

**Лекция
Продукты извержений,
Морфология и типы вулканов**

Геологическая часть лекций

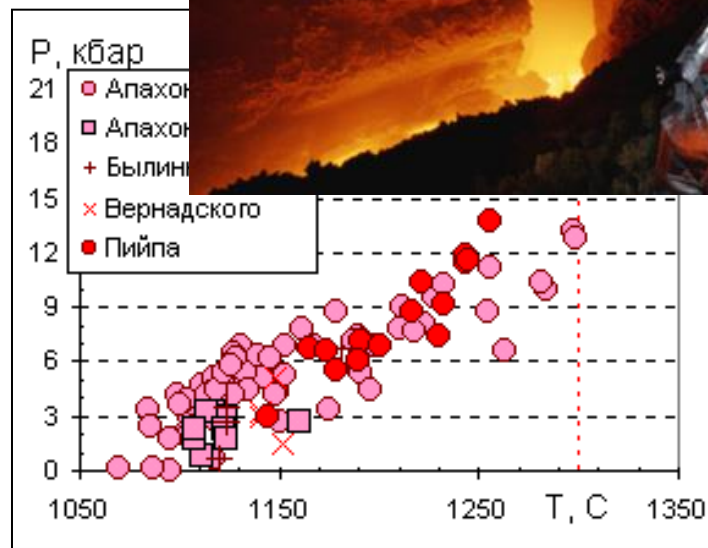
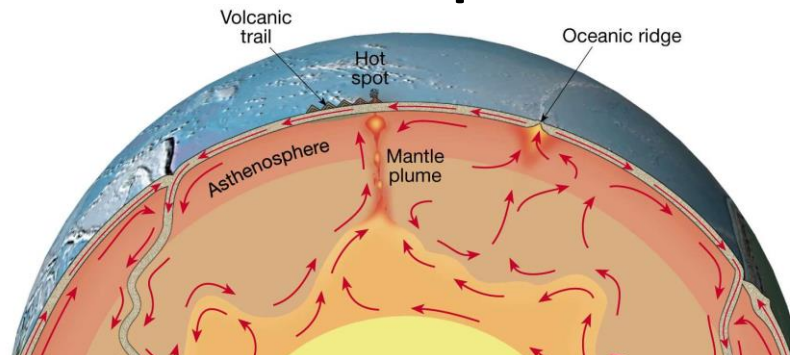
Строение Земли

геодинамика и вулканизм, типы извержений

**Типы вулканов и морфология
вулканических образований, продукты
извержений**

Методы мониторинга и прогноза
извержений

Методы реконструкции физико-
химических условий существования
магм



Продукты извержений

Лавы - вытекающие или выдавливающиеся в жидком состоянии порции магмы

Пирокластика (*πῦρ* – огонь, *κλαστός* - обломки) - твердые продукты извержения.

Ювенильные – из свежей магмы

Резургентные – из постройки вулкана

Газовая фаза – газообразные продукты извержения.

Ювенильные – из свежей магмы

Приповерхностные – из вмещающих пород

Продукты извержений: Лавы

Лавы можно рассматривать как **композитные материалы**. Матрицей является расплав, а наполнителями – кристаллы и пузырьки газа.



$$\eta_{magma} = \eta_{melt} \left(1 - \frac{\phi}{\phi_0} \right)^{-5/2}$$

ϕ (об. доля) – количество пузырьков или кристаллов в магме (лаве)
 ϕ_0 (об.доля) – максимально возможное количество пузырьков. В случае плотнейшей упаковки, $\phi_0 \sim 0.6$



Пена имеет гораздо большую вязкость, чем вода

Продукты извержений: Лавы

Лавовые трубы

Канатные лавы

Пахое-хое

Tooth-paste (зубная паста)

