

Структурная геология и геологическое картирование

Лекция № 15

«Строение вулканических комплексов»

Лекция 1

Определения

- Магматические комплексы возникают за счет глубинного вещества, находившегося в расплавленном состоянии, затем перемещенного или застывшего на месте плавления и представленного совокупностью геологических тел различной формы [*Петрографический кодекс, 1995*].
- **Магматический комплекс** – совокупность геологических тел в определенном геологическом пространстве (структурно-формационной зоне), образованных ассоциацией магматитов одного класса глубинности и обладающих сходным, в общем случае – полифациально-полифазным строением и однотипными соотношениями с вмещающей средой [*Петрографический кодекс, 2008*].
- **Магматический комплекс** как общий собирательный термин включает понятия "**вулканический комплекс**", "**плутонический комплекс**" и "**гипабиссальный комплекс малых интрузий**".



Питер Пауль Рубенс.
Кузница Вулкана

Вулкан (лат.), он же **Гефест** (греч.) – **Бог Огня**, сын Зевса и Геры. Кузнец, ремесленник, покровитель домов и пр. Был ли геологом – неизвестно.



Диего Веласкес.
В кузнице Вулкана

▶ **Плутонический комплекс** – совокупность всех образований, сформировавшихся на одном этапе плутонической деятельности, включая тела магматических пород и метасоматические породы.

▶ **Вулканический комплекс** – совокупность всех образований, сформировавшихся на одном этапе вулканической деятельности, включая породы излившиеся и застывшие на глубине, а также метасоматические породы.

NB! Часто в литературе **плутонические** комплексы называют **интрузивными**, противопоставляя их **вулканическим**. Это не совсем правильно, поскольку в этом случае магматические комплексы пытаются классифицировать и выделять по разным признакам:

- 1) **вулканические** – по характеру магматической деятельности,
- 2) **интрузивные** – по взаимоотношениям с вмещающими породами.

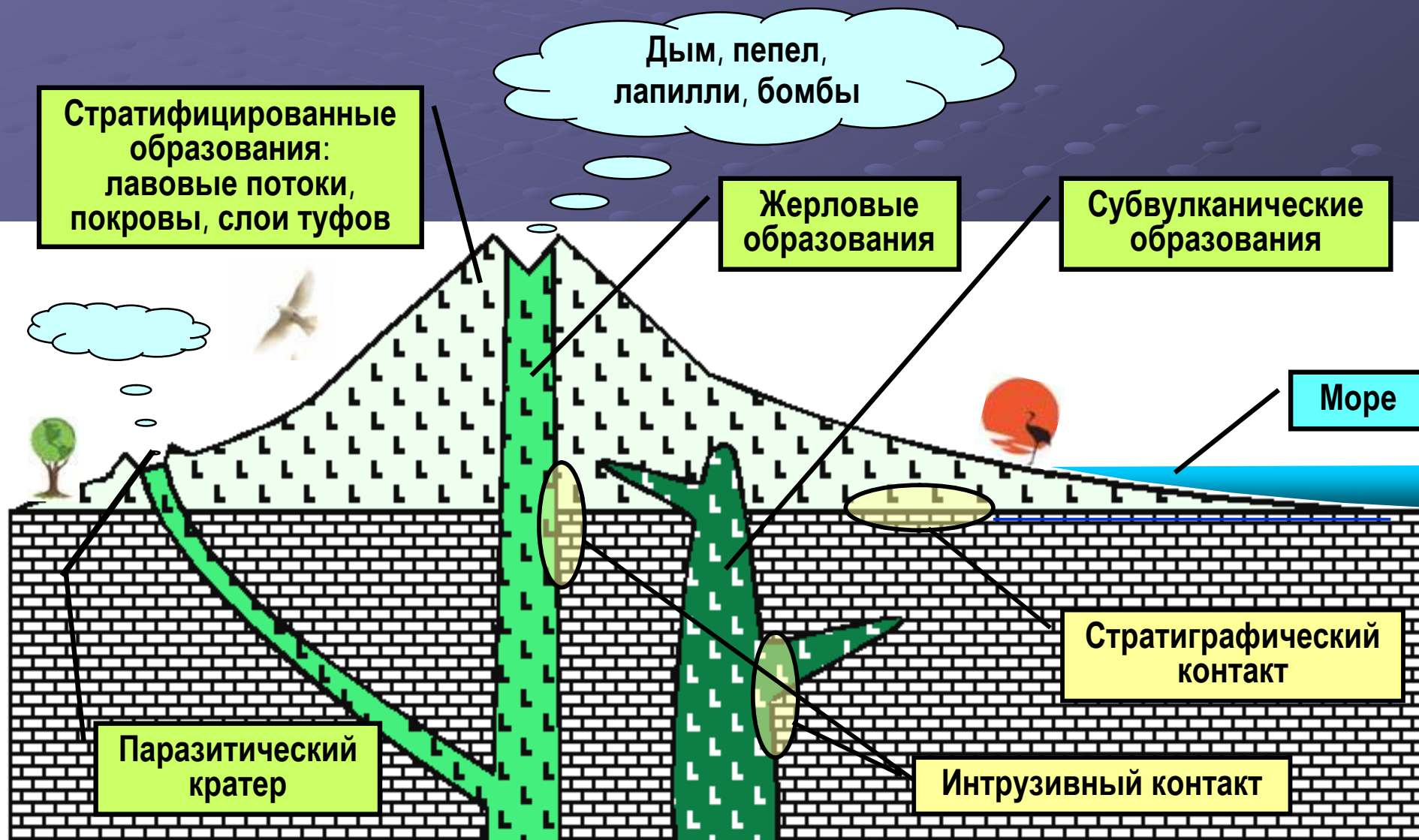
Кроме того, интрузивные образования, как мы увидим далее, присутствуют и вулканических комплексах.

- **Вулканический комплекс 1** – конкретная ассоциация (парагенез) вулканических (эффузивных, вулканокластических, гипабиссальных) горных пород, слагающих геологические тела и их совокупности, располагающиеся в определенном геологическом пространстве, обычно в пределах структурно-формационной зоны
- **Вулканический комплекс 2** – закономерная ассоциация вулканогенных образований, которая обладает общими чертами состава, морфологии, строения и соотношения с вмещающей средой, указывающими на их образование в течение единого этапа эволюции вулканической деятельности в ограниченный отрезок времени
- **Вулканическая фаза** – часть вулканического комплекса, отвечающая определенному этапу его формирования, образованная вулканическими породами устойчивого состава и отделенная от других, **последовательно образующихся** фаз комплекса четкими границами
- **Вулканическая фация** – часть вулканической фазы или комплекса в целом, характеризующаяся однородностью структурно-вещественных признаков и отличающаяся по этим признакам от других, **синхронно образующихся** фаций

[Все определения – *Петрографический кодекс, 1995*]

Строение вулканических комплексов

В структурном отношении вулканические комплексы являются наиболее сложно устроенными, поскольку включают в себя и стратифицированные, и нестратифицированные образования, в том числе – метасоматические



Стратифицированные образования

Типы стратифицированных образований

Стратифицированно (т.е. подчиняясь *Закону Стено*) залегают :

р лавовые **покровы** (пластообразные тела излившихся пород),

р лавовые **потоки** (лентообразные тела излившихся пород),

р **слои туфов** (состоят из пепла, обломков пород и кристаллов, выброшенных при извержении и претерпевших перенос по воздуху),

р **слои тефроидов** (состоят из туфового материала, слегка перемытого на месте отложения),

