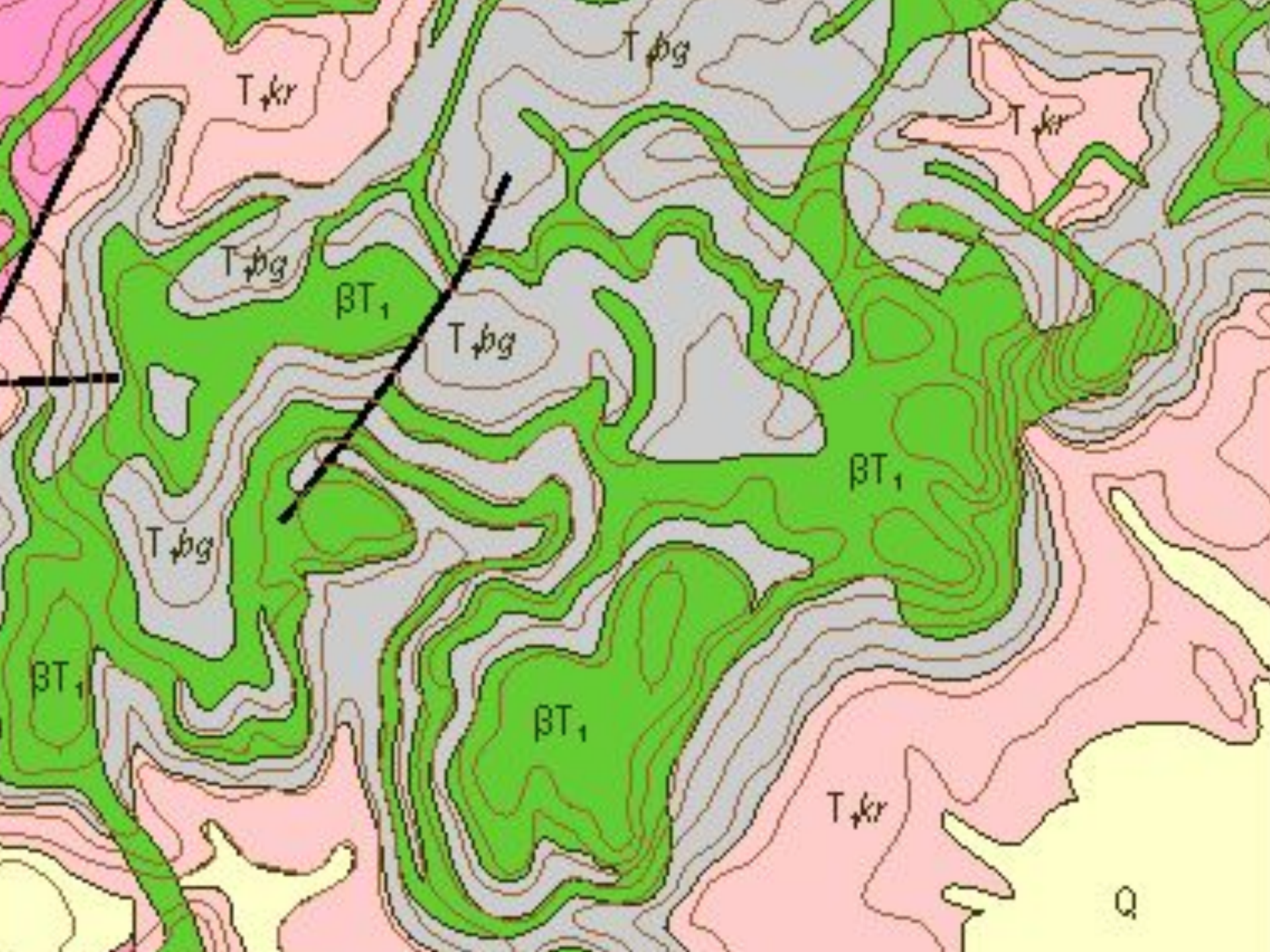


На представленном фрагменте геологической карты показаны многочисленные **силлы и дайки основного состава (BT₁)**, прорывающие базальты и туфы раннетриасового возраста (свиты:

T₁tt – тутончанская;

T₁kr – корвунчанская;

T₁bg – бугариктинская).



Лакколиты

Лакколит (от греч. "*лаккос*" - цистерна) - интрузивное тело с уплощенным основанием и трещинным подводящим каналом.

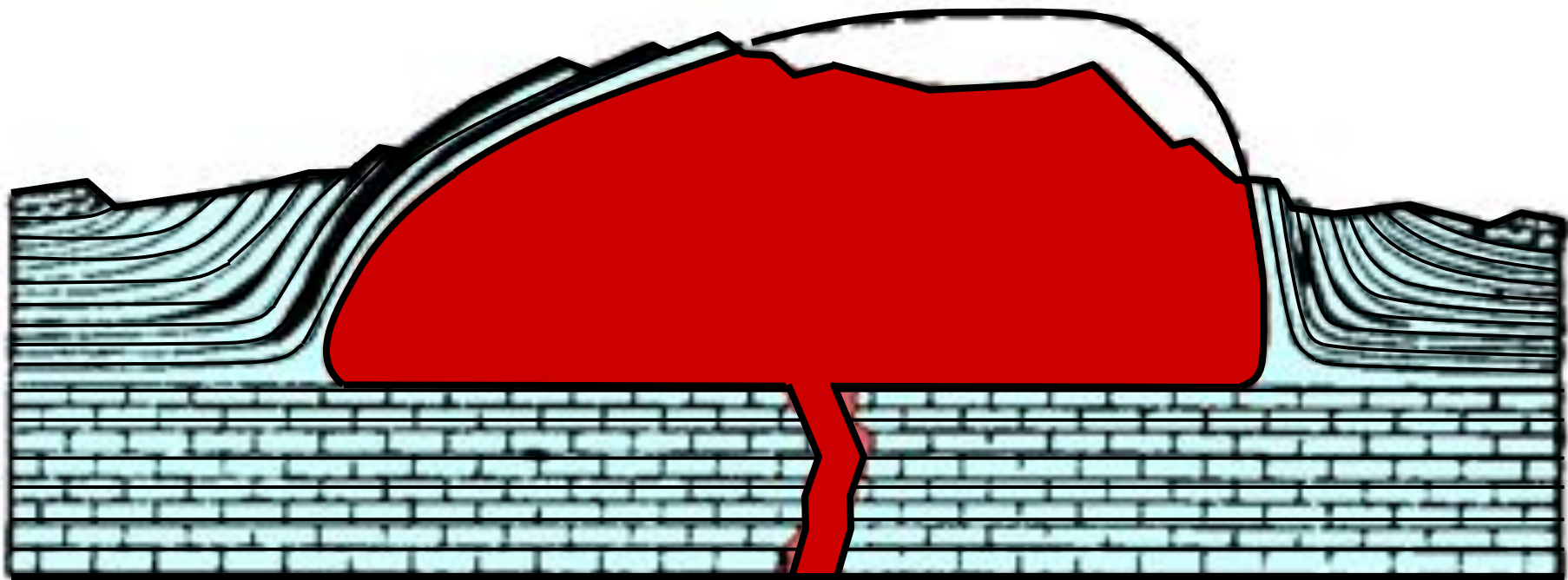
Обычно имеет линзообразную форму и изометричные очертания в плане.

Лакколиты

Формируется, поднимая вышележащие отложения и заполняя создаваемое пространство между слоями.

Лакколиты образуются вязкими магмами, как правило кислого состава.

Размеры лакколитов сравнительно небольшие — от сотен метров до нескольких километров в диаметре.



Схематический разрез лакколита

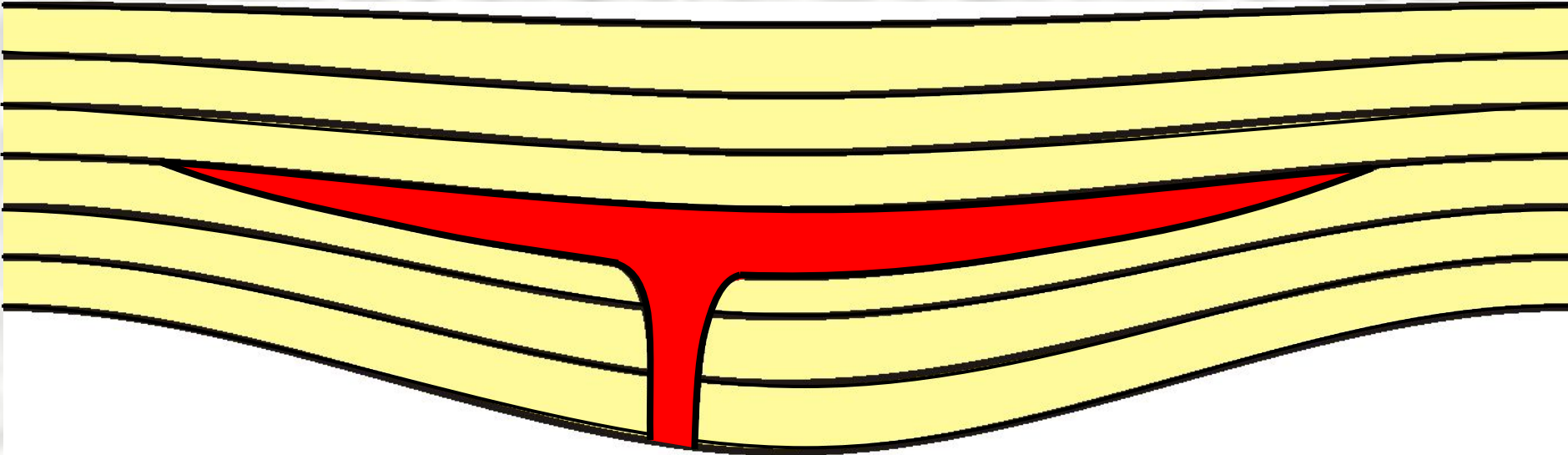


**Аю-Даг (Медведь-гора) в Крыму — пример
лакколита**

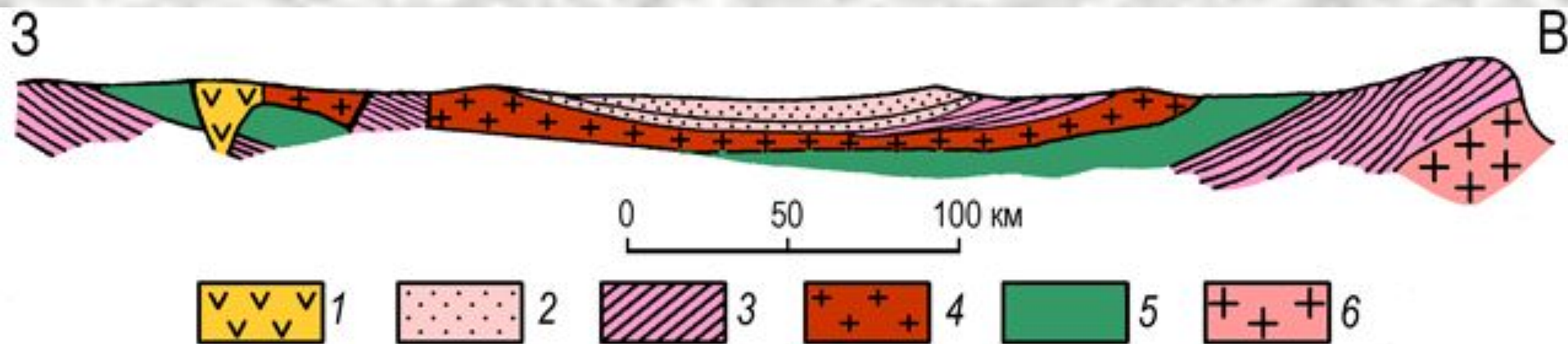
Лополиты

Лополит (от греч. "лопас" - чаша, плоское глиняное блюдо) - линзообразное интрузивное тело, более или менее изометричное в плане, с пологим падением к центру.

По отношению к вмещающим породам, имеющим обычно подобное, но более крутое падение, контакты интрузива секущие.



Схематический разрез лополита



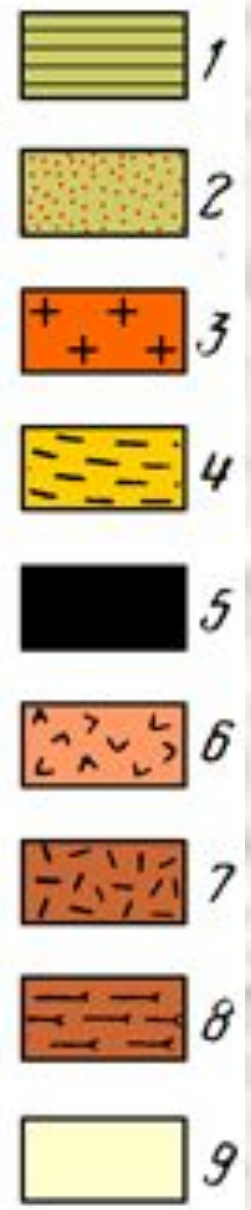
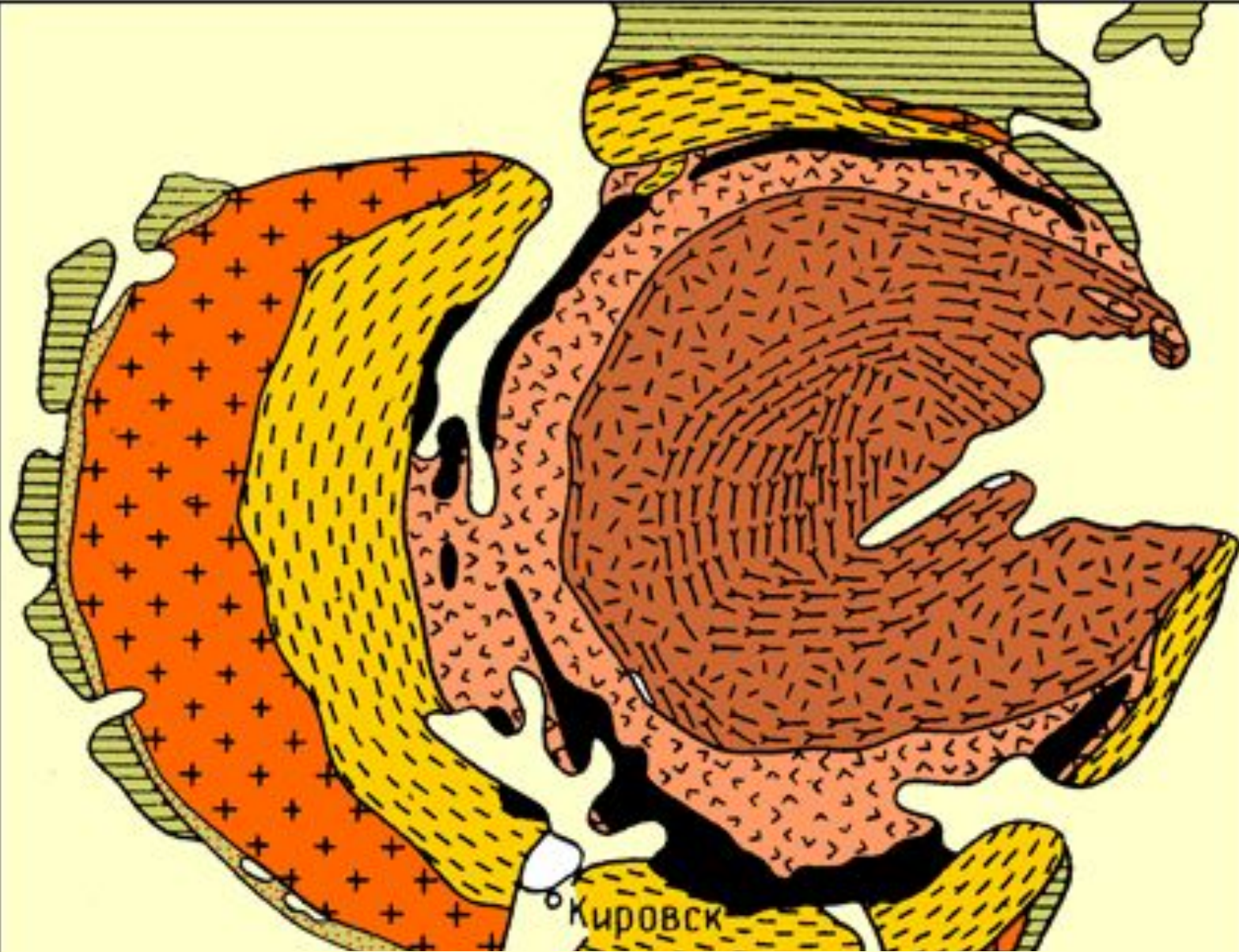
Норитовый лополит Бушвельда (по Биллингсу)

- 1 - сиениты (наиболее молодая интрузия);
- 2 - континентальные отложения формации Карру;
- 3 - трансваальская система;
- 4 - гранит;
- 5 - норит;
- 6 - древние граниты

Интрузии центрального типа

Близкую к лополитам морфологию имеют так называемые **интрузии центрального типа**.