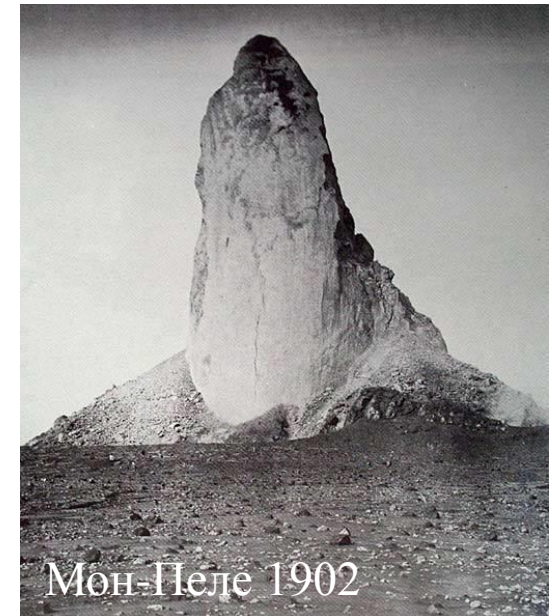
Аа-лавы

Обелиски

ВЯЗКОСТЬ



Влк. о-ва Баррен 1994-95



Извержение влк. Толбачик, 2012-13



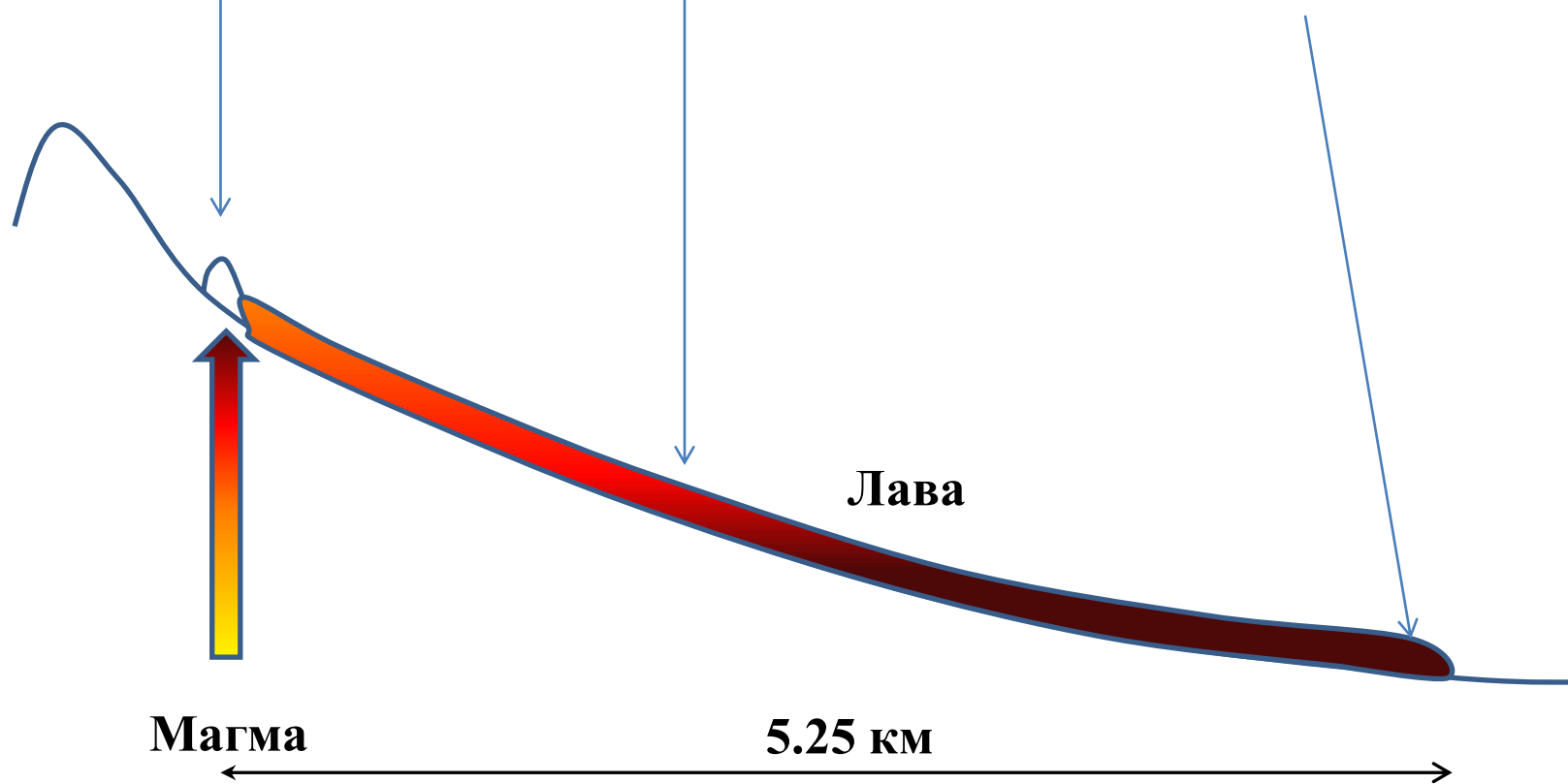
Лавовый фонтан



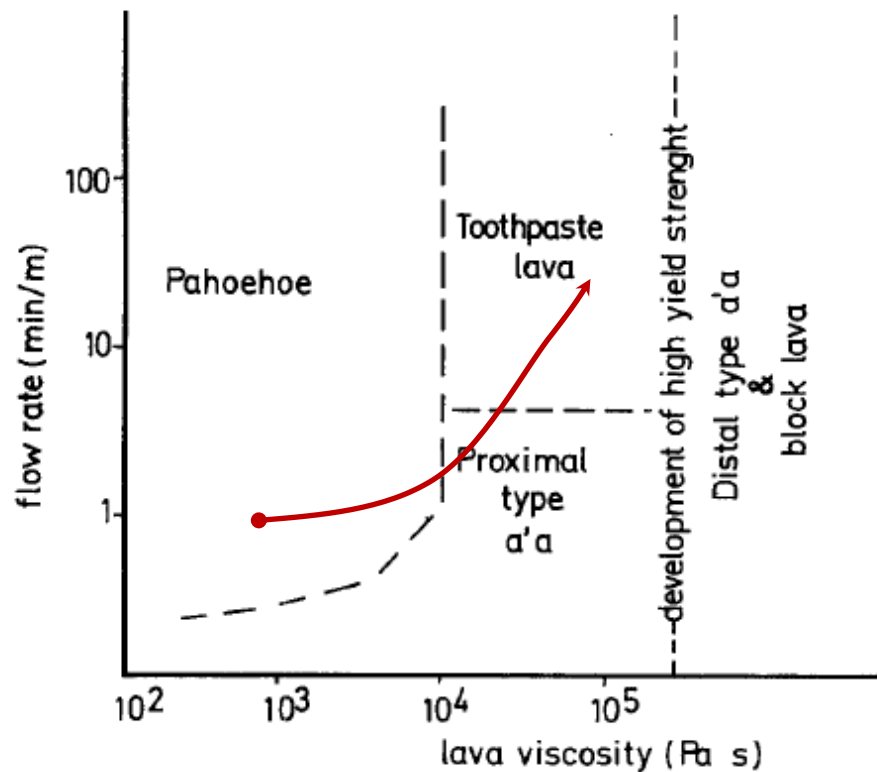
Лавовая труба



Фронт потока