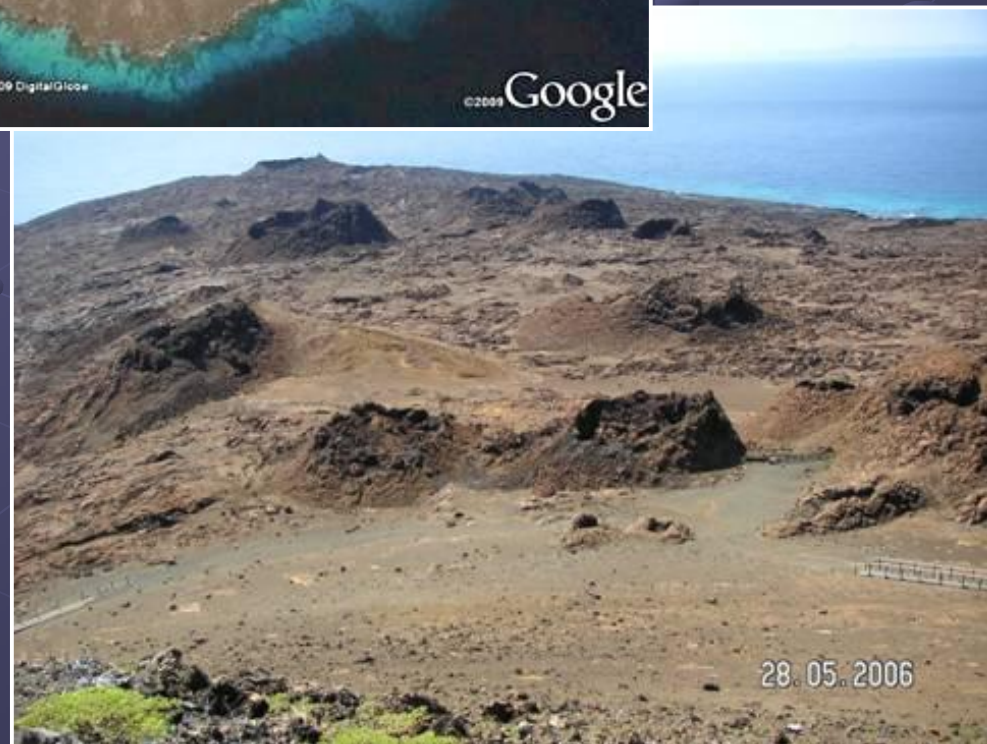
р **слои осадочно-вулканогенных пород** (состоят из туфового и осадочного, обычно, терригенного материала).

Главная особенность стратифицированных вулканогенных образований – **быстрое изменение фаций и мощностей.**

NB! Лавовые покровы и потоки формируются непосредственным излиянием лав на поверхность Земли, поэтому лучше не употреблять фраз вроде: **"Отложения представлены базальтами"**

Первично горизонтальное залегание стратифицированных вулканических образований

Лавовые поля
о-ва Барталолмео,
Галапагосы.



Первично горизонтальное залегание стратифицированных вулканических образований

Горизонтально лежащие пласты базальтовых туфов вулкана Санторин
Фото А.Г. Кошелева



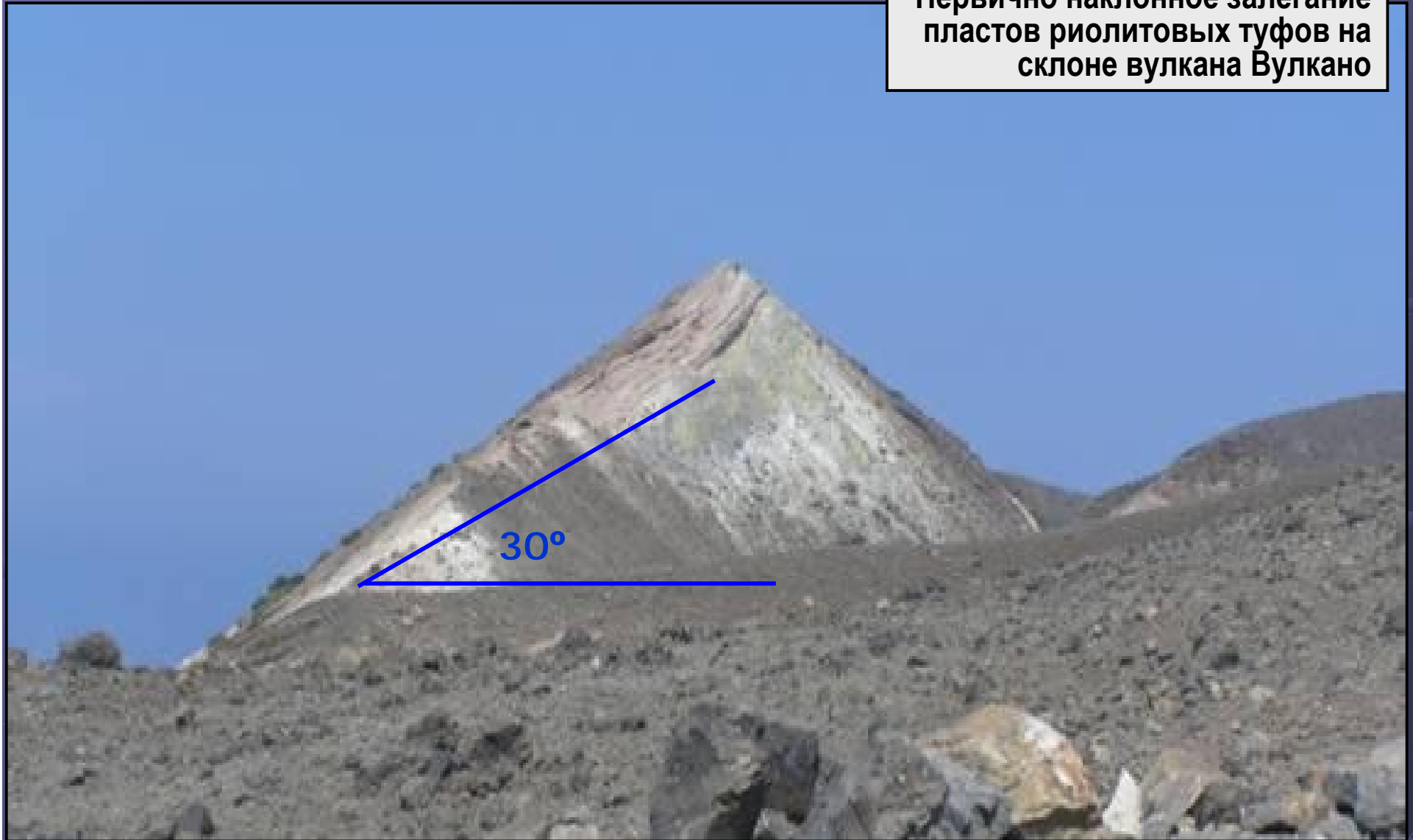
Пласты туфов

Грубослоистый туф
риолитового состава.
Вулкан Вулкано



Первично наклонное залегание вулканических стратифицированных образований

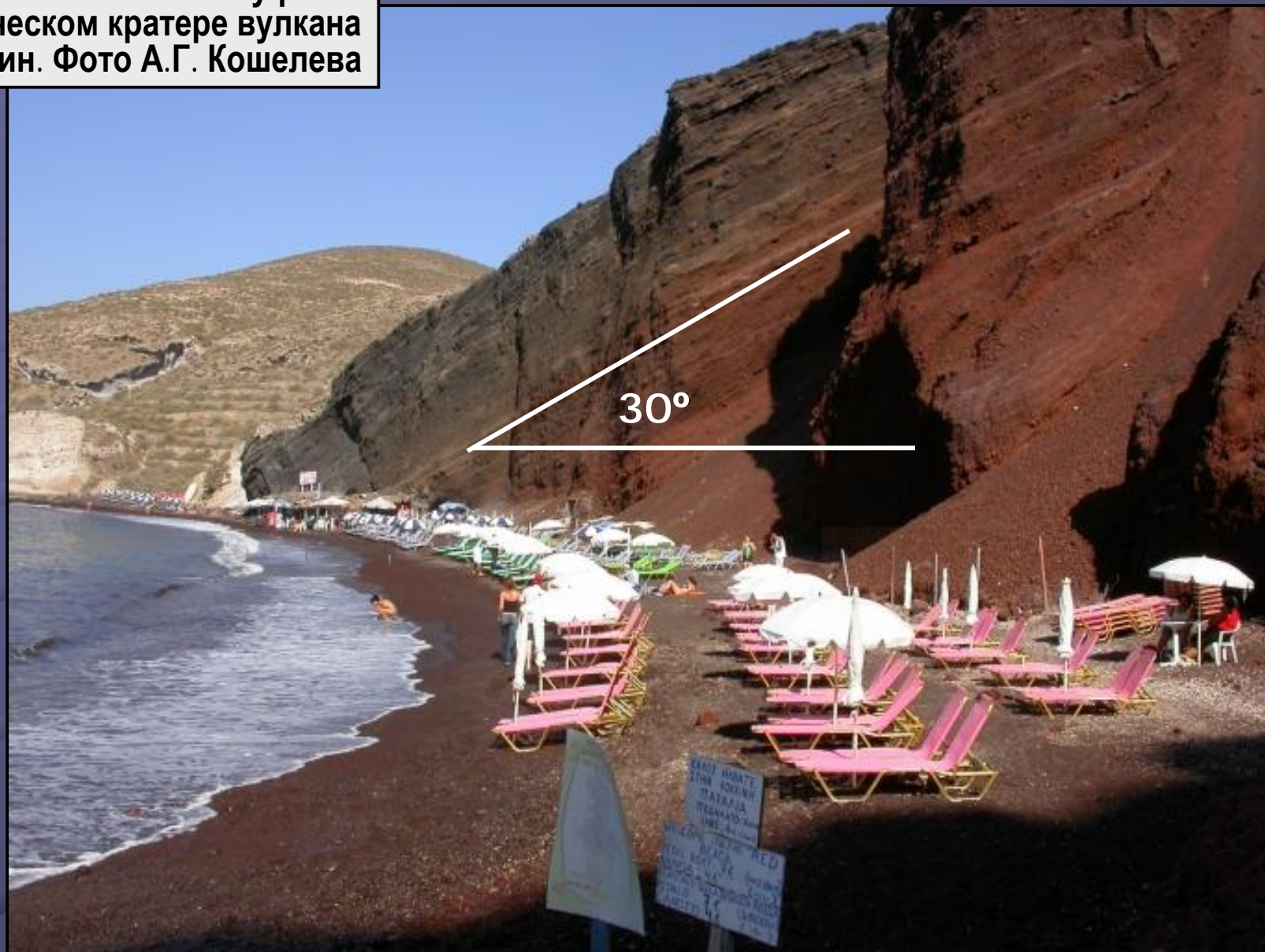
Первично наклонное залегание пластов риолитовых туфов на склоне вулкана Вулкано