В кровле они обычно имеют согласные взаимоотношения с вмещающими породами, а в корневых частях занимают секущее положение.



6 - рисчорриты и среднезернистые
 9 - четвертичные отложения

Факолиты



Факолиты (от греч. "**факос**" - чечевица)- согласные серповидные интрузии в замковых частях антиклинальных и, реже, синклинальных складок. Мощность их измеряется десятками метров, иногда достигая тысяч метров.

Секущие интрузивные тела

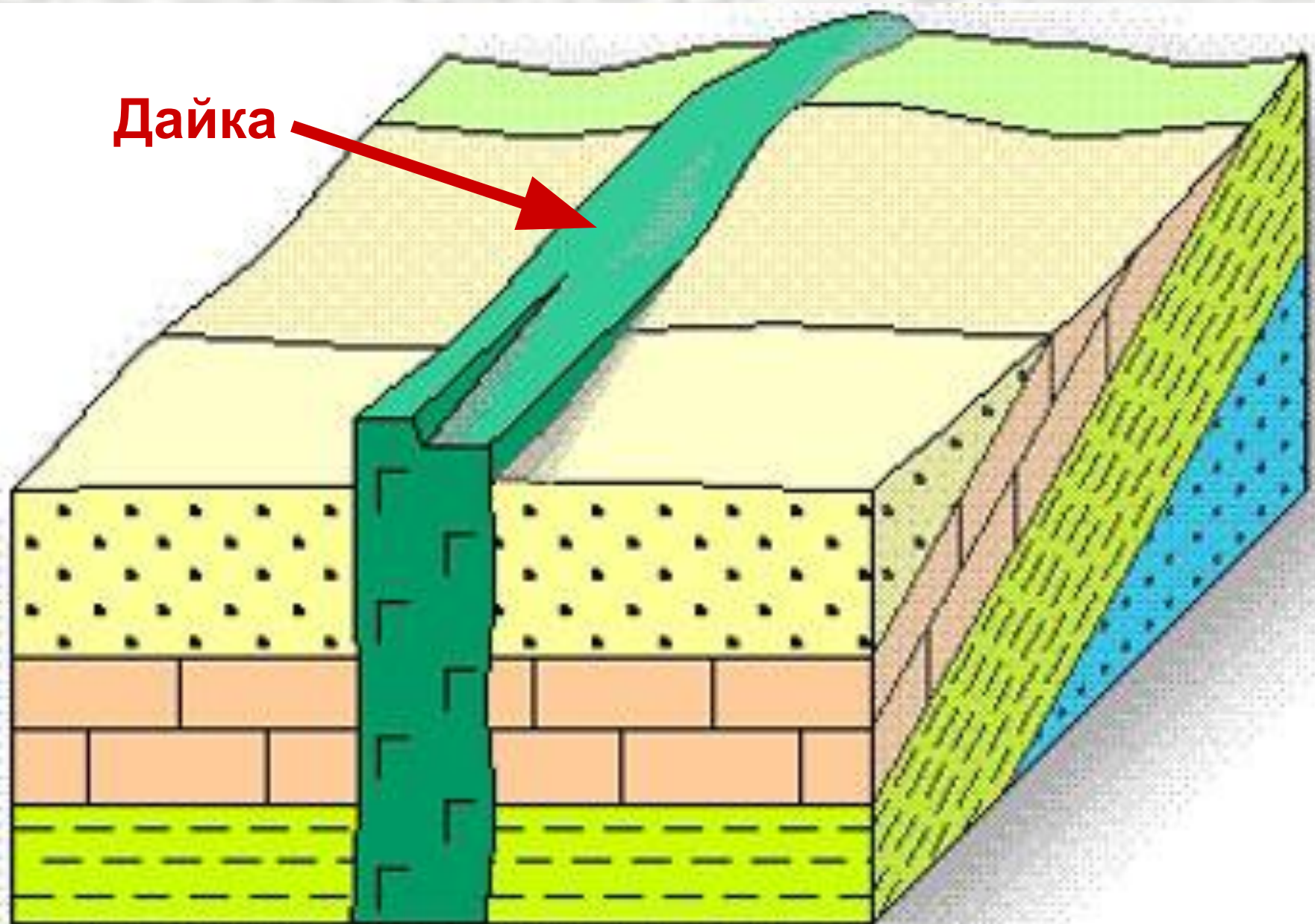
Секущие интрузивные тела имеют **контакты, резко пересекающие поверхности напластования** вмещающих слоистых осадочных или вулканогенных пород.

Среди секущих интрузивных тел выделяются **дайки, штоки, батолиты, гарполиты.**

Дайки

Дайка (англ. *dike, dyke* - стенка из камня или дерна) - плитообразное вертикальное или крутопадающее тело, ограниченное параллельными стенками и имеющее большую протяженность по простиранию и падению при относительно небольшой мощности.

Дайка



Дайки Кросс-Айленд, Аляска



Фото из Wikipedia

Состав даек

Дайки - широко распространенные секущие интрузивные тела **весьма разнообразного состава** (от ультракислого до ультраосновного).

Дайки – **типичные трещинные интрузии**. Они используют для внедрения самые разнообразные трещины.

Размеры даек

Мощность даек – от сантиметров до десятков метров, в редких случаях до сотен метров - первых километров.

Протяженность – десятки метров - многие километры, в редких случаях даже сотни километров.

Наиболее часто встречаются дайки мощностью в первые метры - первые десятки метров и протяженностью от десятков метров до нескольких километров.

Великая Дайка Зимбабве

Великая Дайка Зимбабве, докембрийского возраста, прорывает гранито-гнейсы и кристаллические сланцы фундамента на протяжении ***540 км при ширине 5-8 км.***

Это мощное трещинное тело основного и ультраосновного состава сложено норитом, пироксенитом и гарцбургитом.

Обычно дайки прямолинейны, реже - ломаные и изогнутые.

В одних случаях они образуют **субпараллельные пучки**, в других **располагаются радиально или концентрически**.

Часто **дайки являются спутниками крупных интрузий** различного состава. Густая сеть даек может оконтуривать интрузию, находящуюся на глубине.

Различные интрузии, как правило, сопровождаются дайковыми комплексами, которые различаются между собой.

Дайками сопровождаются также зоны трещинных и центральных излиятий эффузивов.

Группы близко расположенных даек одного состава и возраста называют ***роями даек***.

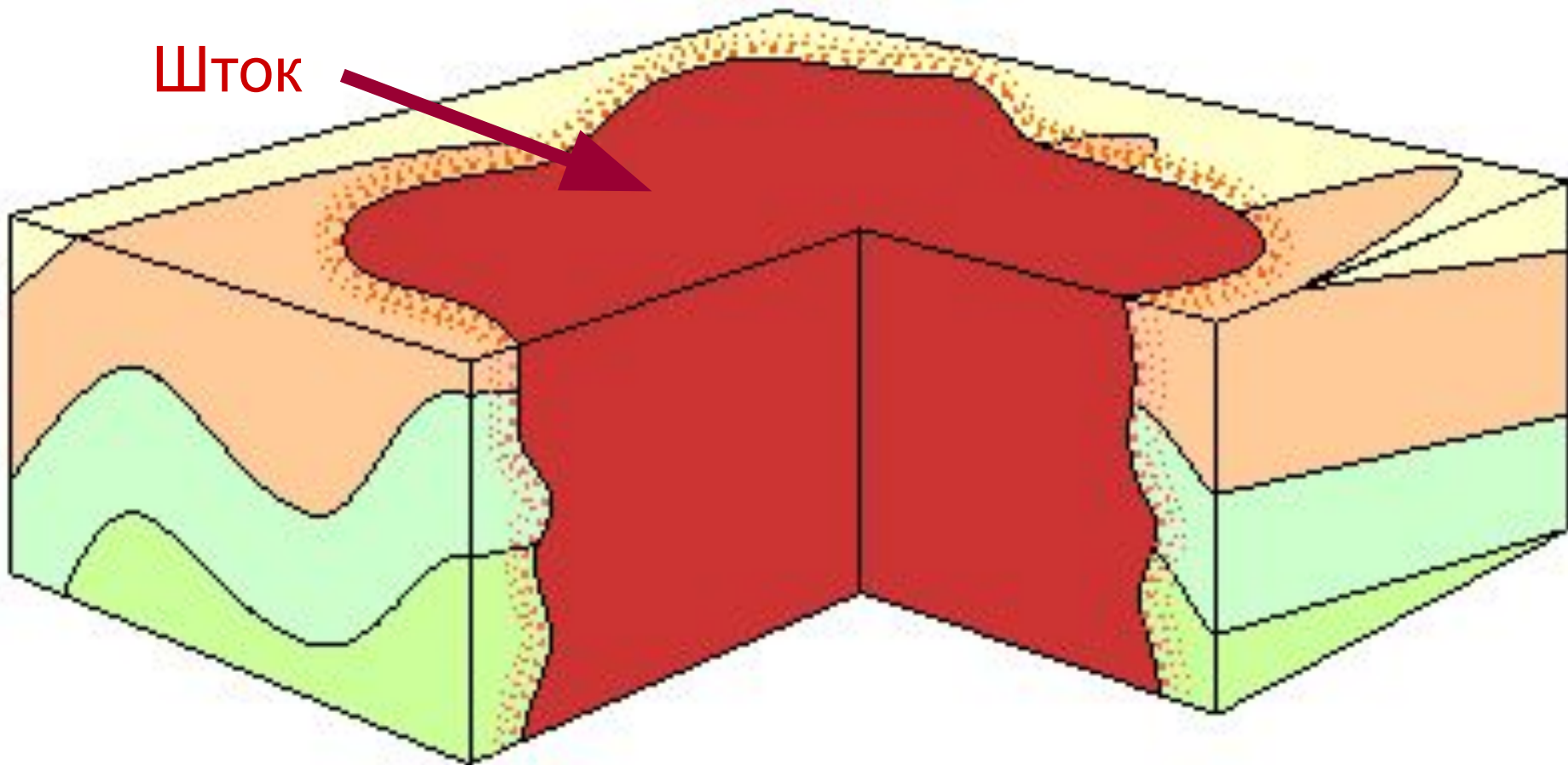
Штоки

Шток (нем. **Stock** - палка, ствол) - относительно небольшое интрузивное тело, часто неправильной формы, но, в общем, приближающейся к цилиндрической; обычно крутопадающее.

Чаще всего к штокам относят тела, имеющие площадь выхода на поверхность Земли до 100 км².

Состав штоков разнообразный – кислые, средние и основные породы различной щелочности.

ШТОК



Батолиты

Батолитами называют большие интрузивные массивы, составленные преимущественно породами гранитной магмы, корни которых уходят на большие глубины, в зону гранитизации горных пород.

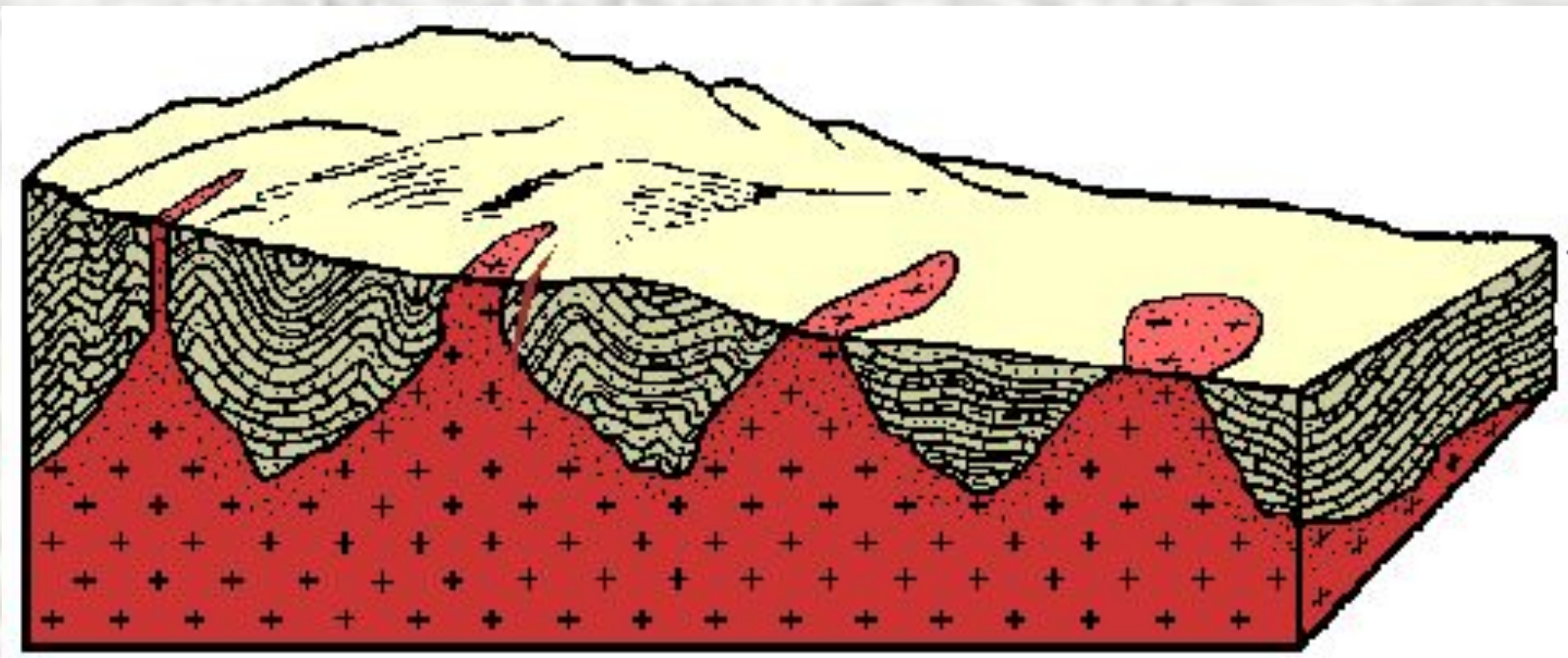
Стенки батолита обычно имеют крутой наклон в стороны от центральной части массива, т.е. все тело с глубиной расширяется.