Извержение влк. Толбачик, 2012-13

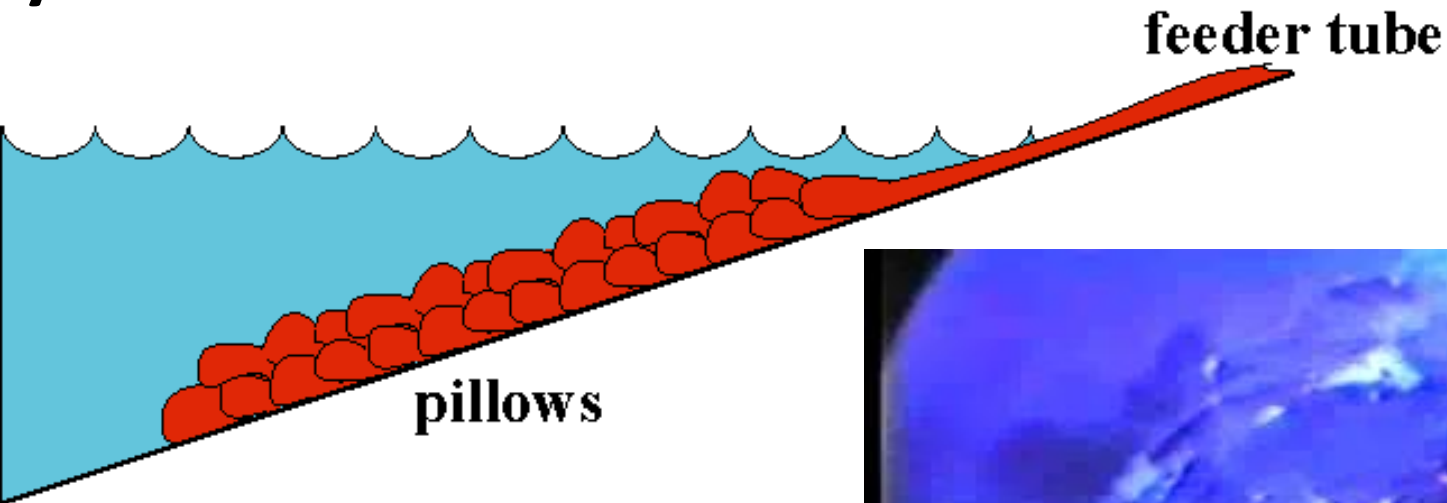


Продукты извержений: toothpaste lava

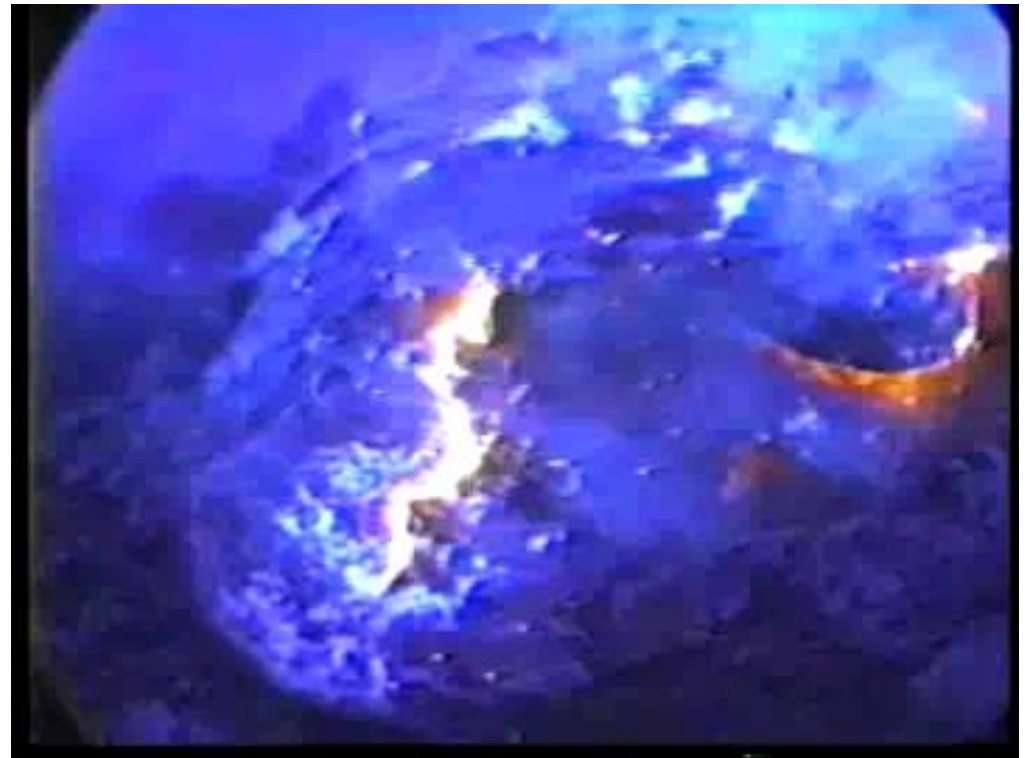


Влк. о-ва Баррен 1994-95, Sheth et al., 2011

Пиллоу-лавы: Формируются во время очень быстрого остывания внешней корки в подводных условиях