Вулкан Вулкано. Пласты риолитовых туфов имеют первично наклонное залегание на склонах и лежат горизонтально внутри кратера



Первично наклонное залегание
пластов базальтовых туфов в
паразитическом кратере вулкана
Санторин. Фото А.Г. Кошелева



NB! Паразитические кратеры возникают на склонах вулканов, в разрезе их можно спутать с несогласно залегающими толщами! Поэтому иногда выделяют особый тип несогласия "**вулканическое**", подразумевая, что несогласие это чисто формальное, без существенного перерыва



Паразитический кратер
вулкана Вулкано –
вулкан Вулканелло

Лавовые потоки

Потоки базальтовых лавовых
брекчий паразитического кратера.
Вулкан Этна

Паразитический
кратер 1

Правый поток

Левый поток.

Центральный поток

Паразитический
кратер 2



**Потоки базальтовых лавовых
брекчий паразитического кратера.
Вулкан Этна**



**Паразитический
кратер 1**

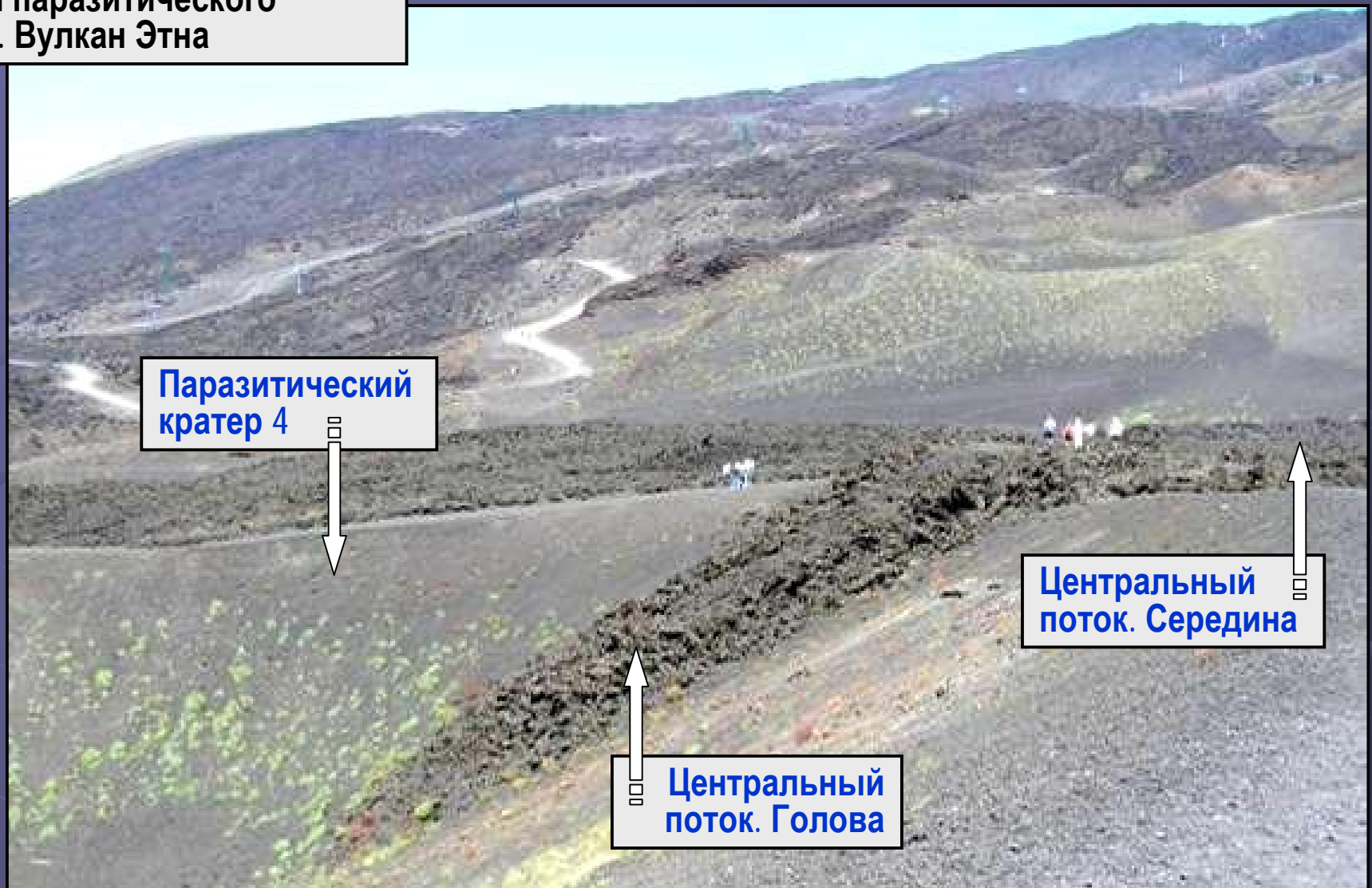
**Паразитический
кратер 3**

**Центральный
поток. Начало**

**Паразитический
кратер 2**

**Центральный
поток. Середина**

Потоки базальтовых лавовых
брекчий паразитического
кратера. Вулкан Этна



NB!

1. Поток протягивается от жерловины до головы, т.е. имеет **начало** и **конец**
2. Из наклонного он может становиться горизонтальным, затем снова наклонным.
В разрезе его легко принять за складку или за флексуру