Немало случаев, когда контакты батолита почти вертикальны.

Вмещающие породы, которые могли бы составлять основание батолита, отсутствуют на доступных наблюдению глубинах.

Характерной особенностью верхней части батолитов является разделение ее на **ряд куполов или гребней**, между которыми располагаются депрессии.

Поэтому при незначительном эрозионном срезе батолита обнажаются только немногие, наиболее выдвинутые кверху купола или даже только их верхние, так называемые **апикальные** части.



Купола и гребни батолита (по Эммонсу)

Гора Хафдом («Полукупол») – часть купола батолита Сьерра-Невада. Национальный парк Йосемити, США



Фото из Wikipedia

Размеры батолитов

Размеры выходов батолитов на поверхность самые разнообразные, от 100 (минимальный размер, при котором интрузию можно назвать батолитом) до 250 000 км².

Одним из крупнейших на Земле является **батолит Берегового хребта**, расположенный в Североамериканских Кордильерах.

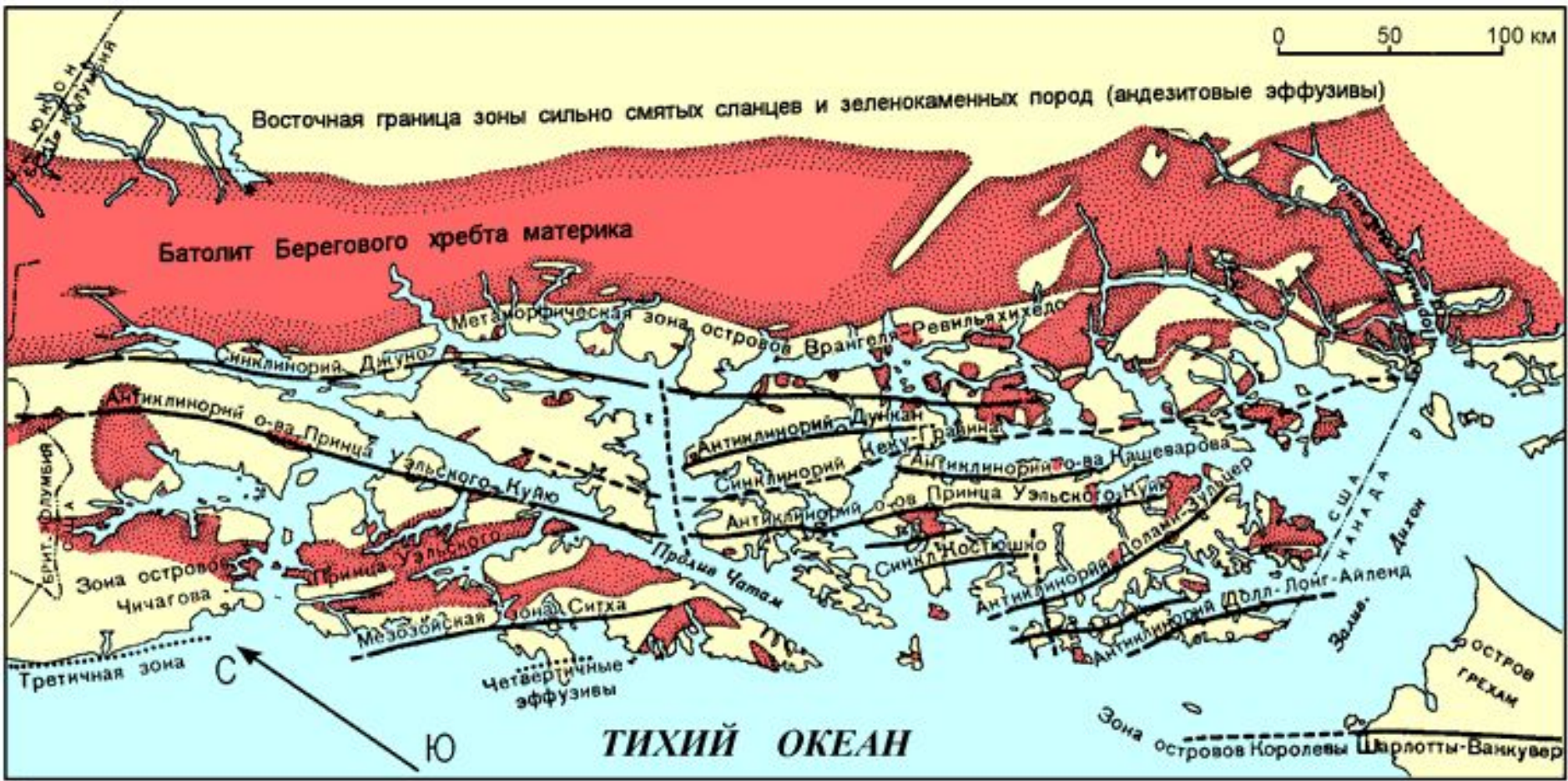


Схема строения участка батолита Берегового хребта в пределах юго-восточной Аляски и смежной части Канады.

Батолит Берегового хребта протягивается более чем на 1760 км от реки Фрэзер в Британской Колумбии к северо-западу на территорию Юкона.

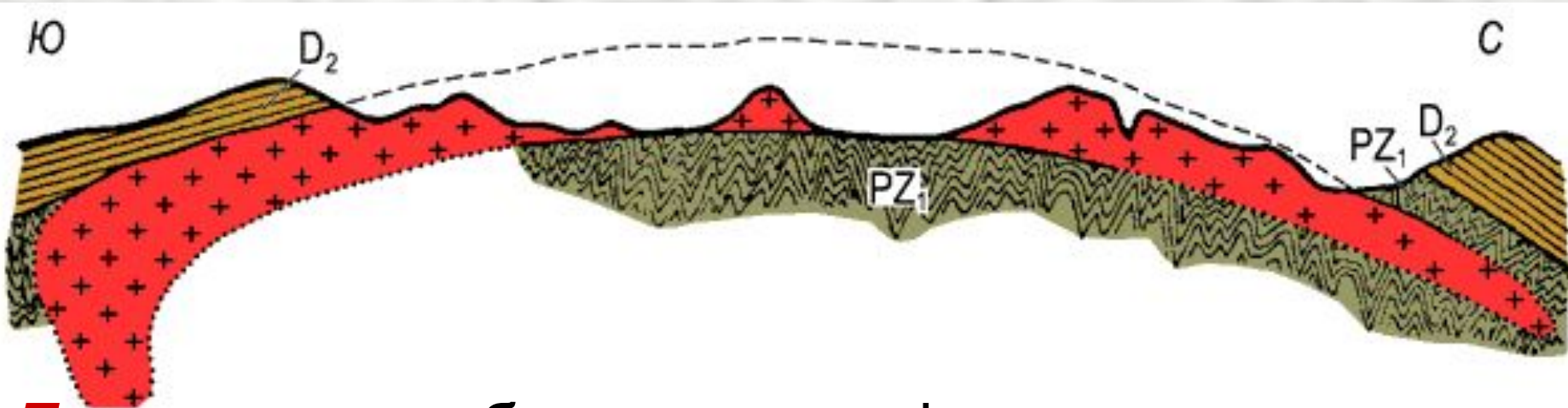
Тектоническое положение батолитов

Батолиты приурочены к складчатым поясам. В целом, они вполне согласно участвуют в структурах первого порядка.

Длинные оси батолитов в большинстве случаев вытягиваются параллельно главному направлению складчатости.

Частные взаимоотношения батолита с породами кровли могут быть различными, в том числе и отчетливо секущими вмещающие породы.

Гарполиты



Гарполиты - большие межформационные тела серповидной формы с подводящим каналом под одним из концов, преимущественно гранитоидного состава.

Размещаются обычно вдоль поверхностей структурных несогласий.

Важнейшая особенность гарполита — существование неглубоко расположенной подошвы, составленной вмещающими породами.

Строение контактов интрузивных тел

Во время внедрения интрузии приходят в соприкосновение две среды, различных с физико-химической точки зрения.

С одной стороны - это высокотемпературный огненно-жидкий силикатный расплав,

с другой - относительно холодные твердые вмещающие породы разнообразного состава.

Зоны экзоконтактовых изменений

Воздействие высокой температуры, а также летучих компонентов, выделяющихся из магмы, приводят к **термальному метаморфизму и метасоматическим изменениям** вмещающих пород.

Зоны экзоконтактовых изменений

Возникают **зоны экзоконтактовых изменений**.

Степень метаморфизма постепенно убывает при удалении от интрузии.

Зоны экзоконтактовых изменений

Ширина ЭТИХ ЗОН МОЖЕТ ИЗМЕНЯТЬСЯ **от долей метра до десятков и сотен метров**, а иногда **и первых километров**.

Зоны эндоконтактовых изменений

Внутри самих интрузий также возникают контактовые (эндоконтактовые) изменения.

Зоны эндоконтактовых изменений

За счет более быстрого охлаждения краевых частей интрузивных тел в них развиваются **более мелкозернистые разности пород** по сравнению с центральными частями интрузии **либо порфиоровидные текстуры.**

Зоны эндоконтактовых изменений

Вследствие захвата и переплавления вещества боковых пород **краевые части интрузии могут отличаться также химическим и минеральным составом пород** от внутренних участков интрузивного тела.

Типы контактовых поверхностей

Контактные поверхности могут быть

резкими,

нерезкими

и слепыми.

Резкие контакты

Резкие контакты возникают при быстром застывании изверженной породы без явлений ассимиляции его материала вмещающих пород.

В этом случае контактовая поверхность бывает сложена тонкокристаллическими разновидностями изверженной породы.

Вглубь интрузии тонкокристаллическая структура изверженной породы сравнительно быстро сменяется структурой, обычной для пород данной интрузии.

Нерезкие контакты

Нерезкие контакты образуются при медленном остывании интрузивного тела, сопровождающемся ассимиляцией вмещающих пород.

В этих случаях структура изверженной породы на контакте мало отличается от обычной структуры пород данной интрузии.

Нерезкие контакты

Однако минералогический и петрографический состав пород на контакте сильно изменяется.

Образование постепенных контактов приводит к значительным контактовым изменениям вмещающих пород.

Слепые контакты

Слепые контакты характеризуются постепенным переходом одной контактирующей породы в другую вследствие взаимного обмена материалом между ними.

Положение контактовой поверхности является неопределенным и устанавливается условно по тем или иным зонам обогащения породы каким-либо минералом.

Морфологические типы контактовых поверхностей

По своей морфологии контактовые поверхности могут быть:

- 1) ровными,
- 2) волнистыми,
- 3) глыбовыми,
- 4) зазубренными,
- 5) апофизными и
- 6) послойно-инъекционными.



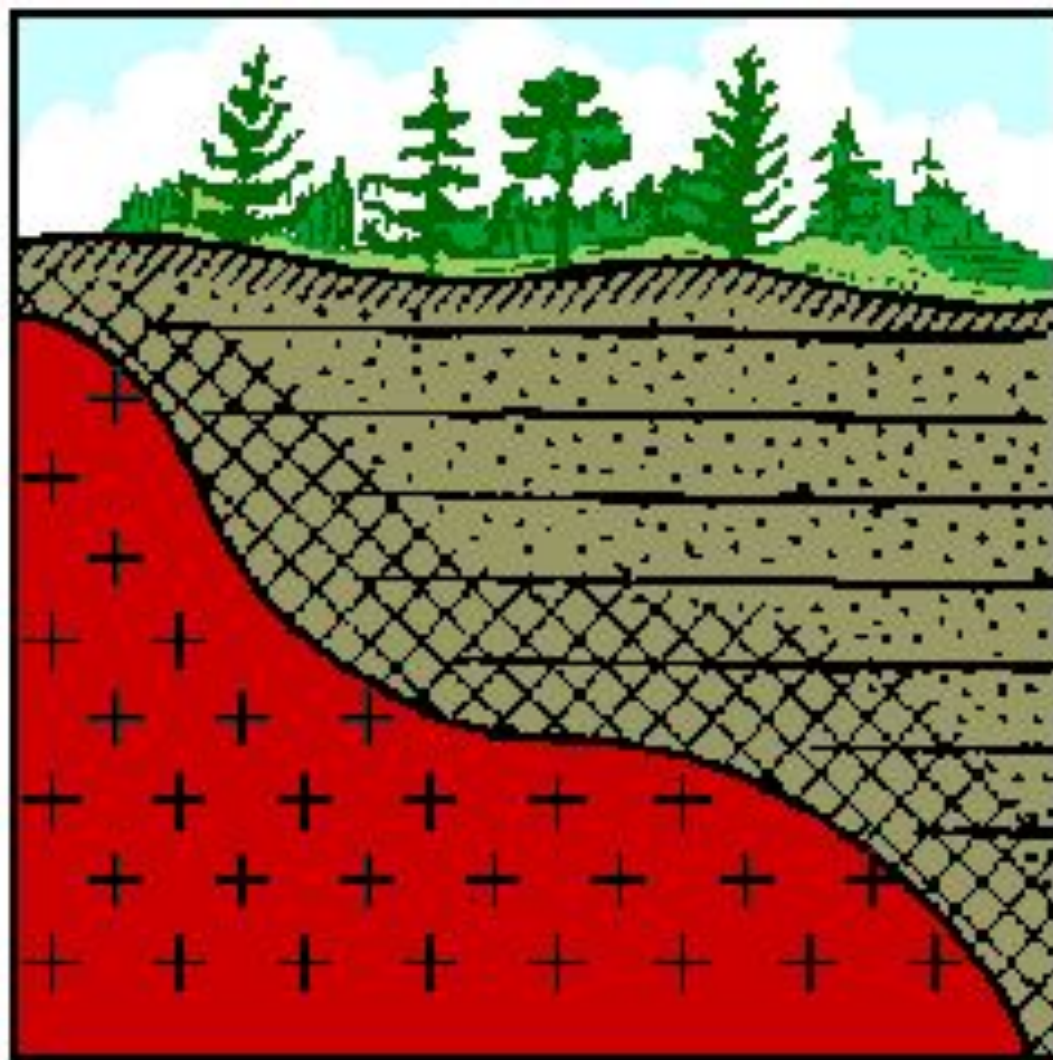
Ровные контактовые поверхности образуются при внедрениях сравнительно холодной малоактивной магмы по трещинам и расколам.

Они характерны для тел с резким типом контактов.