Richard Pyle



Пирокластический материал

Вулканический пепел < 2 мм

Лапилли 2-64 мм

> 64 мм

Вулканические бомбы – пластичные

Вулканические блоки - непластичные

Размер



Ретикулиты

Вулканические пемзы > 65 % SiO₂

Вулканические шлаки < 65 % SiO₂

Пористые лавы

Плотные лавы

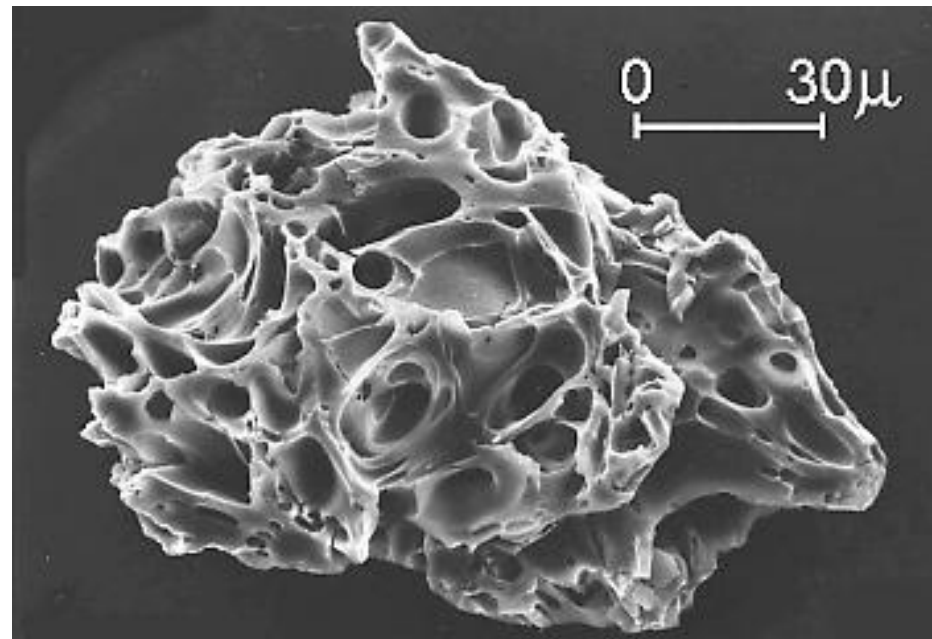
Обсидианы > 65% SiO₂

Тахилиты < 65% SiO₂

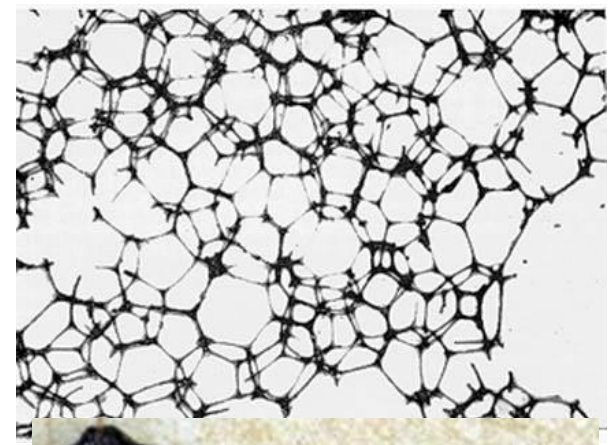
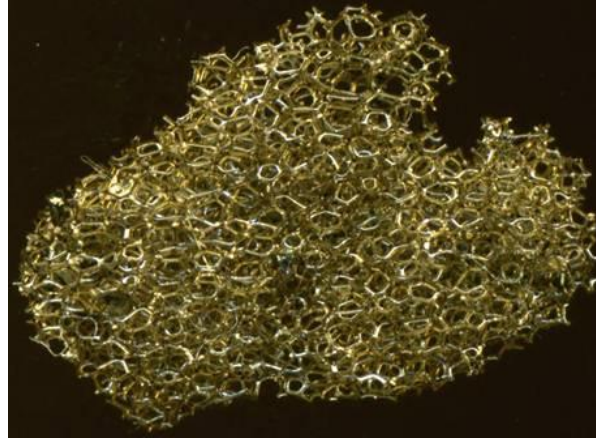
пористость



Продукты извержений: Пепел



Ретикулиты и волосы Пеле



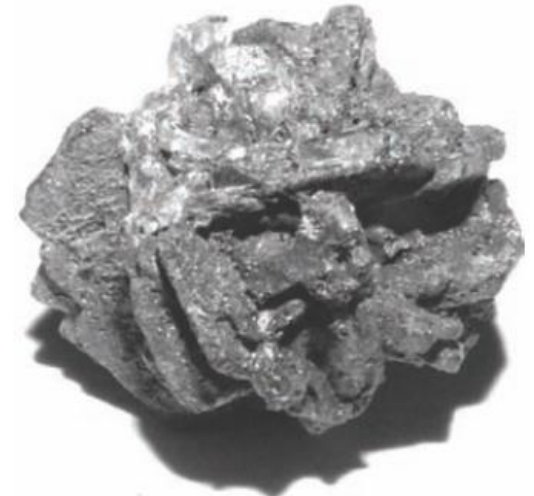
Слезы Пеле

Продукты извержений: Лапилли

К северу от El Cotillo ,
остр. Fuerteventura, Канарские острова Centimetres



**Лапилли (итал. - камушек):
от 2 мм до 64 мм в диаметре**



Кристаллолапилли, Толбачик,
Камчатка [Punin et al.,2010]