Фациальная изменчивость

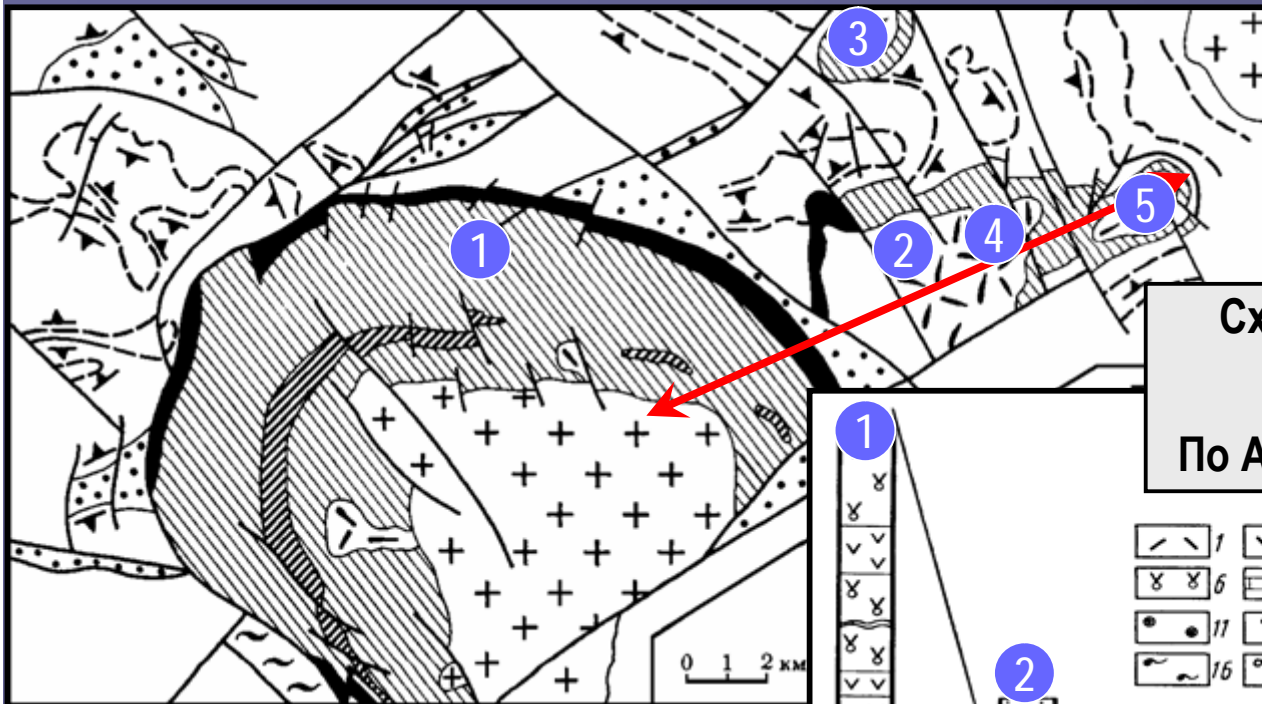
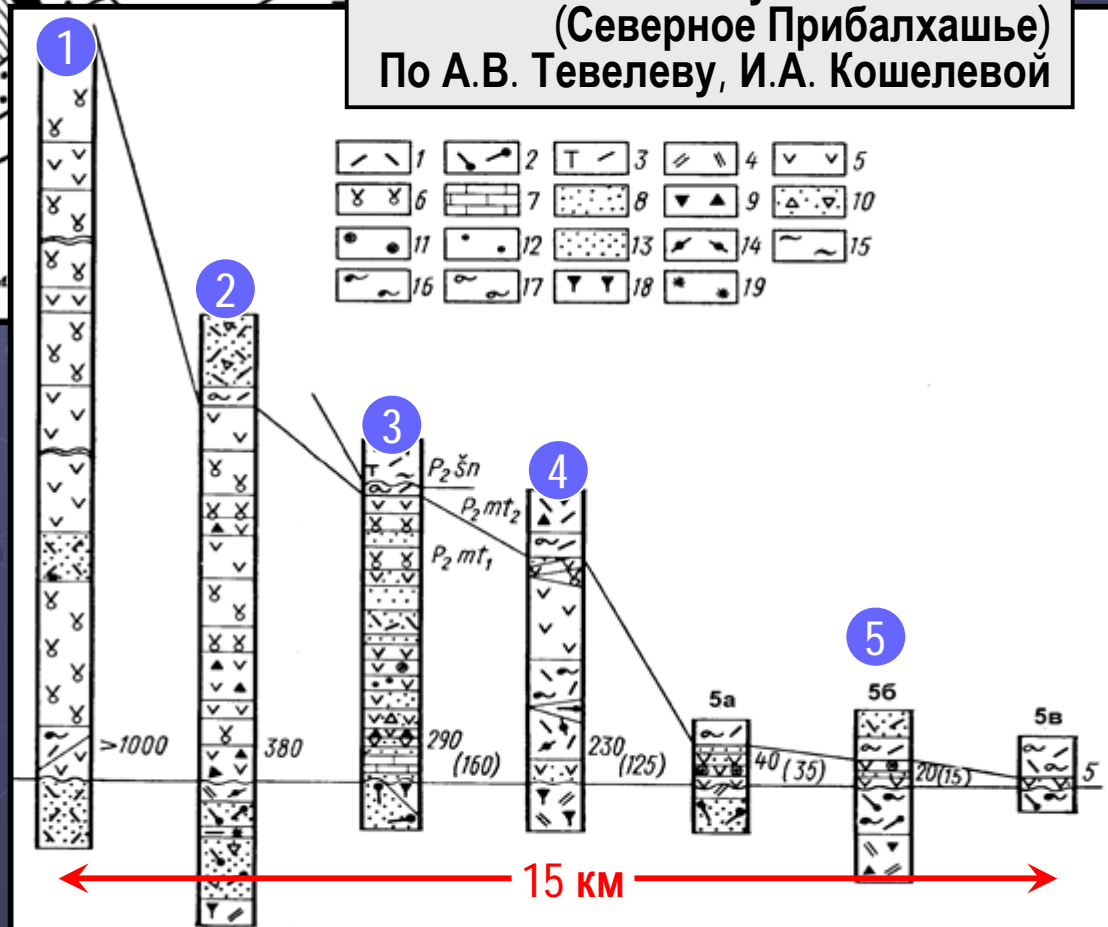
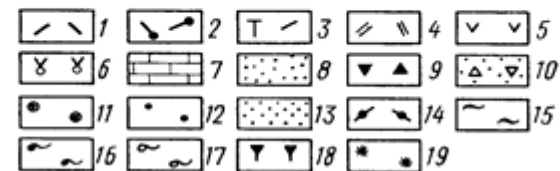


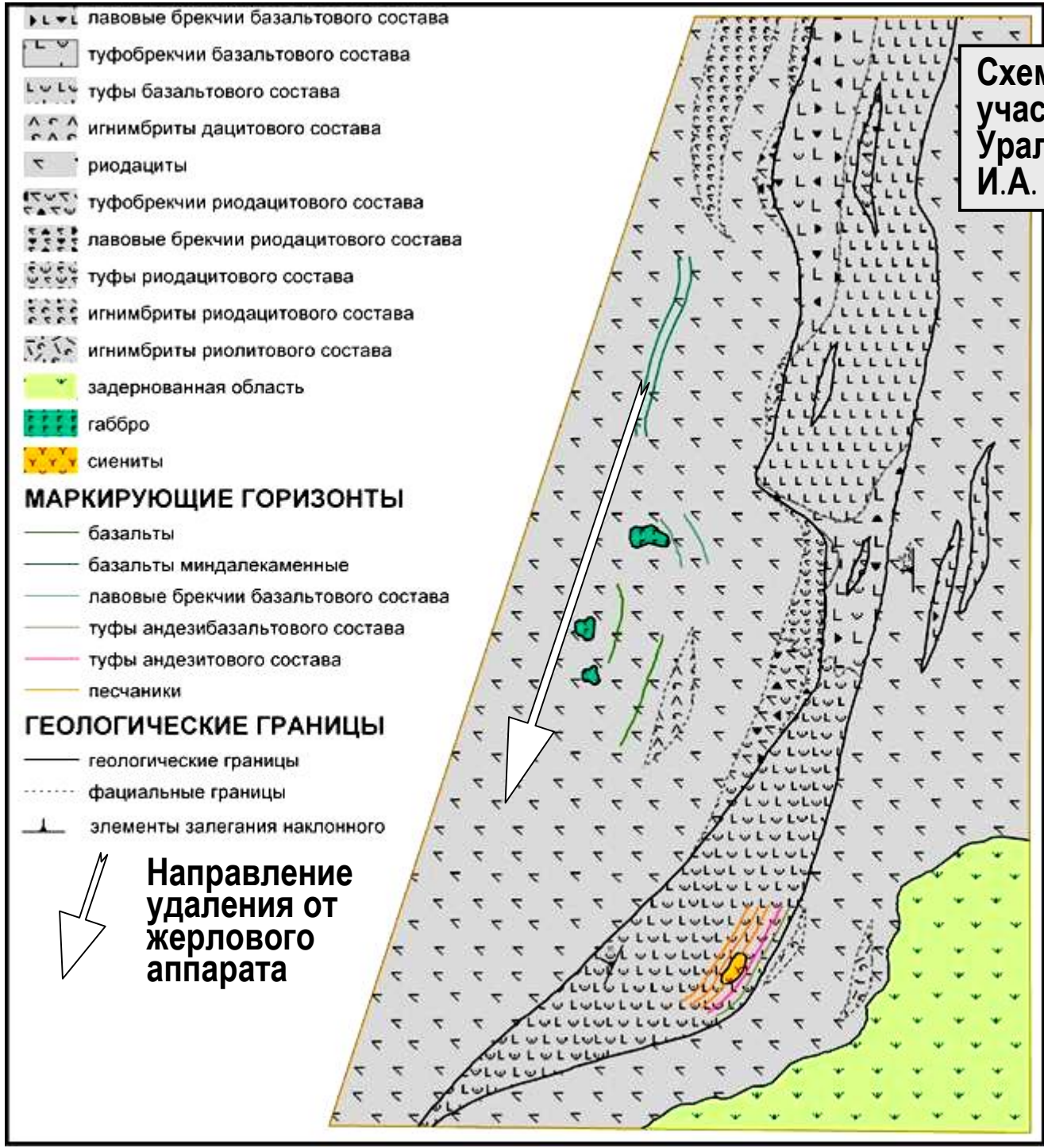
Схема геологического строения участка Майтас (Северное Прибалхашье) По А.В. Тевелеву, И.А. Кошелевой



ВВ!