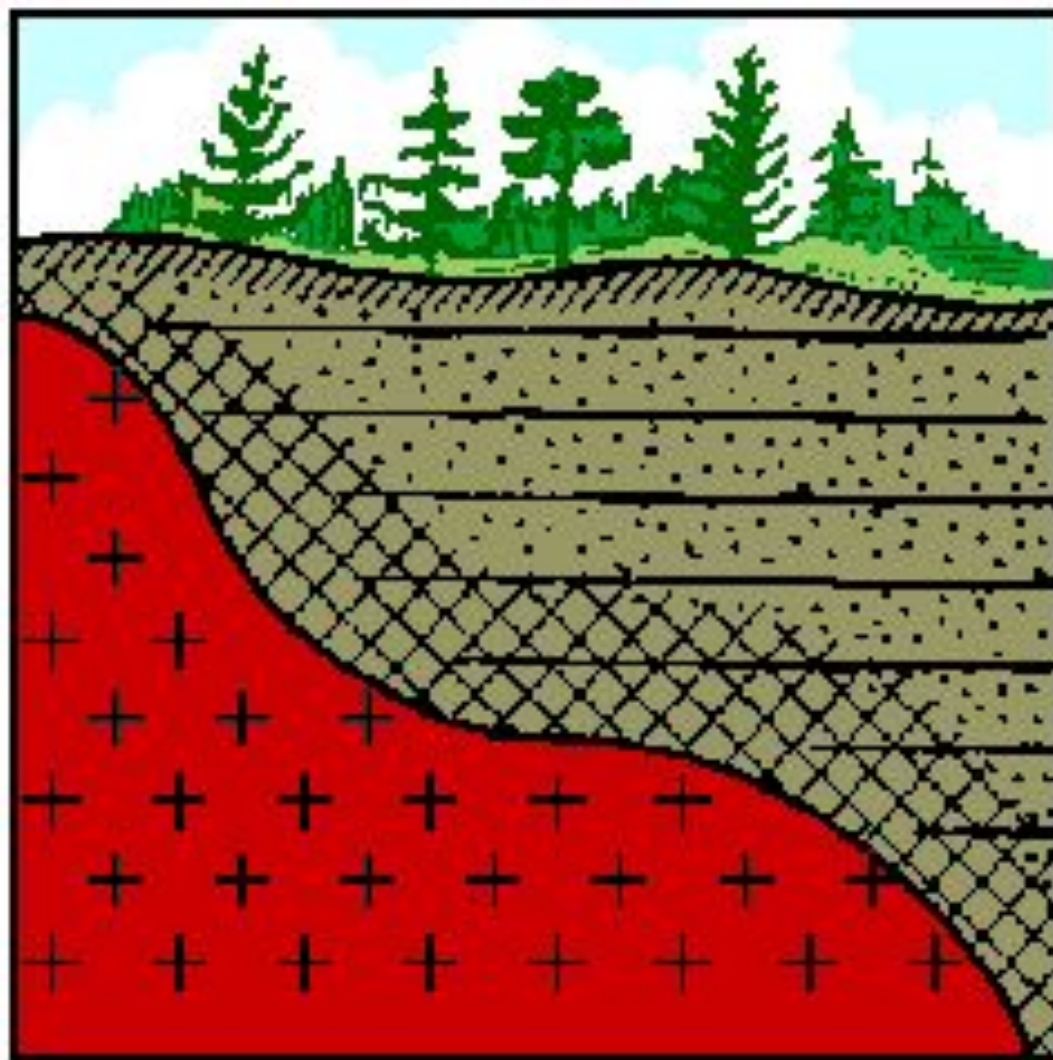
Волнистые контакты



Волнистые контактовые поверхности свидетельствуют о быстром внедрении горячей магмы.

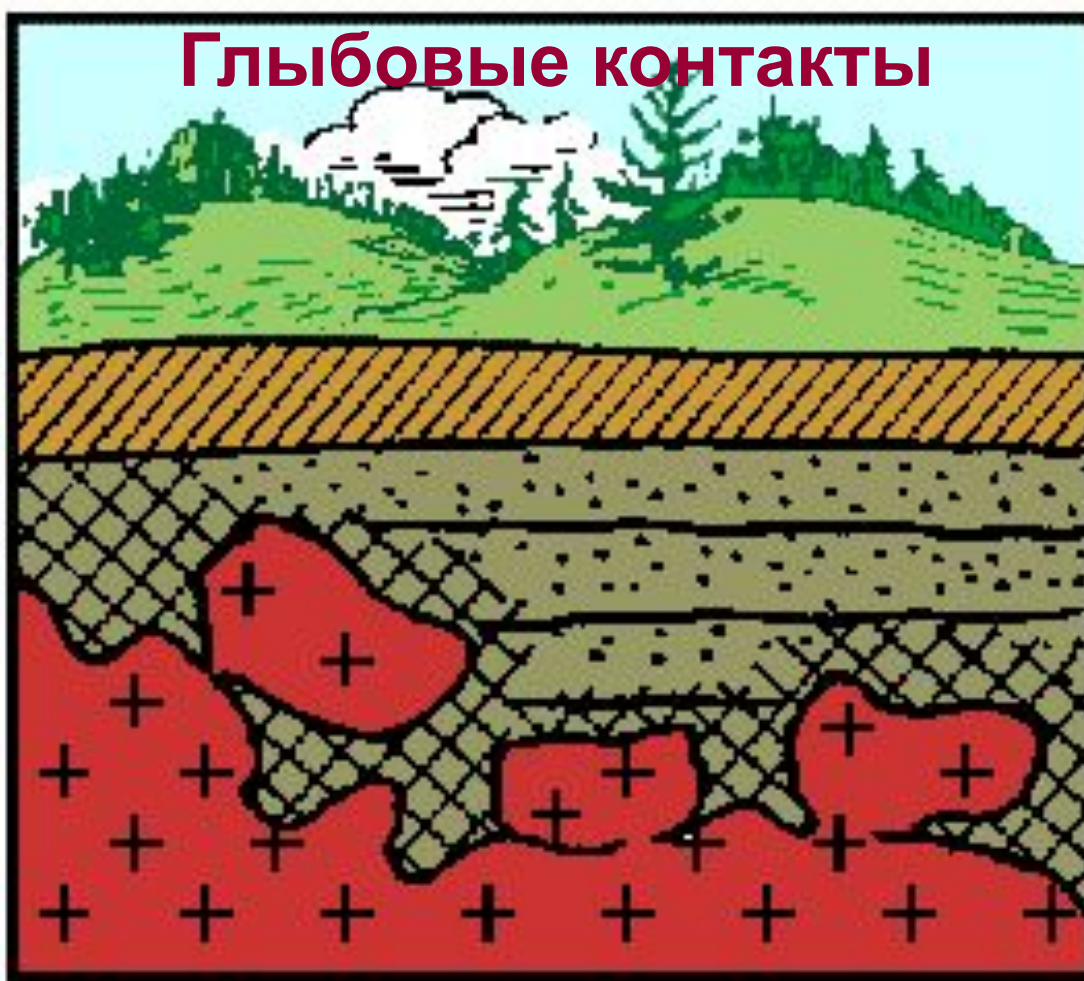


В приконтактовой зоне интрузии присутствуют текстуры течения, а во вмещающих породах — явления термального метаморфизма.

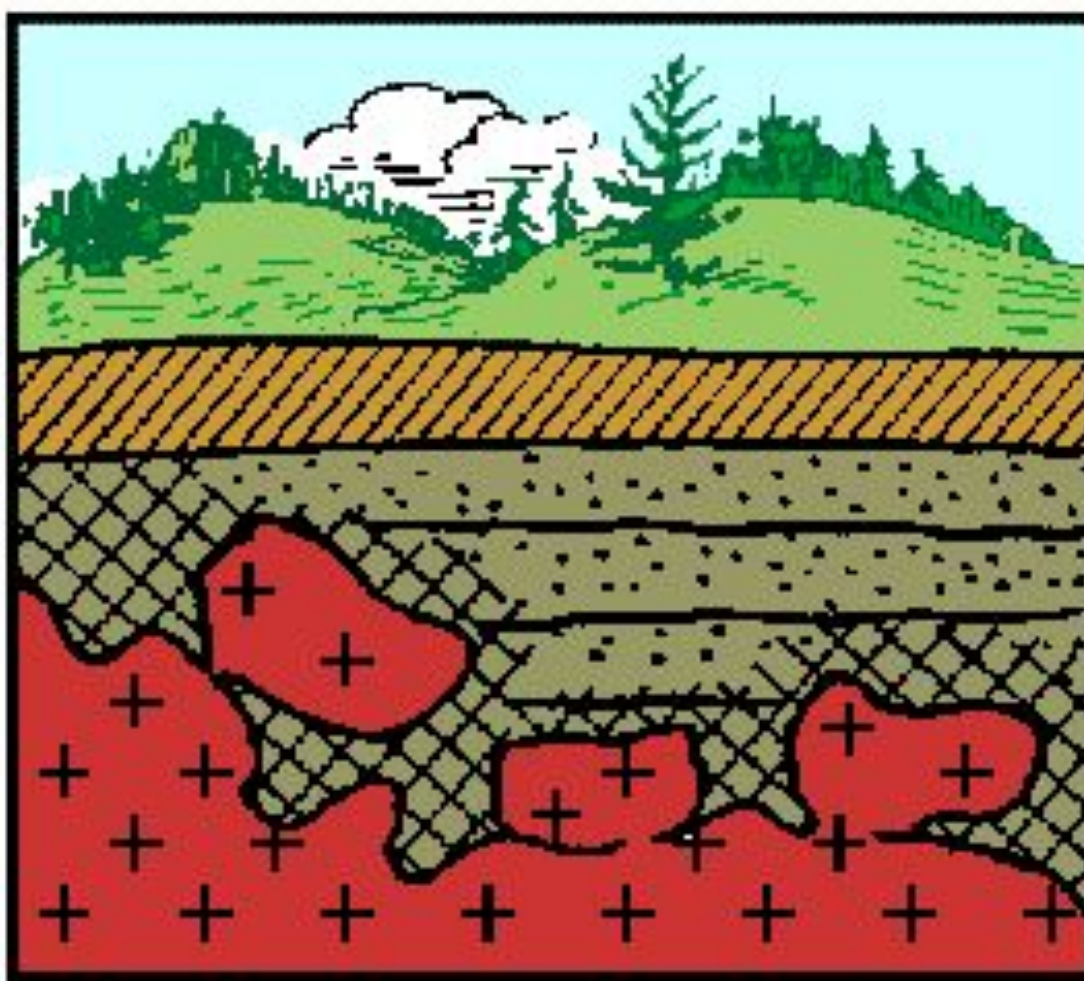


Характерны для нерезких контактов.

Глыбовые контакты



Глыбовые контактовые поверхности образуются при сильном напоре магмы. Это приводит к захвату магмой глыб вмещающих пород.

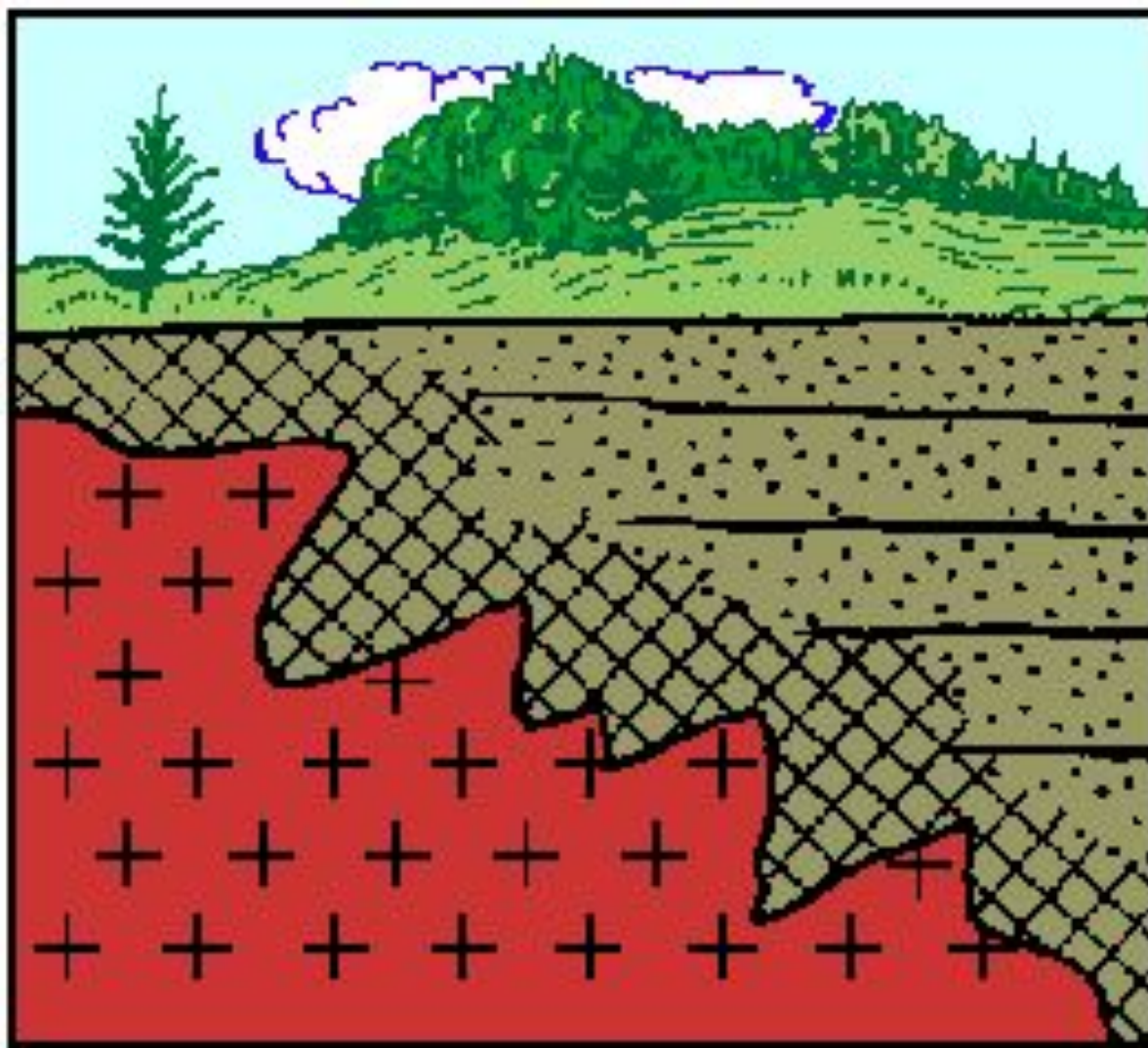


Это свидетельствует о сравнительно невысоких температурах магмы в момент внедрения и о быстром ее остывании.