Продукты извержений: вулканические бомбы



Ленточные бомбы

Сферические бомбы

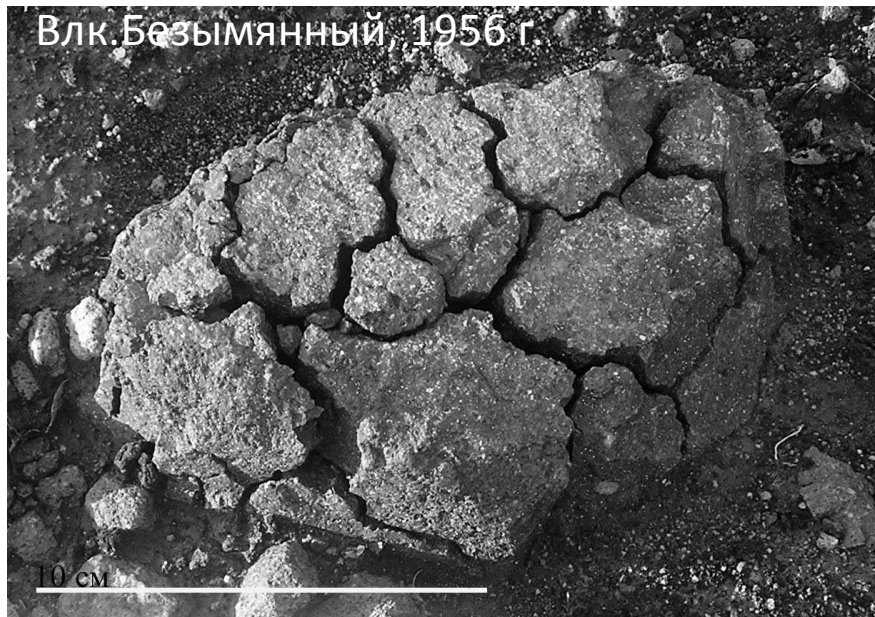
Веретенообразные бомбы

Бомбы «cow pie»

Бомбы с «хлебной коркой»

Фаршированные бомбы

Влк. Безымянный, 1956 г.



Вулканические блоки

Пирокластический материал: дальность разлета

Вулканические бомбы и блоки редко попадают за пределы вулканической постройки.

Вулканический пепел может подниматься в атмосферу на десятки километров.

Средняя размерность частиц, формирующих пепловые шлейфы в стратосфере около 20 μ



Извержение
стромболианско-вулканианского типа,
Кизимен, 2006

Пирокластические отложения

- **Тефра** – любые рыхлые пирокластические отложения (термин введен Аристотелем)
- **Вулканический туф** – любые сцементированные гидрохимическим путем пирокластические отложения
(термин введен в 1888 г. Ф.Ю. Левинсон-Лессингом)
- **Игнимбрит** – спекшиеся туфы с неоднородностью основной массы
(термин введен в 1930-х гг. П.Маршаллом)

Гиалокластиты – подводный пирокластический материал



Явления, сопровождающие извержения

Пеплопад во время извержения влк.
Пинатубо (Филиппины)



Отложения пирокластических потоков,
влк. Унзен, изв.1991-1995 гг.



Лахары: Потоки грязи, насыщенные пеплом и
другими вулканическими продуктами.



Сход пирокластического потока
(палящей тучи),
влк. Мерапи



Газообразные продукты извержения



Газообразные продукты извержения

- **Вода** (H_2O) – в магме может быть растворено от 0.3 до 9 мас.%
- **Углекислота** (CO_2) – играет большую роль в глубинных магмах, но в приповерхностных условиях растворимость очень мала
- **Серный газ** (SO_3) – практически полностью уходит в атмосферу и может там находиться долгое время в виде аэрозолей серной кислоты.
- **Хлор, фтор** (Cl_2 , F_2) – остаются в породах, но легко вымываются грунтовыми водами

Оценка количества серной кислоты выброшенной в атмосферу для плинианских извержений

Дано: плинианское извержение вулкана **Тамбора** (Индонезия) произошло в **1815** г.

Объем всех продуктов извержения (пепел, пемзы и т.д.) - **107-113 км³**(возьмем 110 км³).

Исходная магма содержала **690 ppm серы** (~0.07 мас.%).

Стекло в продуктах извержения – **290 ppm серы**.

Сколько аэрозолей серной кислоты попало в стратосферу и к каким последствиям это привело?

Средняя плотность продуктов извержения ~1 г/см³.

Средняя плотность магмы 2.8 г/см³.

Оценка количества серной кислоты выброшенной в атмосферу для плинианских извержений

1. Рассчитываем массу продуктов извержения

$$m = V * \rho = 1.1 * 10^{11} \text{ кг.}$$

1а. Можно рассчитать объем магмы: $V_{\text{магмы}} = V * \rho_{\text{тефры}} / \rho_{\text{магмы}}$

$$V_{\text{магмы}} = 110 / 2.8 = 39 \text{ км}^3.$$

2. Рассчитываем массу серы, дегазировавшей из каждого килограмма магмы: $690 - 290 = 400 * 10^{-6} \text{ кг/кг.}$

3. Рассчитываем общее количество дегазировавшей серы:

$$400 * 10^{-6} * 1.1 * 10^{11} = 4.4 * 10^7 \text{ кг} = 44 \text{ мегатонн}$$

4. Рассчитываем количество серной кислоты, которое может образоваться из всей серы:

Молекулярная масса серы – 32

Молекулярная масса серной кислоты (H_2SO_4) = $2 + 32 + 4 * 16 = 98$

Из каждых 32 г серы образуется 98 г серной кислоты

Из 44 мегатонн серы образуется ~**135 мегатонн серной кислоты**

1816 год – «год без лета»