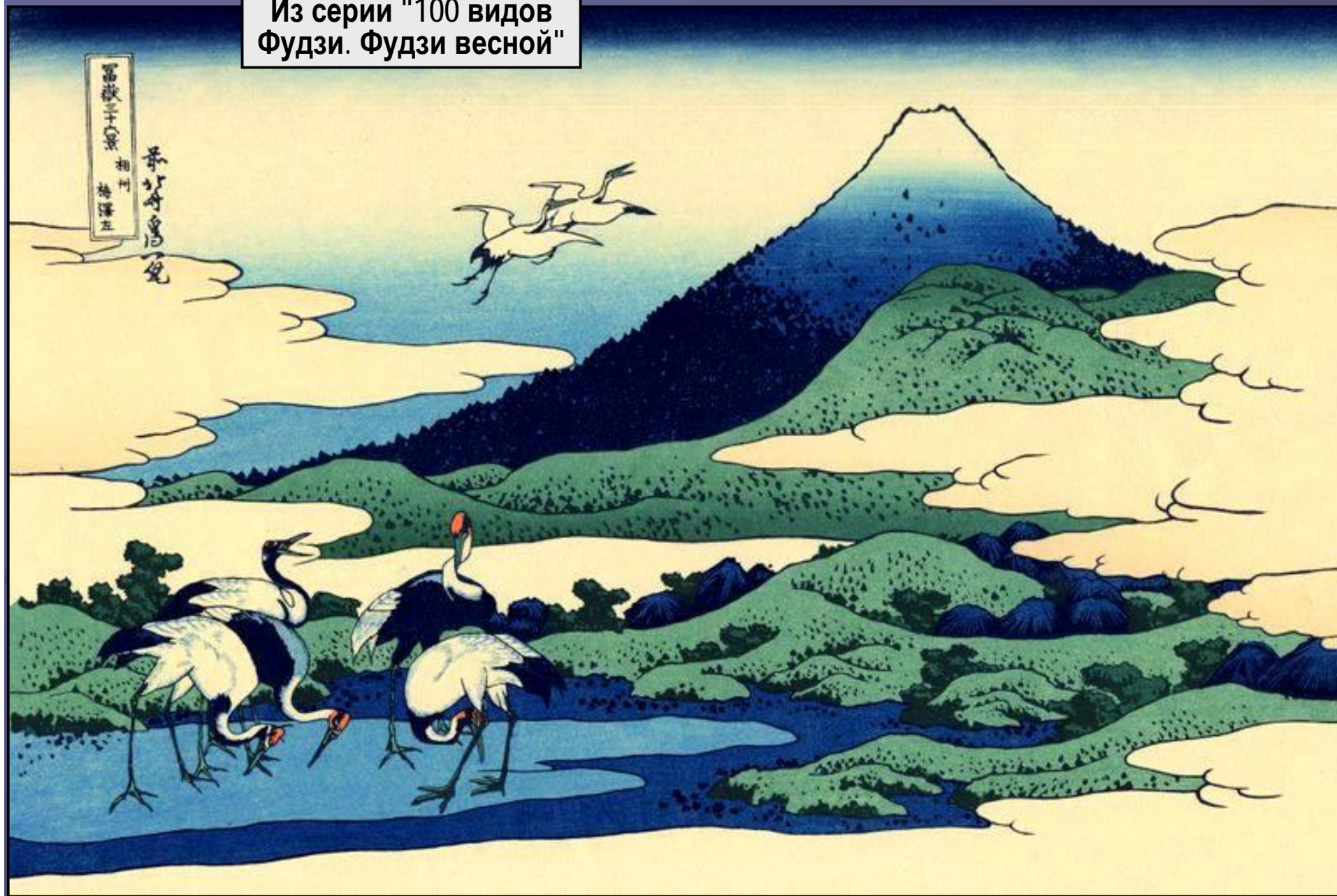
Мощность толщ андезибазальтов изменяется на расстоянии 15 км от ~1000 м до 5 м, а состав – от мощных лавовых покровов до пачки литокластических туфов

Схема геологического строения участка Западная Чека (Южный Урал). По Н.В. Правиковой, И.А. Кошелевой и А.В. Рудаковой



ВВ!
 Мощность базальтовой толщи изменяется на расстоянии 10 км от 700 до 70 м, а состав от лавовых покровов через лавовые брекчии до витрокластических туфов

К. Хокусай.
Из серии "100 видов
Фудзи. Фудзи весной"



К. Хокусай.
Из серии "100 видов
Фудзи. Фудзи на закате"



Определение кровли – подошвы

Признаки подошвы–кровли в лавовых потоках:

- ÿ захороненные объекты с первичной ориентировкой в пространстве;
- ÿ лавовые брекчии;
- ÿ ксенолиты подстилающих пород;
- ÿ форма миндалин;
- ÿ заполнение миндалин;
- ÿ столбчатая отдельность;
- ÿ форма подушек в подушечных лавах;
- ÿ лавовые выжимания...

Р. Шрок [*Последовательность в свитах слоистых пород, 1950*] приводит 25 признаков определения кровли и подошвы вулканических образований. Для пирокластических пород они близки к признакам определения подошвы – кровли в терригенных породах.

1. Захороненные объекты с первичной ориентировкой в пространстве

Это могут быть деревья, древние почвы, древний рельеф, подстилающие осадочные толщи с признаками первичных ориентировок и пр.

Залитые лавой
деревья. Вулкан Этна





**Дом, затопленный
лавовым потоком.
Вулкан Этна**



**Церковь,
остановившая
лавовый поток.
Вулкан Этна**

Карл Брюлов.
Последний день Помпеи



2. Лавовые брекчии

Поток жидкой лавы застывает неравномерно. В первую очередь застывают участки, соприкасающиеся с воздухом, водой, уже остывшими подстилающими породами. Движение еще жидкой лавы приводит к взламыванию застывающей корки, обломки которой цементируются той же лавой. При застывании этой смеси и образуются лавовые брекчии. Поскольку этот процесс может повторяться неоднократно, часто среди обломков встречаются более ранние брекчии.

Отличительные черты лавовых брекчий – **одинаковый состав** обломков и цемента, **отсутствие сортировки**, **инъекции** лавы в трещины обломков.