Зазубренные контакты



Зазубренные контакты сходны с глыбовыми, но отличаются от них более активным химическим воздействием магмы на вмещающие породы

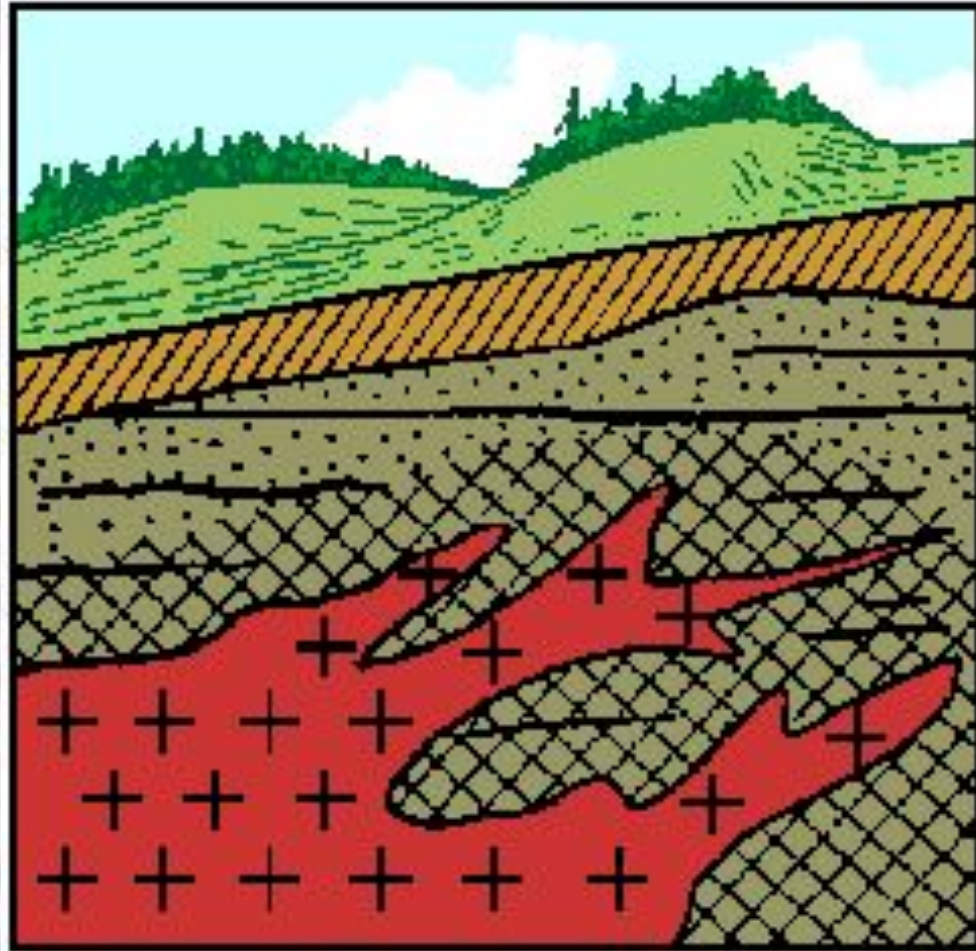


Это свидетельствует о более высокой температуре магмы

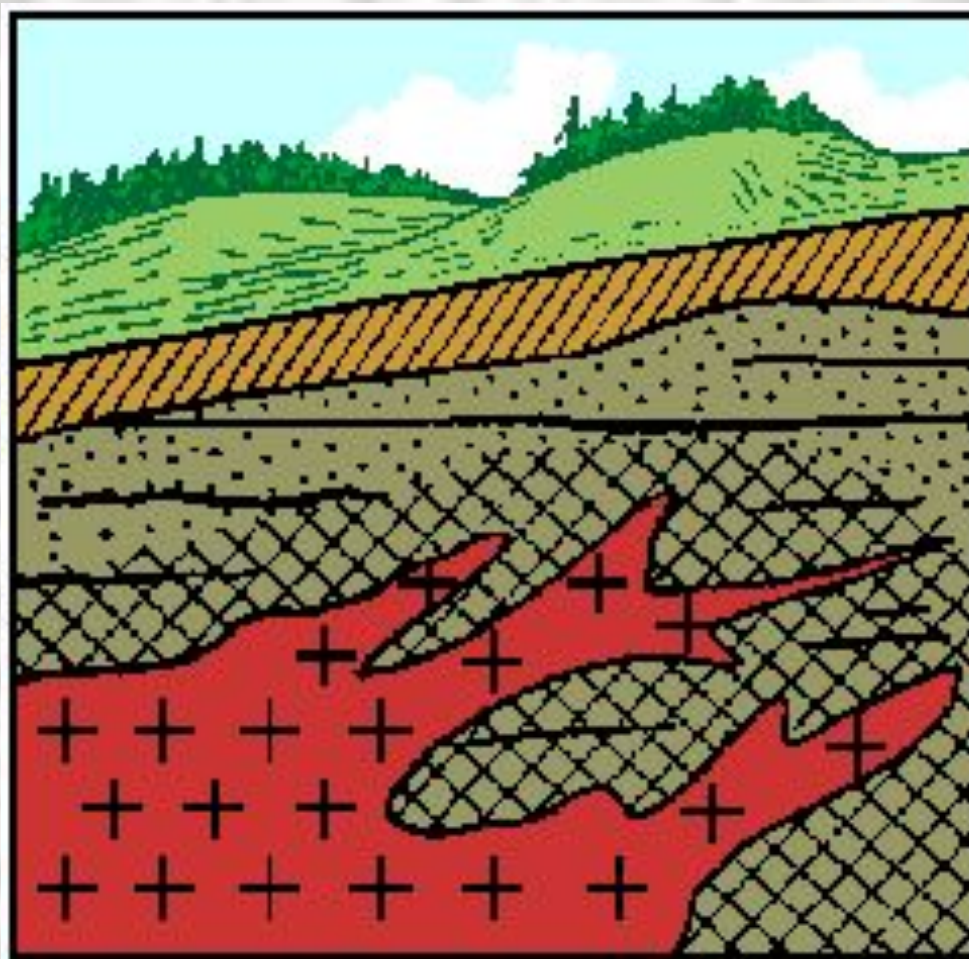
Апофизные контакты



Апофизные контакты образуют систему выступов, глубоко вдающихся во вмещающие породы.



Образуются при сильном напоре магмы, проникающей во все ослабленные участки вмещающих пород.

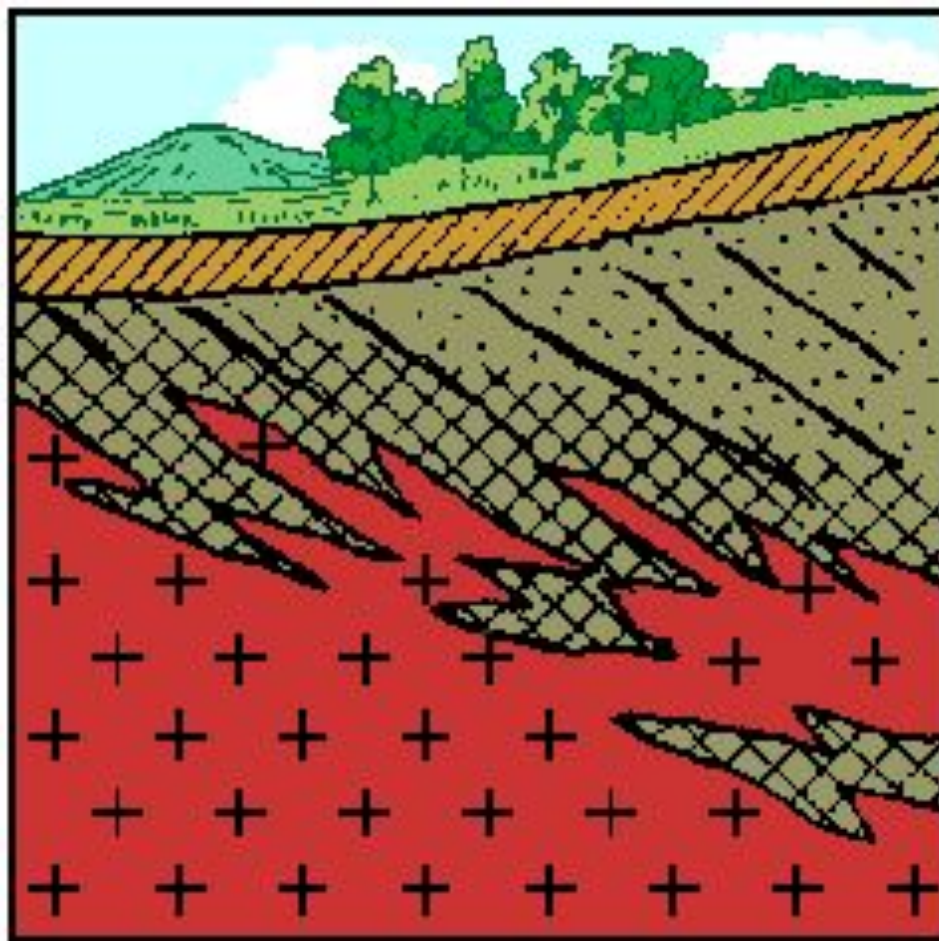


Характерны для постепенного типа контактов.

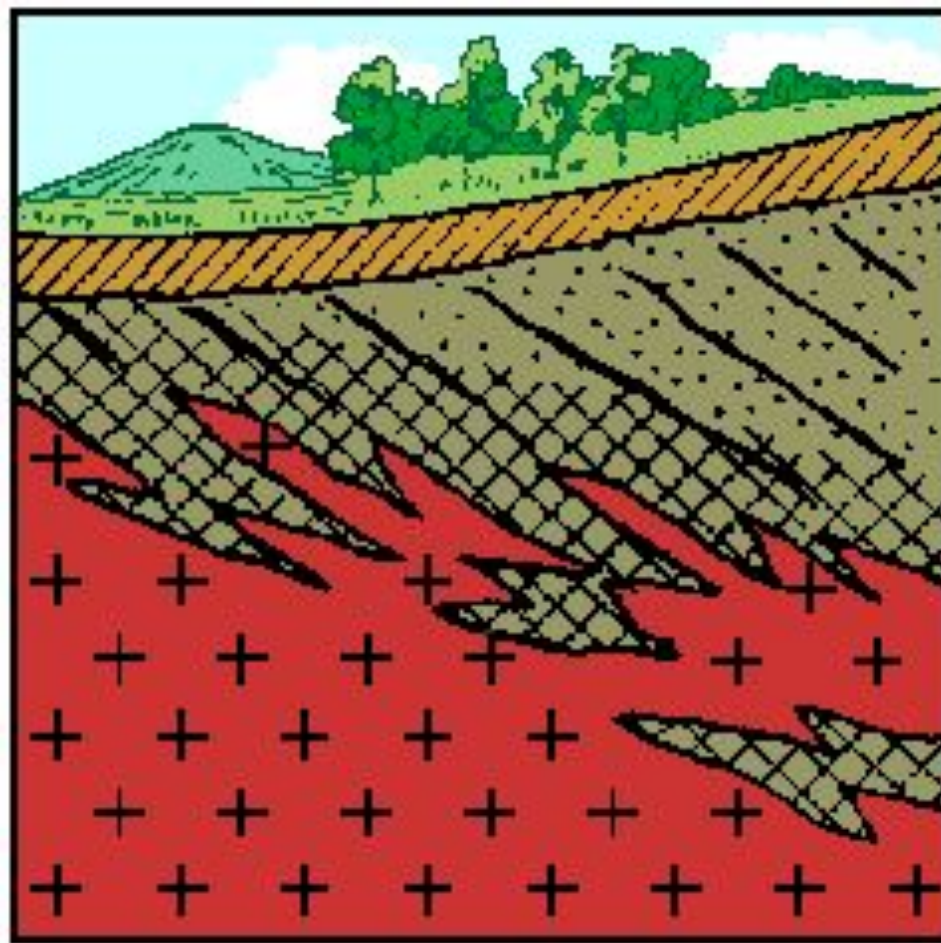
Послойно-инъекционные контакты



Послойно-инъекционные контакты характеризуются тесным сплетением магматического материала с материалом вмещающих пород.



Вмещающие породы насыщены жилками и мелкими апофизами.

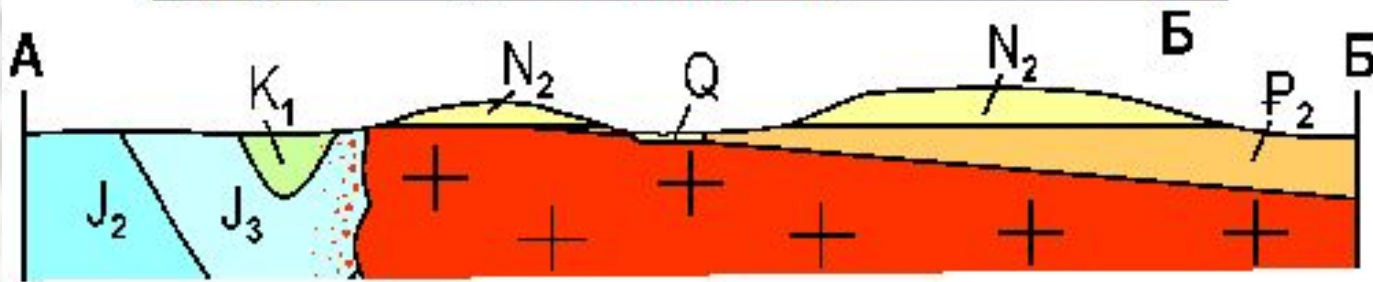
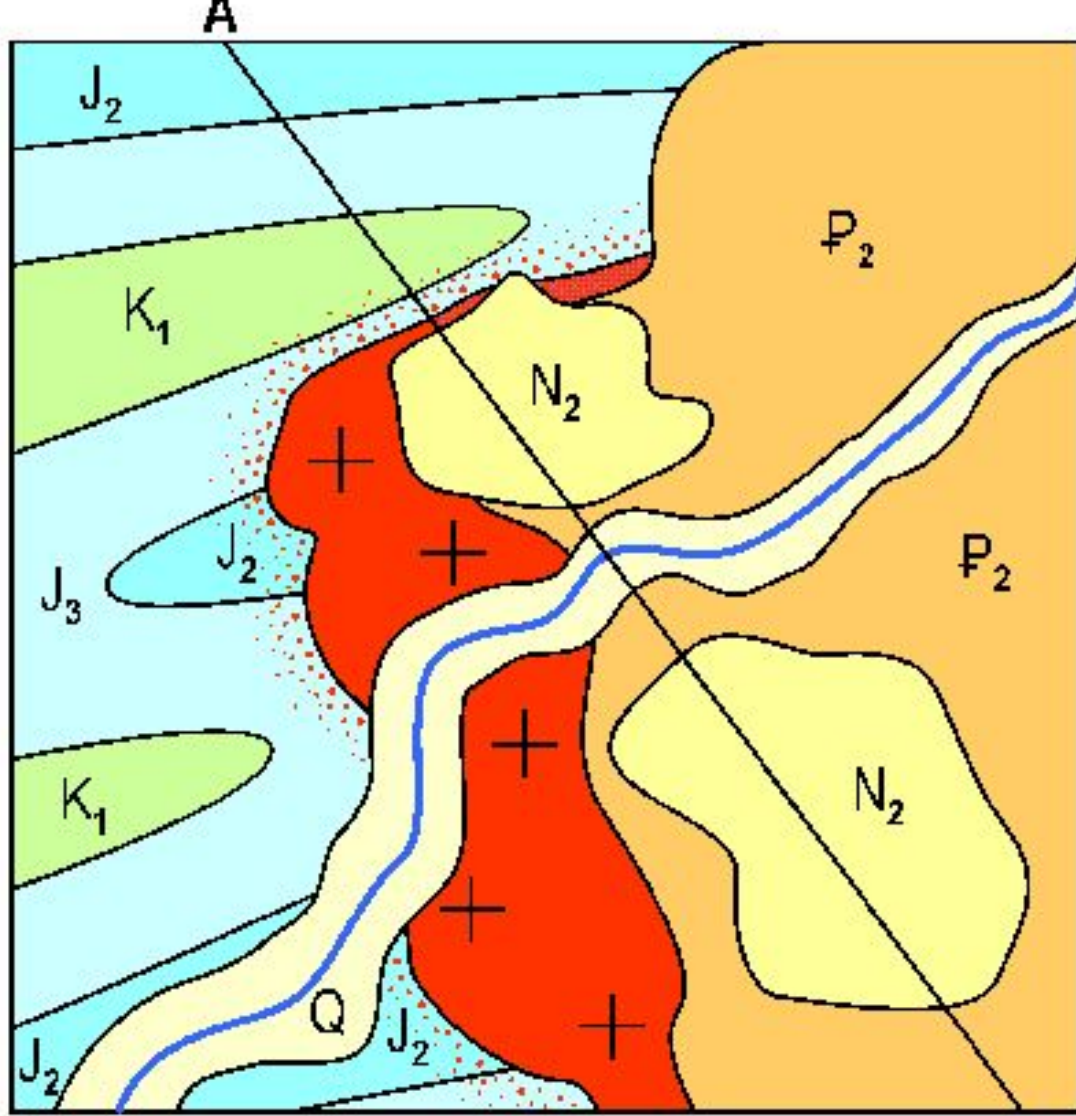


Характерны для постепенных либо для слепых типов контакта.

Определение возраста интрузивных тел

Если интрузия приурочена к поверхности несогласия, то появляется возможность определить нижний и верхний пределы возраста интрузии.