Коэффициент эксплозивности Ритманна

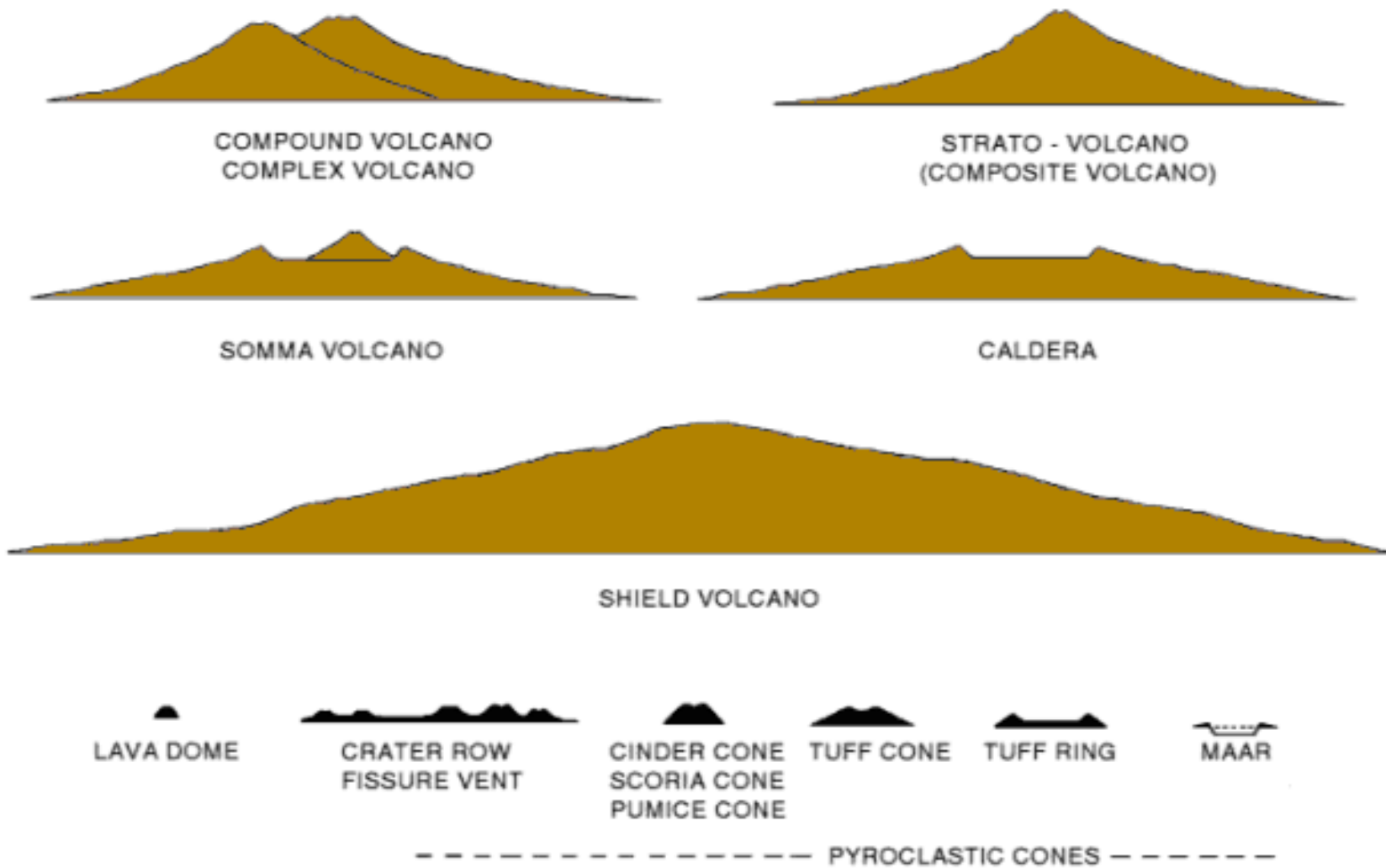
Количество пирокластического материала по отношению к объему извержения, в вес. %.
(А.Ритманн, 1936)

Океанические 2-10%, континентальные – 40-60%, островодужные – 95-100%.

В гавайском и исландском типах извержений преобладают лавы

В стромболианском, вулканианском, плинианском и ультраплинианском - пирокластика

Типы вулканических построек



Simkin and Siebert, 1994

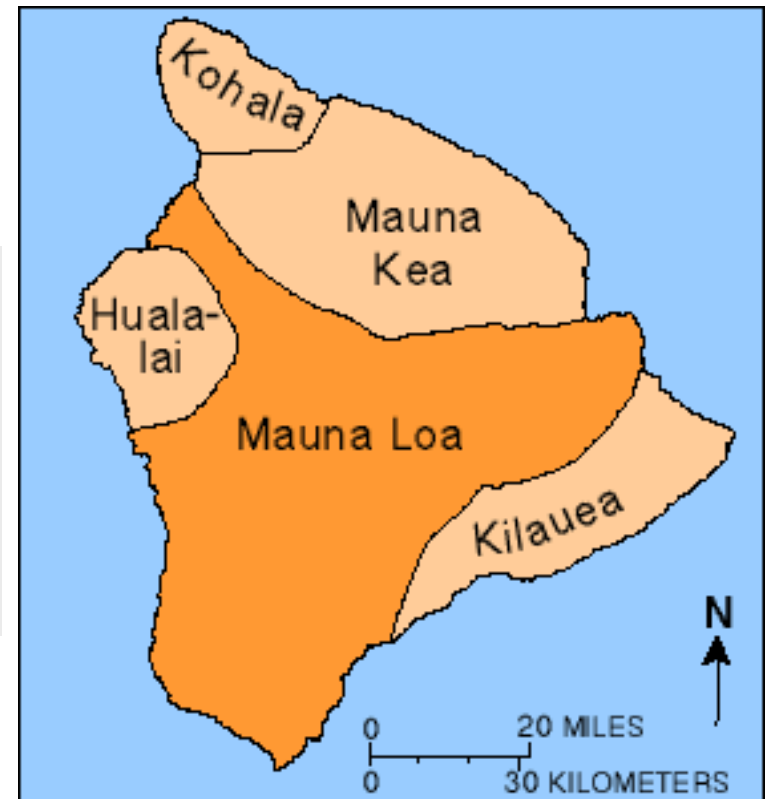
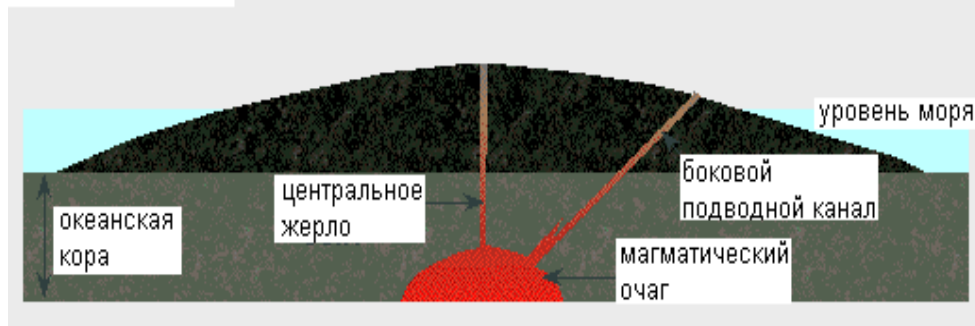
Типы вулканов - Щитовые вулканы