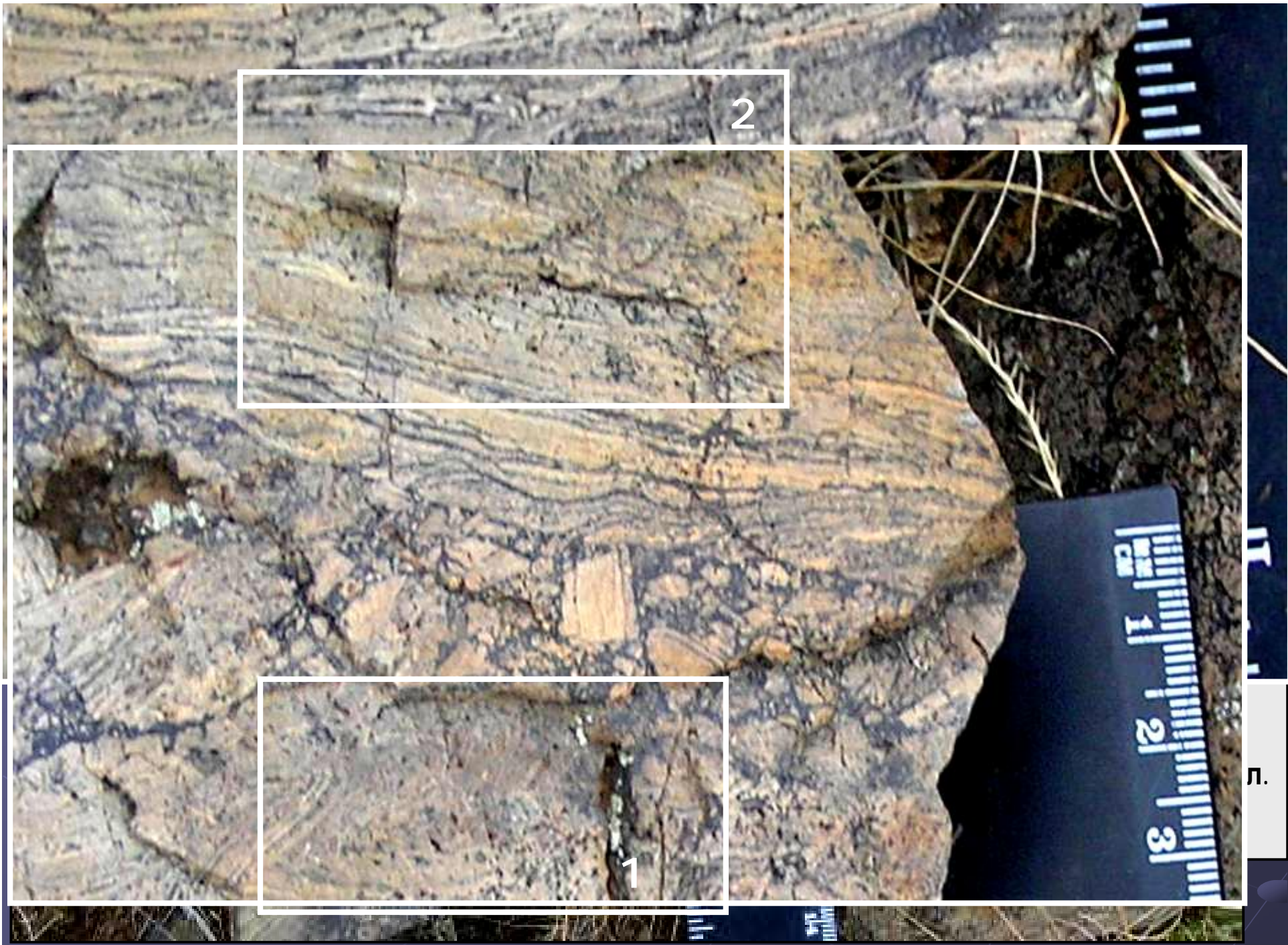
Брекчии в кровле и в подошве лавового потока близки по облику и составу. Вместе с тем, в подошве потока брекчии обычно имеют меньшую мощность и могут содержать ксенолиты подстилающих пород. В лавовых брекчиях кровли потока может попадаться туфовый материал (пепел, кристаллокласты и пр.)



**Лавовые брекчи кровли
потока базальтов раннего
карбона. Южный Урал.
Фото И.А. Кошелевой**



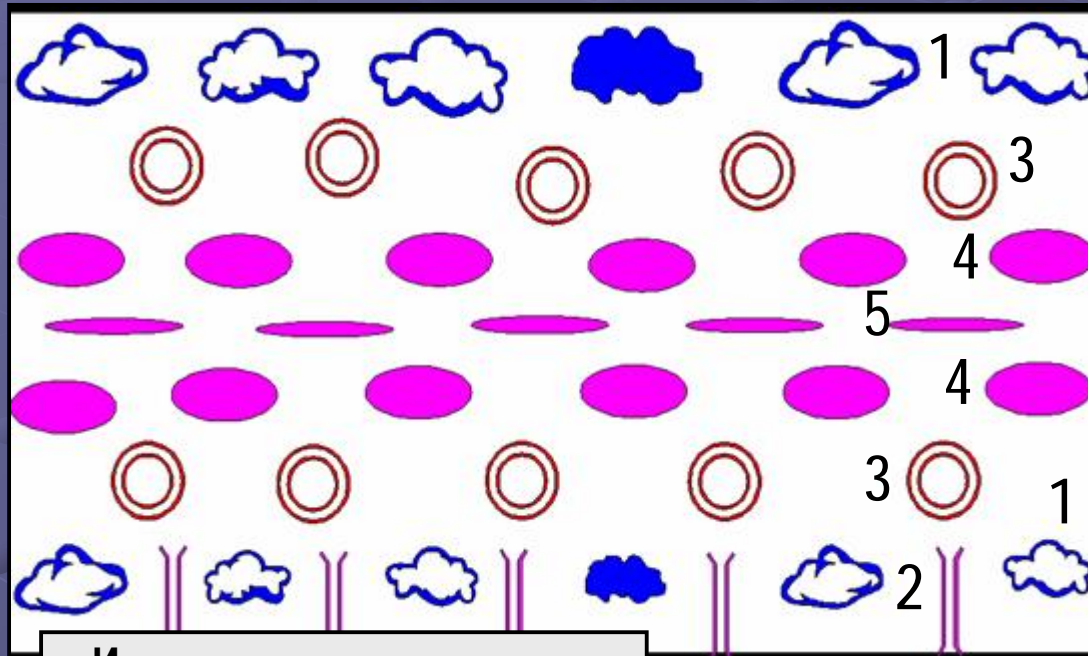
**Лавовые брекчи кровли
потока андезитов раннего
карбона. Южный Урал.
Фото И.А. Кошелевой**



л.

3. Миндалины

Миндалины (от ореха – *миндаля*) образуются внутри застывающего лавового потока в газовых пузырях, которые поднимаются от подошвы к кровле. Форма пузырей зависит скорости застывания и вязкости лавы, а также от положения пузыря в потоке, поэтому по форме миндалин часто можно определить элементы залегания потоков, а также положение подошвы и кровли



Идеализированная схема строения миндалекаменного потока

- 1 – **неправильные** обычны в основании и в кровле потока;
- 2 – **трубчатые** характерны для основания потока;
- 3 – **сферические** располагаются в средней части потока и постепенно переходят в "4";
- 4 – **эллипсоидные** также находятся в середине потока, постепенно переходя в "5";
- 5 – **щелевидные** образуют узкие зоны в самой середине потока

ВВ! Основные и средние породы с существенным количеством миндалин называют «миндалекаменными». В кислых породах миндалины называют «**литофизы**», а сами породы – «**литофизными**»

Миндалекаменные базальты
среднего девона. Южный Урал

Миндалины
неправильной формы.
Кровля потока



Эллипсоидные
миндалины. Верхняя
часть потока



Щелевидные миндалины.
Середина потока

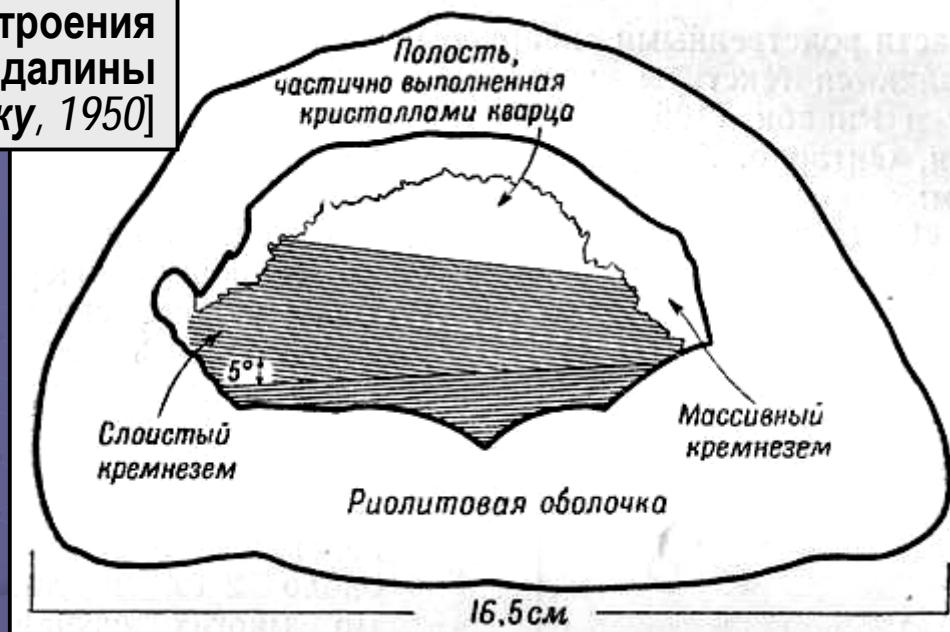
Миндалины образуются в газовых пустотах (пузырях) внутри застывающего лавового потока. Эти пузыри либо так и остаются пустыми, либо заполняются различными минералами (полностью или частично): кварцем, кальцитом, эпидотом, хлоритом и, реже, другими минералами. Различают несколько способов заполнения пустот:

- 1 – **последовательное** (снизу вверх или сверху вниз);
- 2 – **концентрическое** (от стенок к центру);
- 3 – **однородное** (неструктурированное заполнение всего объема);
- 4 – **комбинированное**.