Интрузивное тело имеет **более молодой возраст, чем самые молодые породы в прорываемом им комплексе, и более древний возраст, чем самые древние породы в комплексе, несогласно перекрывающем интрузию.**



Относительный **возраст интрузий, секущих друг друга**, определяется по изменению структуры пород в приконтактовых зонах.

Порода, имеющая на контакте:

- тонкокристаллическую структуру,
- включения ксенолитов другой породы,
- слои течения, параллельные контактовой поверхности,

будет **более молодой** по сравнению с другой изверженной породой, находящейся с ней в контакте

Доскладчатые, соскладчатые и послескладчатые интрузивные тела

Интрузивные тела, залегающие среди складчатых пород, могут иметь различный возраст относительно складчатых деформаций.

Доскладчатые, соскладчатые и послескладчатые интрузивные тела

Часть из них внедряется до складчатости и затем деформируется вместе с вмещающими породами.

К этой группе относятся **силлы** и **лакколиты**.

Доскладчатые, соскладчатые и послескладчатые интрузивные тела

Другие тела формируются в процессе складчатости.

Соскладчатыми считаются ***батолиты***.

Доскладчатые, соскладчатые и послескладчатые интрузивные тела

Третьи - после завершения складчатости.

Однозначно послескладчатыми интрузиями являются **факолиты**, заполняющие отслоения в замках уже сформированных складок.

Доскладчатые, соскладчатые и послескладчатые интрузивные тела

Штоки также внедряются обычно по завершении складчатых деформаций.

Межформационные **гарполиты**, по-видимому, также формируются на завершающих стадиях развития складчатых областей.

Дайки могут занимать различное положение по отношению к складчатости.

Внутреннее строение интрузивных массивов

Изучение внутренней структуры интрузивов необходимо для понимания закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых в пределах интрузий и в окружающих их породах.

Распределение и ориентировка в породе отдельных минеральных зерен и их скоплений (**шлиров**), возникающих в еще не затвердевшей магме,

фрагментов вмещающих пород (**ксенолитов**),

а также трещин, образующихся в отвердевшем, остывающем массиве,

объединяются под общим названием **прототектоники** или первичной тектоники интрузива.

Прототектоника жидкой фазы

Закономерная ориентировка минералов в интрузивах обуславливает появление в них **первичных полосчатых и линейных текстур.**

Прототектоника жидкой фазы

Полосчатые текстуры течения

Первичные полосчатые текстуры – послойное чередование пород различного состава или полос, обогащенных какими-либо минералами.

Мощность полос – от нескольких миллиметров до десятков и сотен метров.

Прототектоника жидкой фазы

Полосчатые текстуры течения

Первичная полосчатость наиболее часто встречается и резко выражена в основных и щелочных породах.

Прототектоника жидкой фазы

Полосчатые текстуры течения

Полосы обычно сохраняют параллельность.

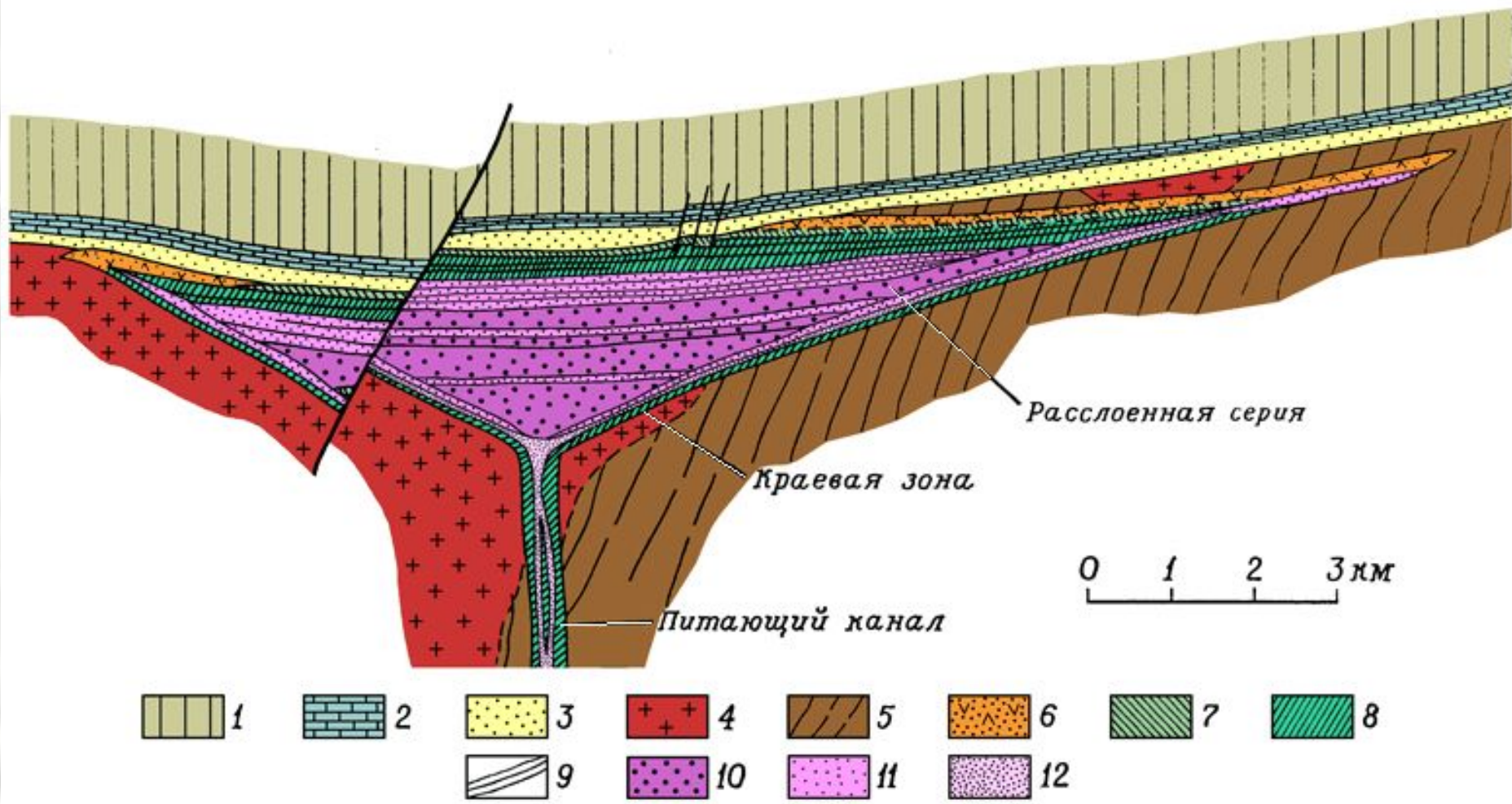
Первичная полосчатость может принимать горизонтальное, наклонное или вертикальное положение.

Прототектоника жидкой фазы

Полосчатые текстуры течения

Структура первично расслоенного массива наиболее четко видна на разрезах вкрест простирания полосчатости.

Составление разрезов первично полосчатых интрузивов — один из важнейших приемов их изучения.



1 – базальты, 2 – андезиты, 3 – ильменитовый гранит; 4 – граниты; части
 5 – метаморфические породы, в т.ч. траппы; 6 – Сабро; 7, 8 – Сабро;
 9 – пироксениты, 10 – дуниты, 11 – перидотиты, 12 – пикриты.

Прототектоника жидкой фазы

Полосчатые текстуры течения

Полосчатость в интрузиях может проявляться различно.

Встречаются интрузии, в которых первичная расслоенность хорошо выражена; однако чаще встречаются интрузии, в которых расслоены лишь краевые части, и, наконец, бывают интрузии, в которых полосчатость отсутствует.

Прототектоника жидкой фазы

Линейные текстуры течения

Параллельно-линейные текстуры течения образованы параллельным расположением игольчатых или удлинённо-призматических и удлинённо-таблитчатых кристаллов, шлиров и ксенолитов.

Прототектоника жидкой фазы

Линейные текстуры течения

Линейность, как и полосчатость, может занимать различное положение в пространстве: горизонтальное, вертикальное, наклонное.

Прототектоника жидкой фазы

Образование текстур течения

В период формирования интрузива одновременно существуют жидкая составляющая и взвешенные в ней выделившиеся твердые кристаллы.

При движении такой взвеси твердые части ее, согласно законам гидромеханики, приобретают ориентированное расположение в пространстве.

Прототектоника жидкой фазы

Ориентировка текстур течения

Первичная полосчатость располагается параллельно поверхности контакта.

Линейность располагается параллельно направлению течения.

Если и полосчатость, и линейность выражены одновременно, линейность располагается параллельно первичной полосчатости.

Прототектоника жидкой фазы

Структурные типы интрузивов

Среди относительно небольших батолитов встречаются четыре основных типа:

массивы, в которых слои течения образуют купола,

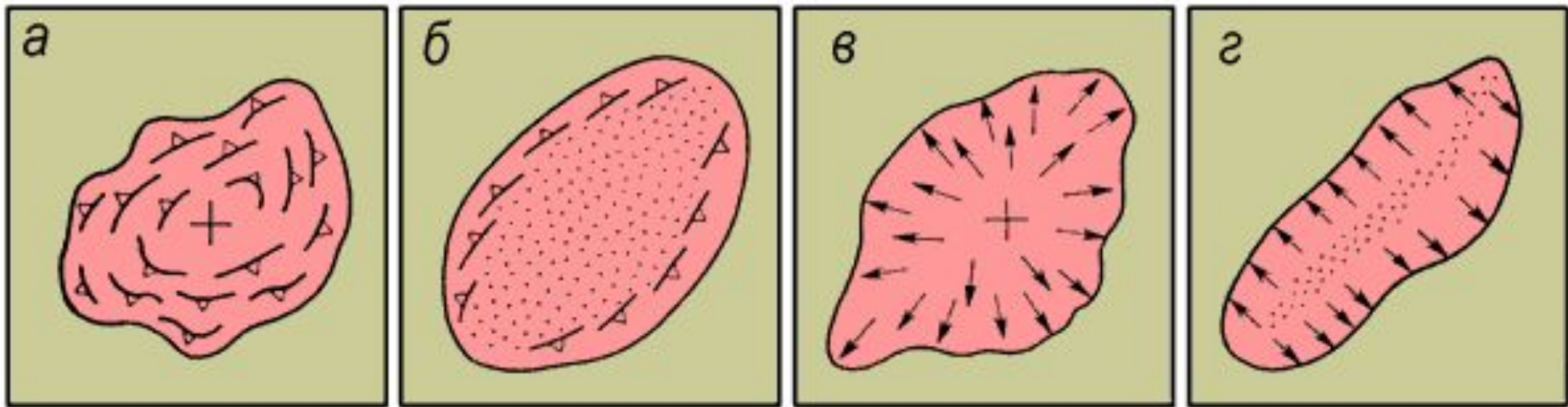
массивы со сводами из слоев течения,

массивы с куполами линий течения

и массивы со сводами линий течения.

Прототектоника жидкой фазы

Структурные типы интрузивов



Схемы структурных типов интрузивных массивов в плане, по Р. Блоку:

б — сводчатый (сводчатый тип), часть тела состоит из массивных пород);

Прототектоника твердой фазы

Это элементы внутреннего строения интрузива, которые **образуются в уже затвердевшей остывающей магме.**

Такими элементами являются, прежде всего, **первичные трещины.**

Прототектоника твердой фазы

Образование первичных трещин

Остывание сопровождается сокращением объема, прежде всего, краевых частей интрузива.

Это вызывает появление растягивающих напряжений.

Это растяжение компенсируется образованием трещин в интрузивном теле.

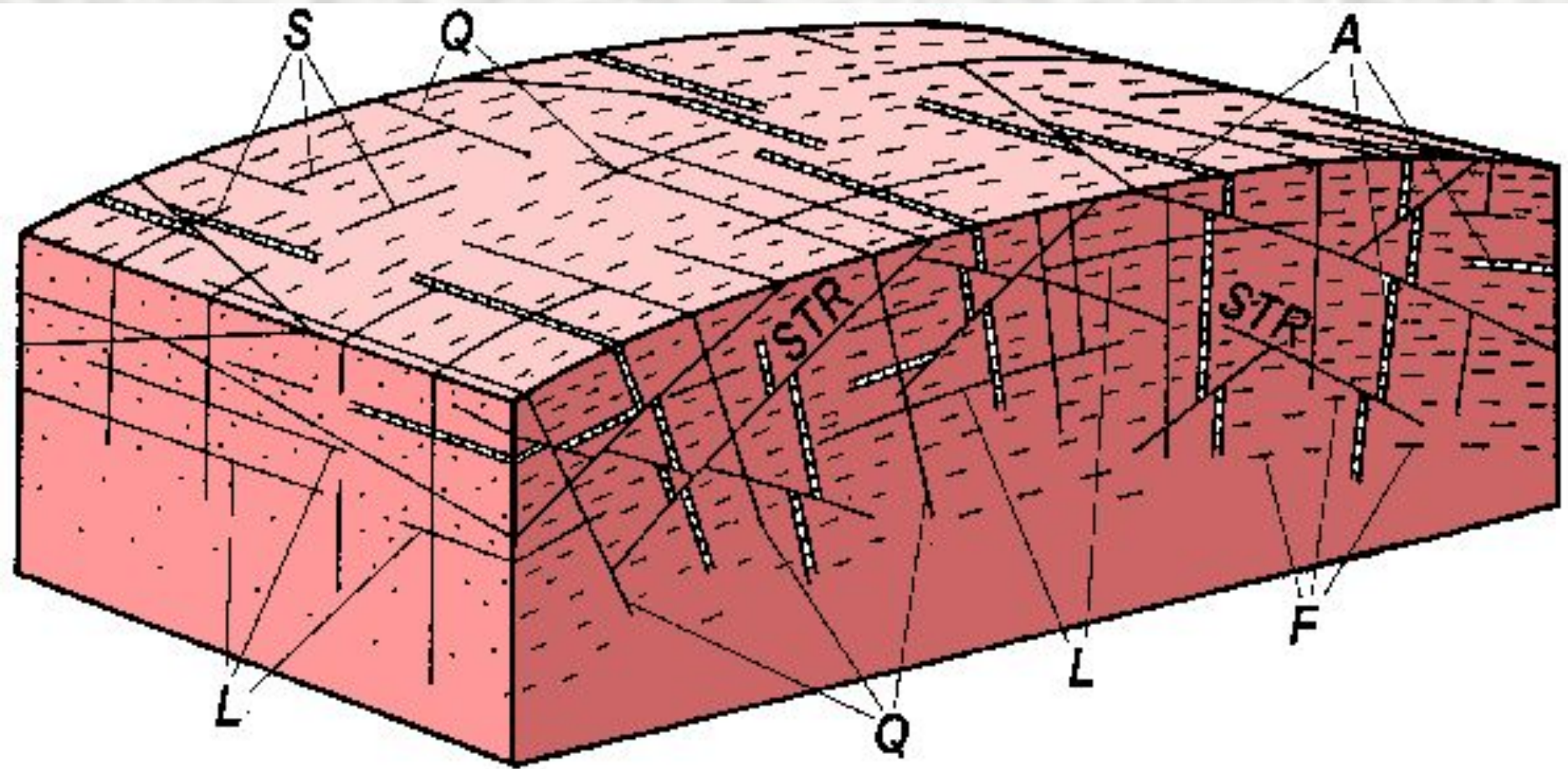
Прототектоника твердой фазы

Типы первичных трещин

Ориентировка и частота трещин зависят от внутренней неоднородности массива, вызванной структурами течения.