Постройка с пологими склонами

- Извержения гавайского типа и исландского типа
- Преобладают маловязкие базальтовые магмы

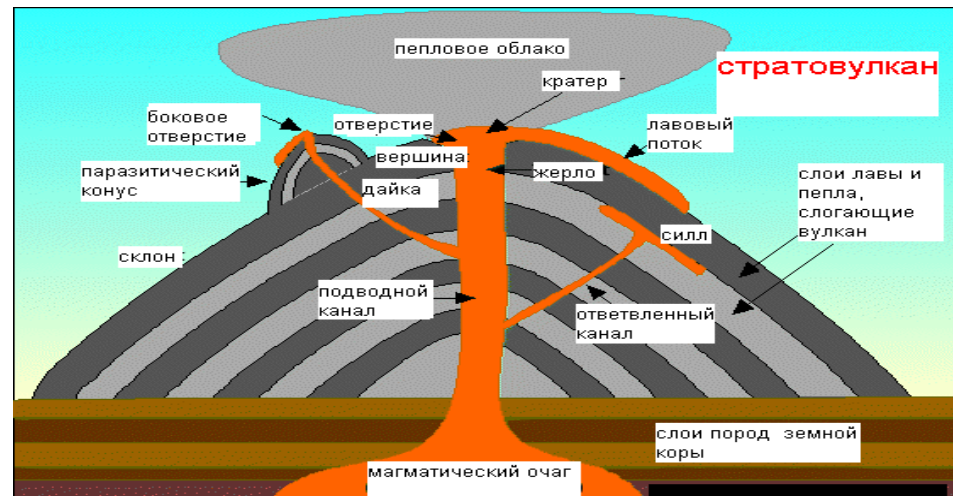


щитовой вулкан

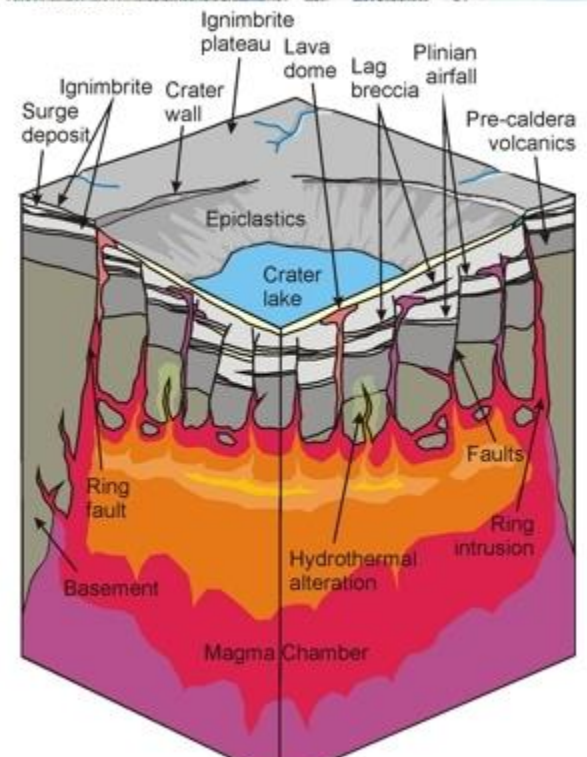
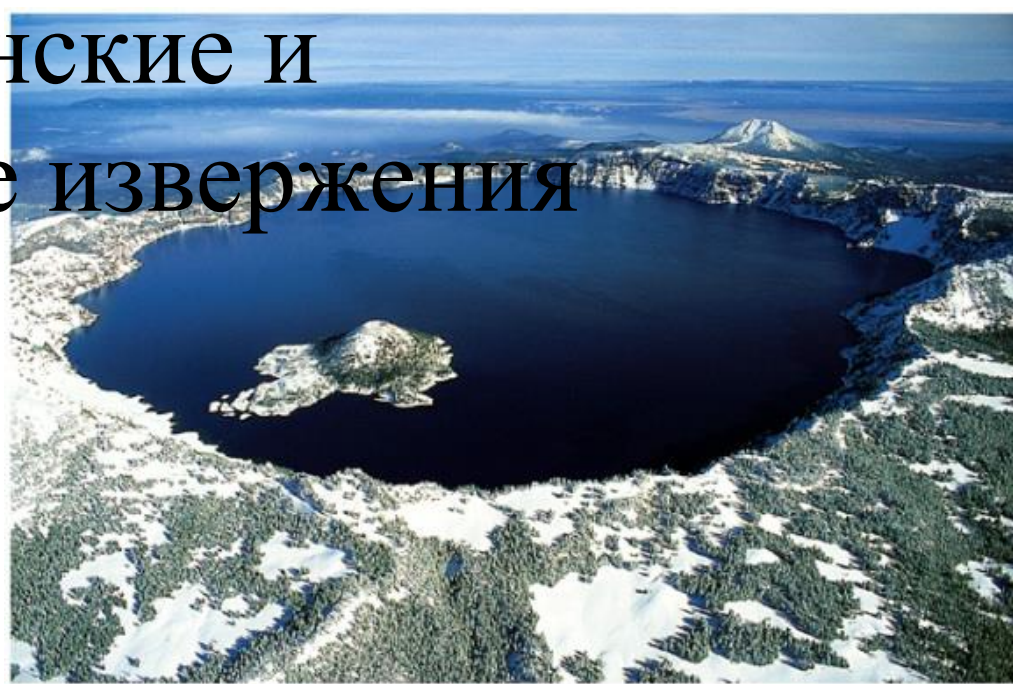