Обычно заполнение происходит сразу после застывания потока, поэтому, если оно последовательное или комбинированное с элементом последовательного, появляется возможность определить по характеру миндалин положение "верха" – "низа" в потоке ("ватерпасные" миндалины по Р. Шроку, 1950).

NB! Заполнение миндалин может происходить намного позже того, как застыл поток, причем неоднократно, поэтому использовать тип заполнения миндалин для определения "подошвы – кровли" потока надо с осторожностью, лучше в комбинации с формой миндалин.

Схема строения
"ватерпасной" миндалины
[по Р. Шроку, 1950]



Халцедоновая миндалина
из базальтов (~15 см)
с комбинированным
заполнением. Чехия

Аметистовая
миндалина из
базальтов (~50 см)
с концентрическим
заполнением.
Бразилия



Эллипсоидные концентрические
миндалины в базальтах нижнего карбона.
Южный Урал. Фото Н.В. Правиковой



4. Столбчатая отдельность

Столбчатая отдельность возникает в покровах жидких лав при равномерном быстром застывании и незначительной скорости движения лавы. Основная причина появления столбчатой отдельности – **сила поверхностного натяжения**. При остывании и затвердевании лавы её объем уменьшается, а за счет сил поверхностного натяжения на кровле потока появляется **гексагональная сеть трещин**, которая по мере остывания растет вниз, т.е. **ортогонально** к поверхности покрова (или по максимальному температурному градиенту).

NB! Начальная гексагональная сеть в лавовом потоке образуется так же, как и трещины усыхания в глинистом осадке.



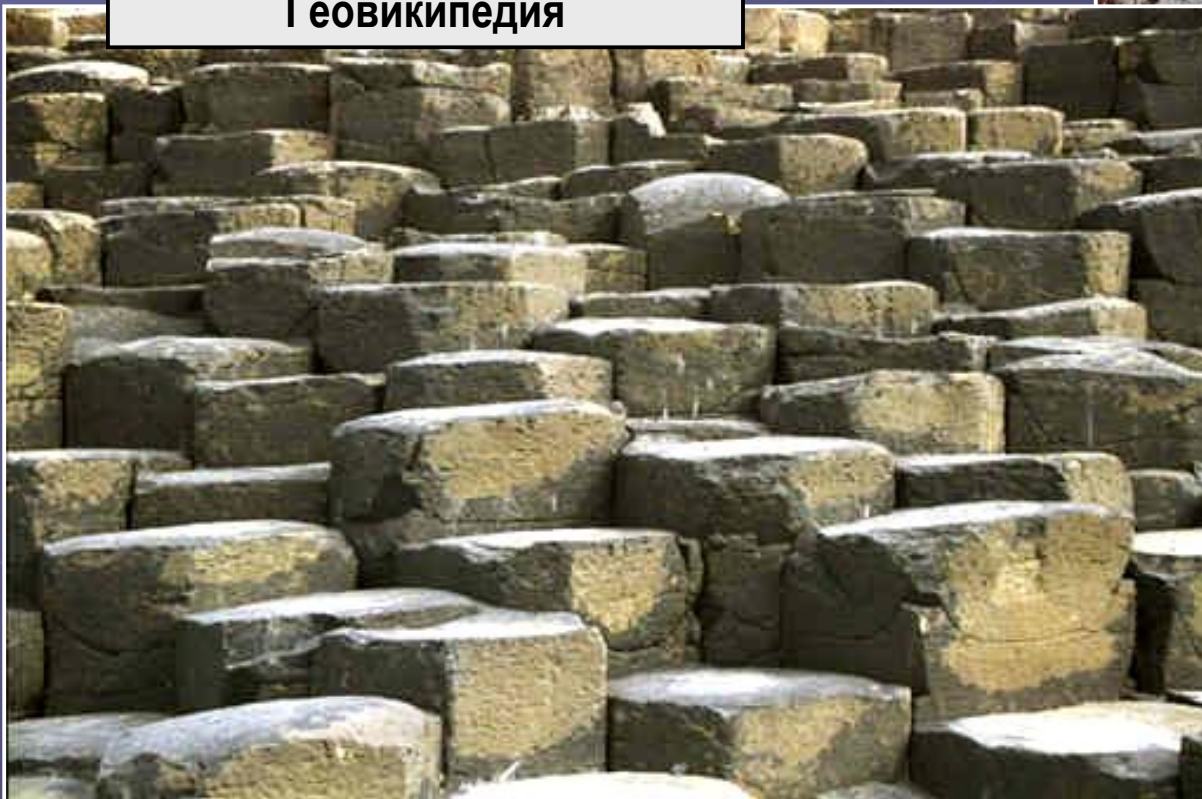
Трещины усыхания в глинистых осадках [по Р. Шроку, 1950]

ПРИМЕРЫ

Столбчатая отдельность в дацитах. Геовикипедия.
Фото А. Красильникова



Столбчатая отдельность в базальтах. "Мостовая гигантов". Ирландия.
Геовикипедия



Грубая столбчатая
отдельность в
каменноугольных
риолитах. Южный Урал





В кислых вулканитах столбчатая отдельность формируется в основном в **субвулканических образованиях**, при этом столбы ориентируются поперек контактов субвулканических тел



Столбчатая отдельность в риолитах у д. Сафарово. Ю. Урал.

При продолжающемся движении мощного лавового потока столбчатая отдельность может изгибаться в соответствии с изменением положения уже остывшей поверхности или максимальному температурному градиенту



**Тонкая столбчатая отдельность
в четвертичных базальтах.
Мощность потока 80 м. Сицилия**

5. Подушечные лавы

Подушечные лавы возникают в подводных условиях при высоком давлении воды и слабой интенсивности трещинных излияний высокотемпературной базальтовой магмы. В этой обстановке каждая порция лавы за счет сил поверхностного натяжения оформляется в отдельную каплю. Подушки быстро остывают от поверхности к центру, поэтому имеют зональное строение: "корки", зоны закалки, концентрическое расположение минералов и т.д. Межподушечное пространство заполняется гиалокластитами или яшмоидами

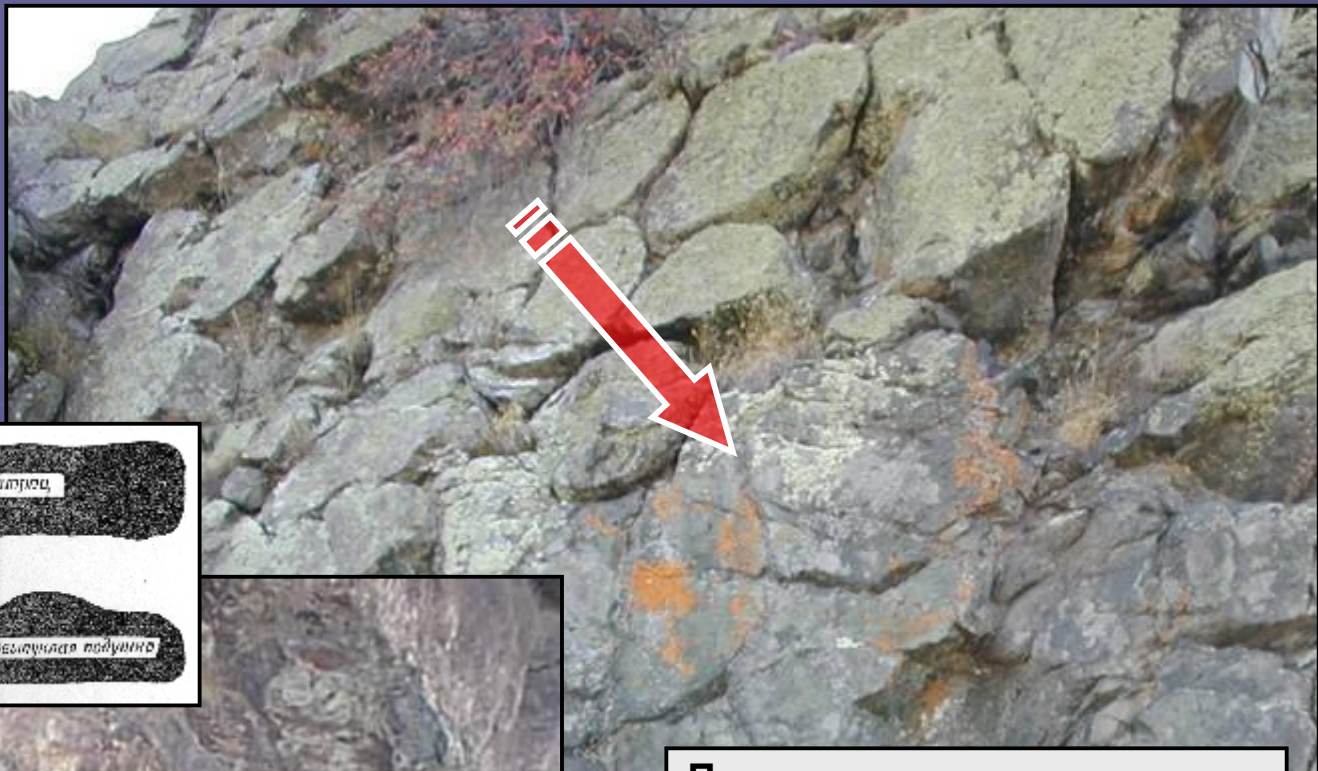
Форма подушек во многом зависит от морфологии подстилающей поверхности, верхние подушки «затекают» в пространство между нижними, крупные подушки могут «облекать» мелкие нижние и т.д.