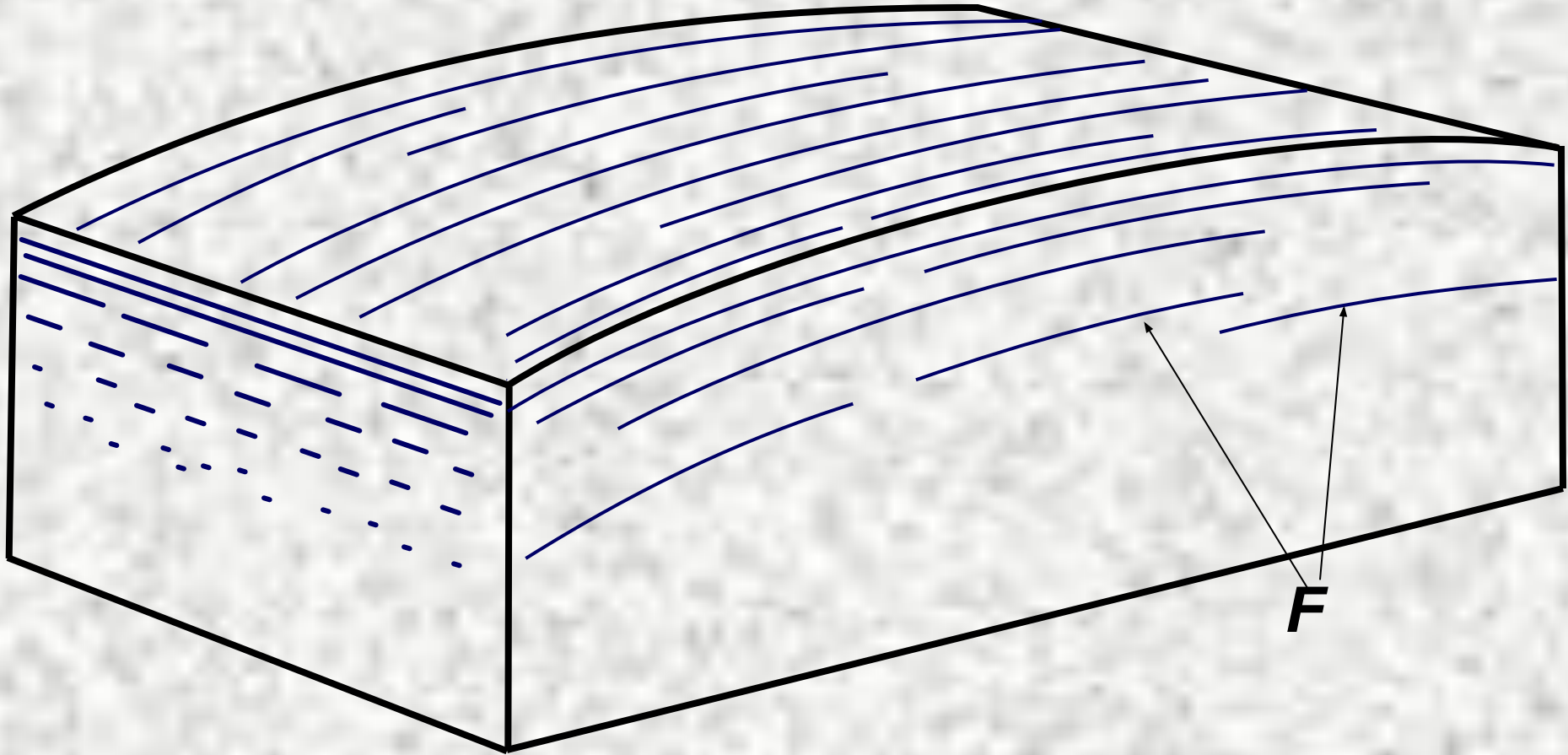
Вслед за Г. Клоосом, большинство геологов выделяют **поперечные**, **продольные**, **пластовые** и **диагональные** трещины.

Главные типы трещин в батолите, по Г. Клоосу



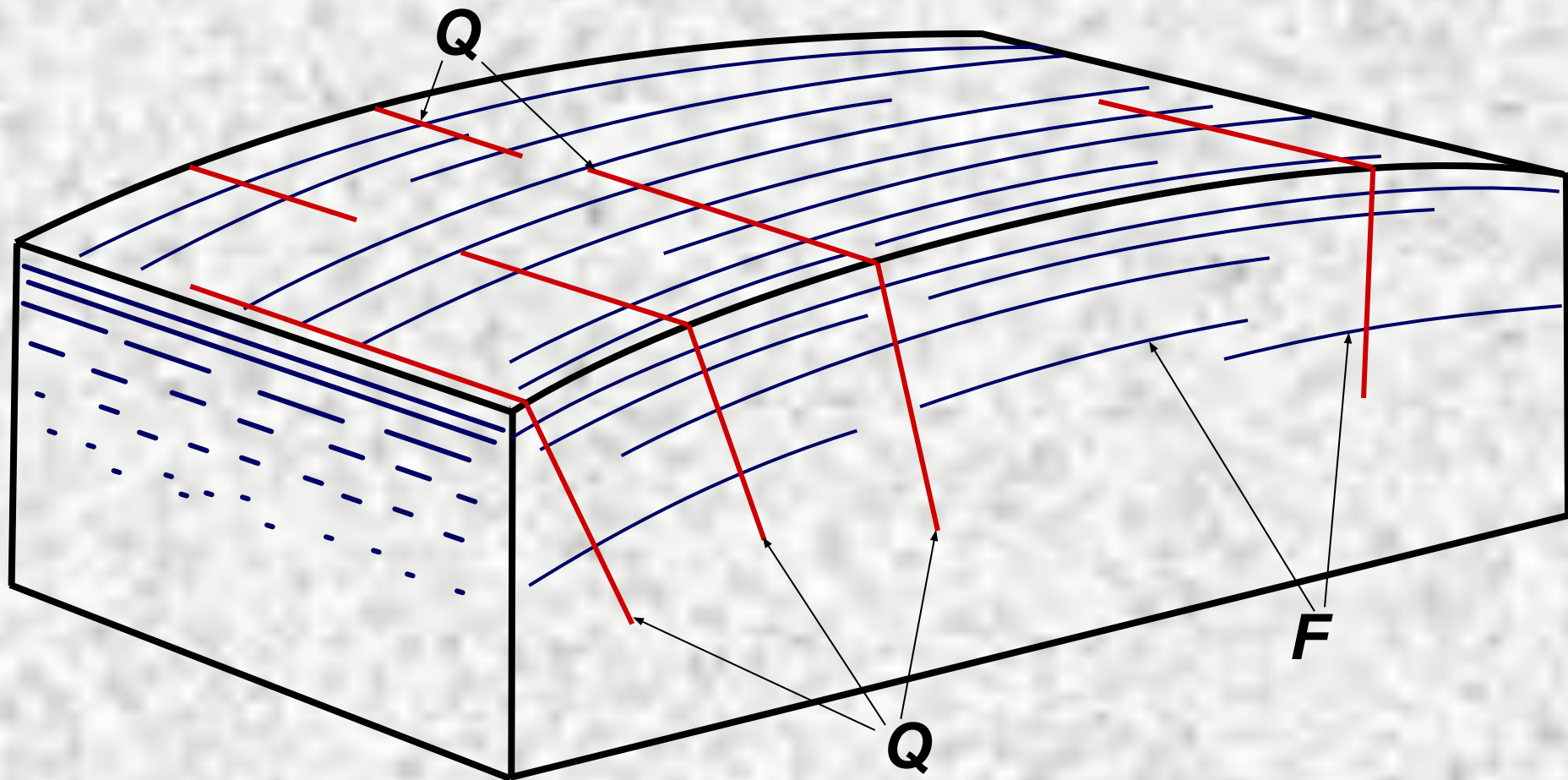
Q — поперечные; **S** — продольные; **L** — пластовые;
STR — диагональные; **F** — линейность течения;
A — дайки аплитов

Главные типы трещин в батолите, по Г. Клоосу



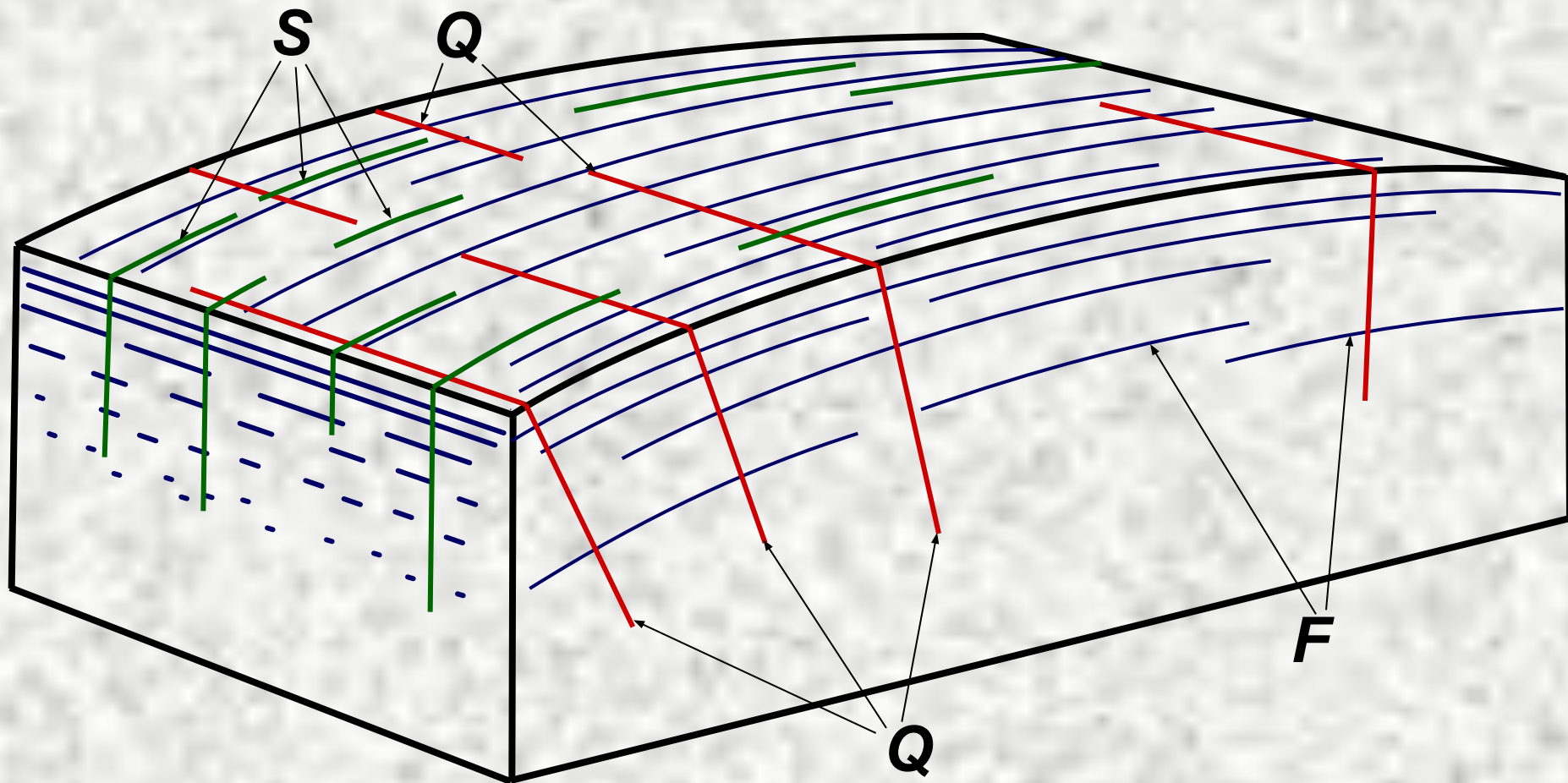
F — линейность течения;

Главные типы трещин в батолите, по Г. Клоосу



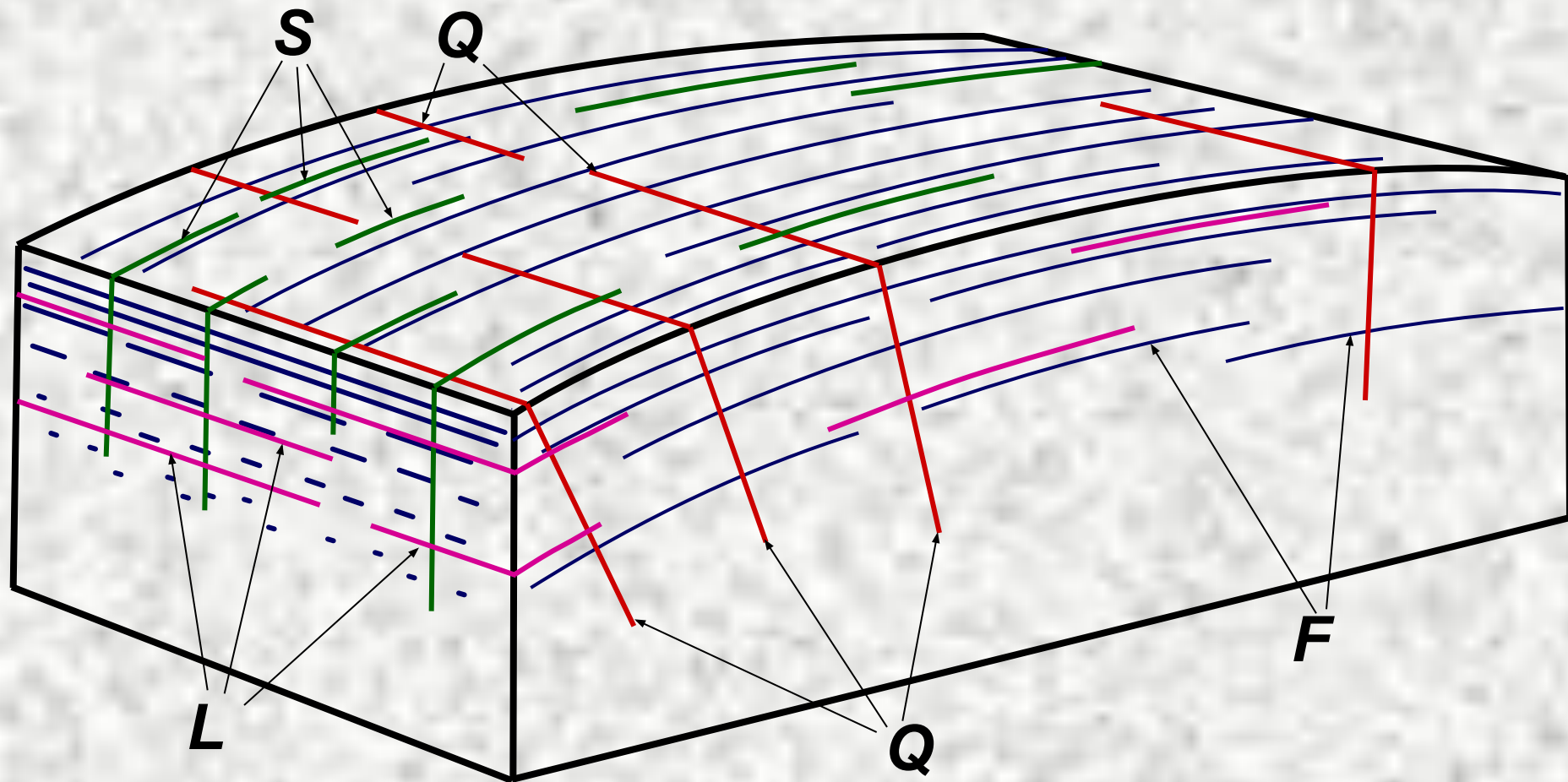
F — линейность течения; **Q** — поперечные трещины;