Стратовулканы

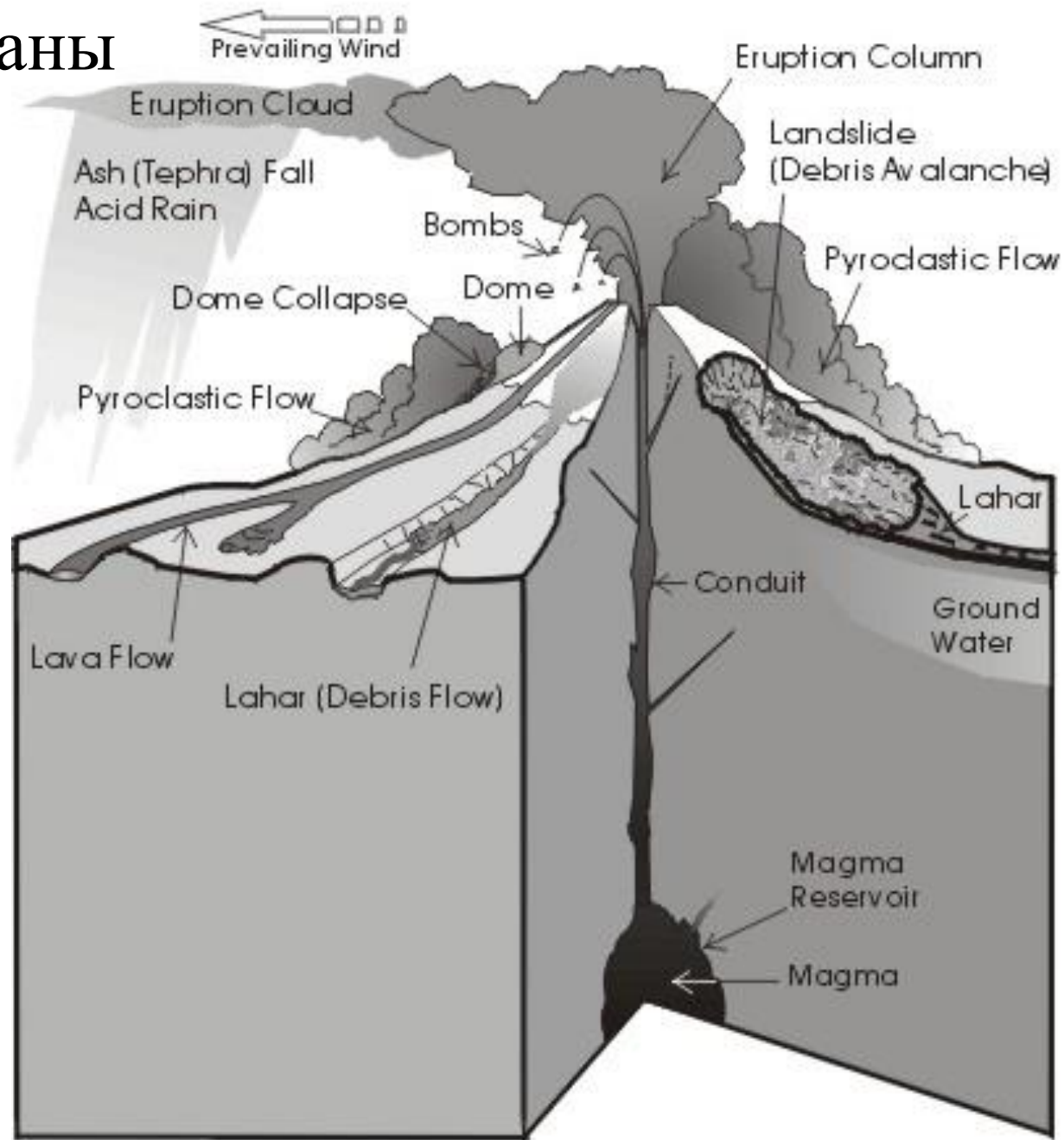
- Сложены чередованием слоев пирокластического материала и лавовых потоков
- Преобладают извержения стромболианского и вулканианского типов
- Примеры: Фудзияма, Карымский



Кальдеры- плинианские и ультраплинианские извержения



Сложные вулканы



Вулканы с соммой



Для Везувия характерны плинианские, субплинианские и вулканианские извержения. Часты побочные прорывы (гавайский тип извержений)