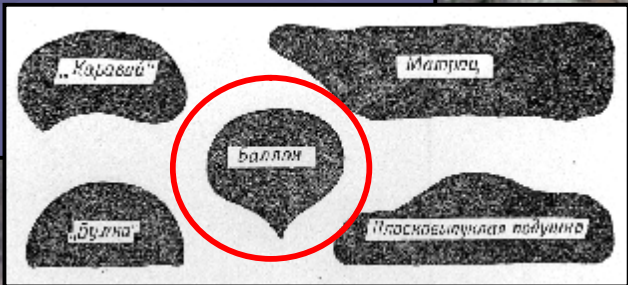
Идеализированная схема строения пиллоу-лавы [по Р. Шроку, 1950]



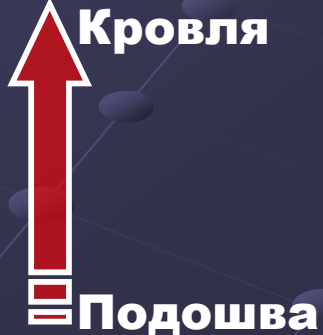
Типичные поперечные разрезы лавовых подушек [по Р. Шроку, 1950]

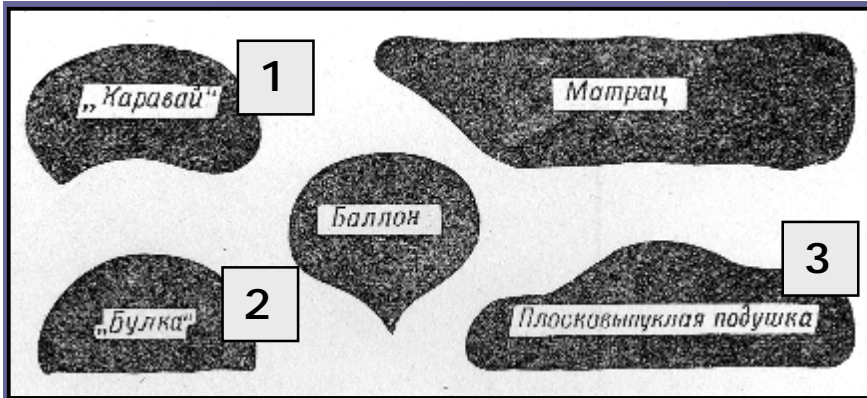


Подушечные лавы баллонного типа. Верхний девон. Южный Урал (Фото Н.В. Правиковой)

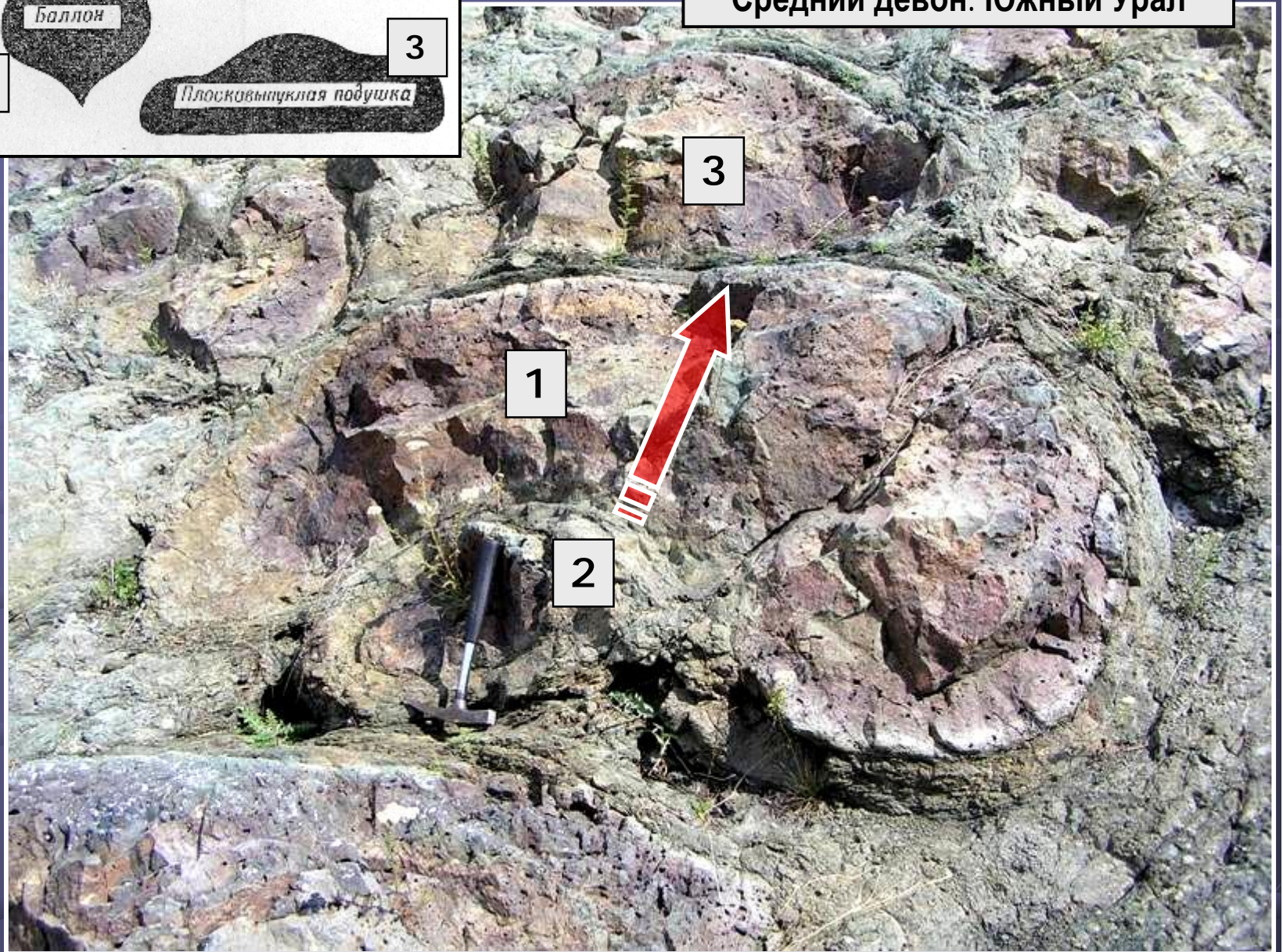


Подушки грибообразного (баллонного) типа. Средний ордовик. Южный Урал





Подушки типа "каравай" (1),
"булка" (2), плоско-выпуклая (3).
Средний девон. Южный Урал





Шаровая (десквамационная)
отдельность в литокластических туфах
раннего карбона (Южный Урал)

Шаровая
(десквамационная)
отдельность в базальтах
раннего карбона
(Южный Урал)



ВВ! С лавовой *подушечной* отдельностью не надо путать десквамационную *шаровую* отдельность. Основное отличие шаровой отдельности заключается в отсутствии зонального строения. Есть только трещины

6. Лавовые "вздутия выжимания" (трубы)



Типы вздутий выжимания
[по Р. Шроку, 1950]

Вздутия выжимания образуются при выдавливании жидкой лавы через трещины в корке потока. При их застывании внутри часто образуются пустоты



Удлиненное вздутие выжимания. Вулкан Этна



**Лавовая труба, выполненная
кварцем. Средний ордовик.
Южный Урал**

7. Лавовый "снежный ком"

Лавовый "снежный ком".
Вулкан Этна.
Фото А.Г. Кошелева



NB! По лавовому «снежному кому» установить верх – низ разреза сложно!

К. Хокусай.
Из серии "100 видов
Фудзи. Волна"