Главные типы трещин в батолите, по Г. Клоосу



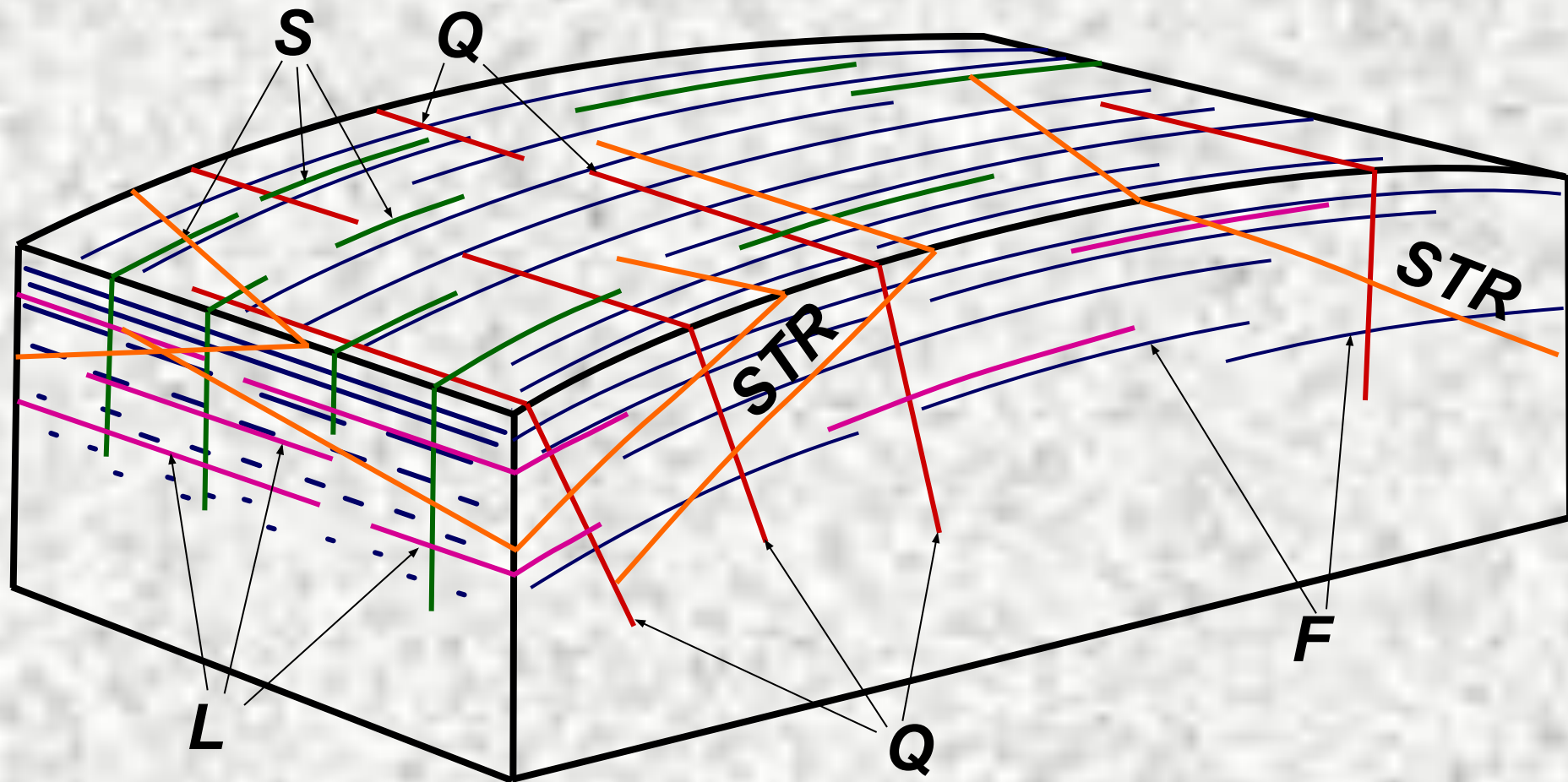
F — линейность течения; **Q** — поперечные трещины;
S — продольные трещины;

Главные типы трещин в батолите, по Г. Клоосу



F — линейность течения; **Q** — поперечные трещины;
S — продольные трещины; **L** — пластовые трещины;

Главные типы трещин в батолите, по Г. Клоосу



F — линейность течения; **Q** — поперечные трещины;
S — продольные трещины; **L** — пластовые трещины;
STR — диагональные трещины;

Поперечные трещины (трещины Q, по Г. Клоосу) развиваются нормально к ориентировке структур течения.

Они относительно прямые, с грубыми шероховатыми поверхностями.

В краевых частях массивов поперечные трещины выражены хорошо, а в центральных частях они нередко совершенно исчезают.

Поперечные трещины всегда открытые, часто заполнены дайками или жилами.

По-видимому, они образуются на ранней стадии остывания интрузивных пород как трещины отрыва

Продольные трещины (трещины S, по Г. Клоосу) – расположены по простиранию линейных структур течения.

Они ровнее, менее ясно выражены, чем поперечные трещины, и короче их.

Продольные трещины обычно раздвинуты меньше, чем поперечные, но также часто бывают минерализованы.

Продольные трещины обычно раздвинуты меньше, чем поперечные, но также часто бывают минерализованы.

Продольные трещины в основном вертикальные или круто наклонные.

Пластовые трещины (L, по Г. Клоосу) образуются в верхних и боковых частях интрузий.

Они обычно совпадают с первичной полосчатостью и перпендикулярны к трещинам Q и S.

Пластовые трещины полого залегают в верхних частях массивов, где первичная полосчатость также пологая, и становится более крутыми близ крутых контактов.

В общем, пластовые трещины более или менее параллельны внешним контактам массива.

Пластовые трещины создают в массивах отдельность, вдоль которой породы легко отслаиваются.

С пластовыми трещинами также часто бывают связаны дайки и жилы.

Диагональные трещины располагаются косо к направлению структур течения.

Они образуются далеко не всегда.

Обычно эти трещины крутые и могут быть истолкованы как трещины скалывания.

Диагональные трещины располагаются по двум направлениям, пересекающимся под углом, близким к прямому.

Диагональные трещины выполняются дайками аплитов, лампрофиров, гранит-порфиров и других пород, а также гидротермальными жилами.

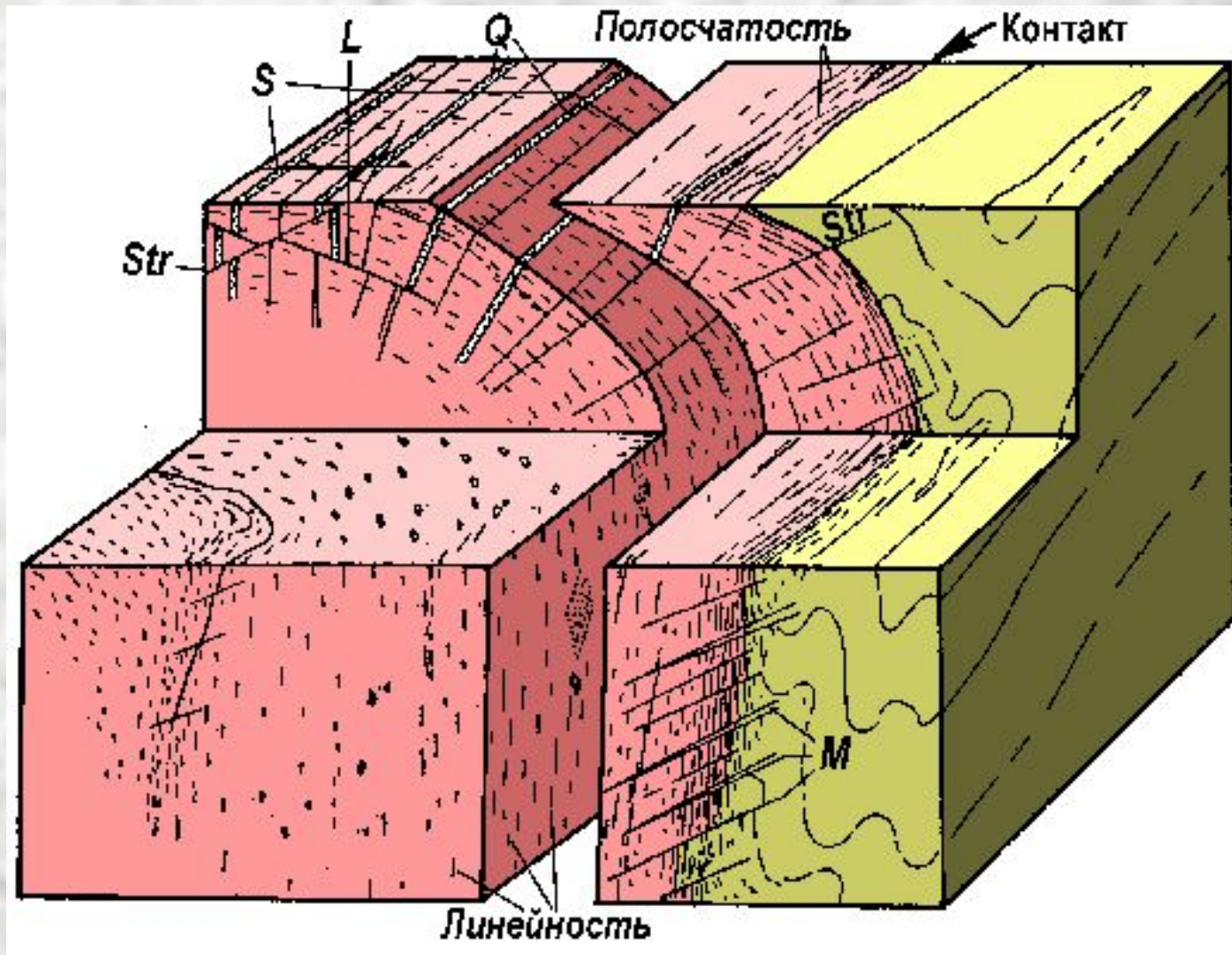
Помимо перечисленных типов трещин, в краевых частях некоторых интрузивных массивов развивается группа **краевых трещин**.

Эти трещины располагаются под некоторым углом к первичной полосчатости, падают в глубь массива под углом 20—45°.

Они часто заполняются жилами аплитов, пегматитов или кварца.

По мнению Г. Клооса, они возникают как трещины растяжения и отражают стремление магмы продвинуться вверх, преодолевая сопротивление вмещающих пород.

Блок-диаграмма части батолита



Стр - направление векторов деформации, обусловленное движением литосферной плиты;

Структурное изучение интрузивных массивов

Для уточнения положения контактов интрузивного тела на глубине, его объемной формы и внутреннего строения проводится структурное изучение интрузии.

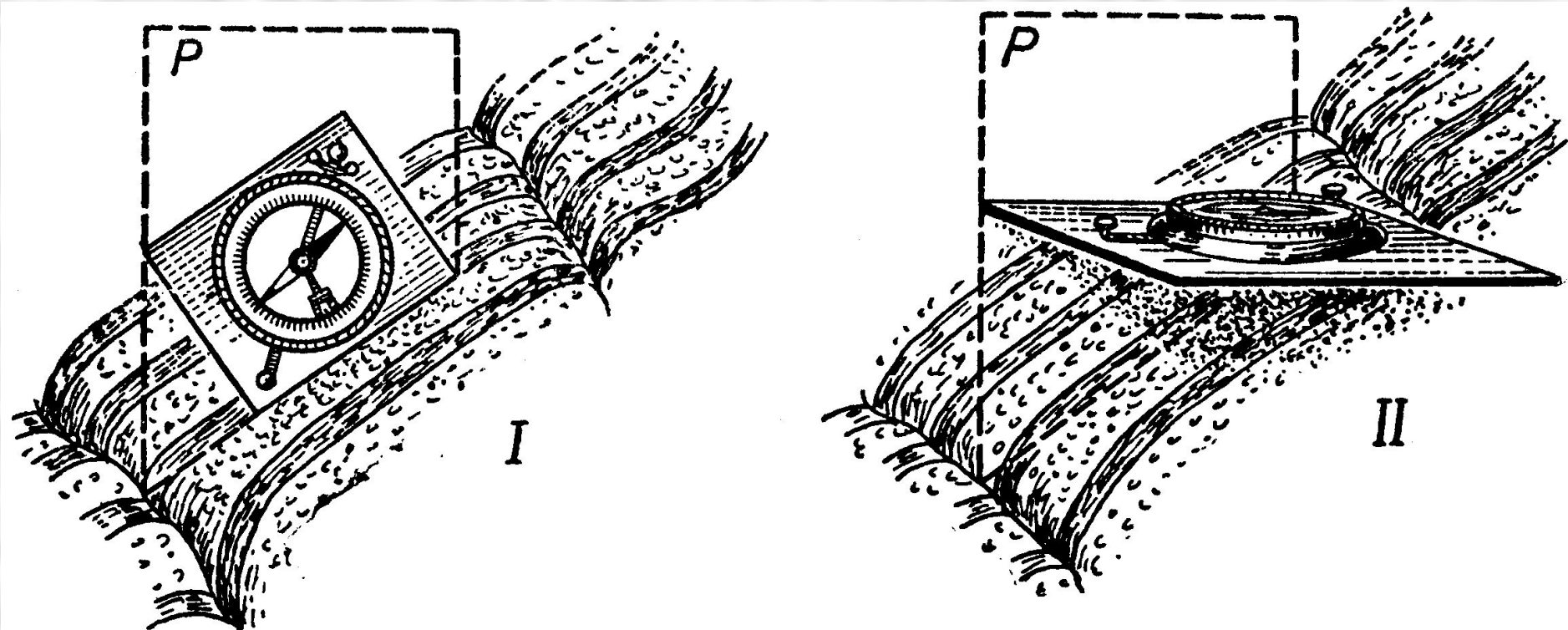
Такое изучение заключается в массовых замерах ориентировки элементов прототектоники жидкой и твердой фаз.

Структурное изучение интрузивных массивов

Оно проводится в пределах всего интрузивного тела, если оно относительно невелико, или на ряде отдельных специально подобранных участков.

Ориентировка линейных и плоскостных структурных элементов в интрузивных телах измеряется горным компасом.

Структурное изучение интрузивных массивов



Определение элементов залегания линий течения
(по В.А. Апродову)

Структурное изучение интрузивных массивов

Результаты обрабатываются и отображаются обычно на круговых диаграммах, построенных с использованием сетки Вальтера-Шмидта.

Изображение тел интрузивных горных пород на геологических картах

Интрузивные образования расчленяют по составу и возрасту на ***интрузивные комплексы***.

Для отображения состава интрузивных образований используются цвет, крап и индексы.








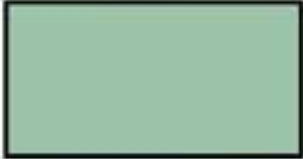

Изображение тел интрузивных горных пород на геологических картах

Возраст отображается индексом и оттенками основной раскраски.

Если на карте имеются интрузивные образования одного состава, но разного возраста, то более молодые породы показываются более насыщенным оттенком.

Изображение тел интрузивных горных пород на геологических картах

Обозначение состава интрузивных образований

		Нормального ряда	Субщелочного ряда	Щелочного ряда
Г р у п п ы п о р о д	кислые			
	средние			
	основные			
	ультраосновные	