

# Лекция 3. Современная классификация вулканов и вулканических извержений

По курсу «динамической вулканологии», механико-математический и геологический факультеты МГУ

<http://wiki.web.ru/wiki/>

Геологический\_факультет\_МГУ:Вулканология

проф. П.Ю.Плечов

# Темы лекции 3

- Типы извержений (плинианский, пелейский, вулканианский, стромболианский, гавайский, фреатические извержения).
- Эффузивная и эксплозивная деятельность, лавы и тефры, коэффициент эксплозивности.
- Сила извержений (объем, энергия, продолжительность, последствия, жертвы).
- Лавовые купола, лавовые потоки, пирокластические потоки, отложения тефр, лахары.
- Деление тефры по размерности (пеплы, лапилли, вулканические бомбы), агглютинаты и вулканические брекчии.
- Типы лав (аа-лавы, канатные лавы, пахое-хое, подушечные, глыбовые лавы).
- Типы вулканов и морфология вулканических образований (кальдеры, маары, стратовулканы, моногенные и полигенные конуса, трещинные и щитовые вулканы)



*Корякский*

*Жупановский*

*Авачинский*

Петропавловск

*Вилучинский*

*Горелый*

# Вулкан Малый Семячик

Июль 2006





# Вулкан Карымский

июль 2006 года



# Вулканы делятся на:

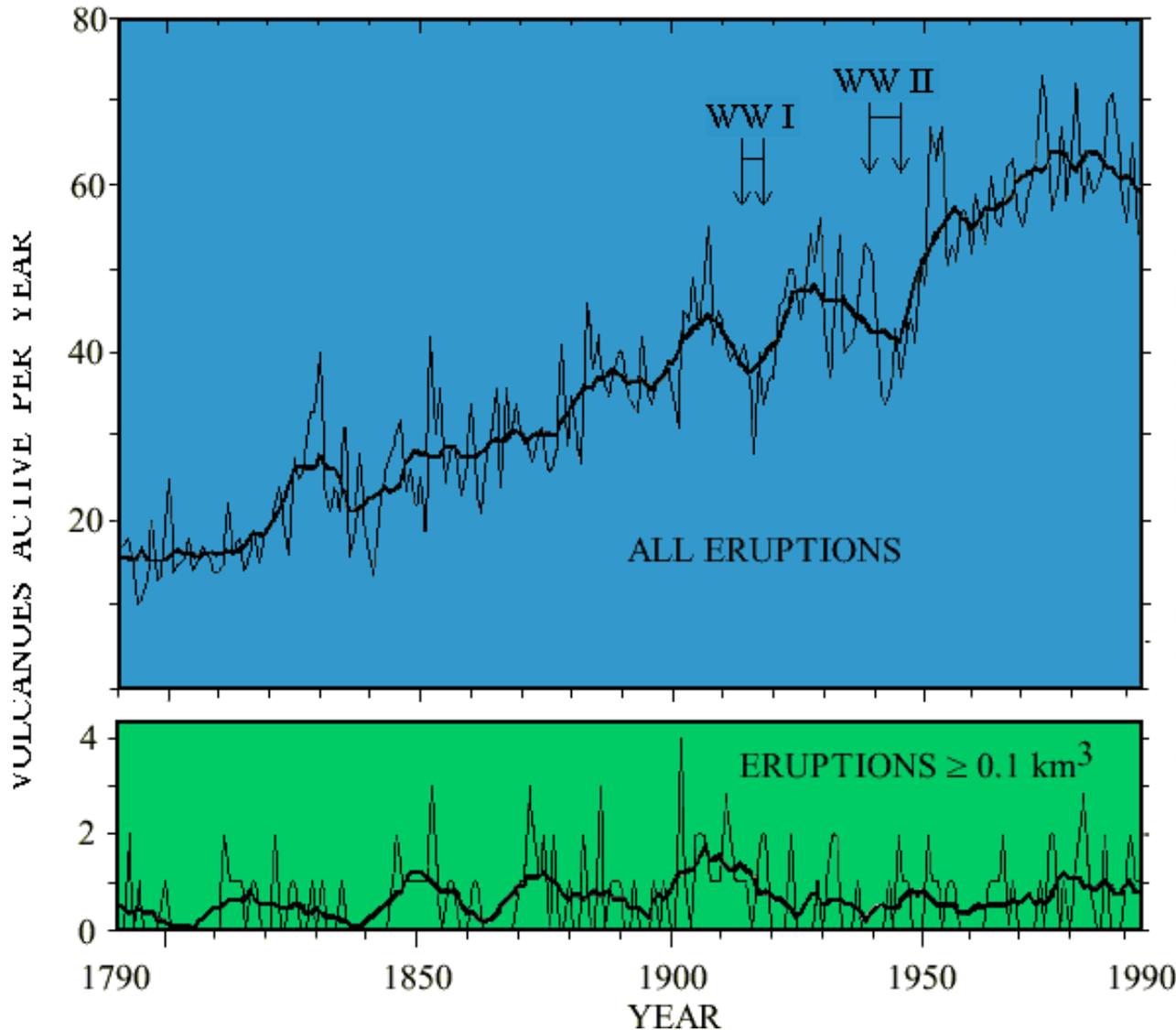
- **Активные** – извергающиеся в данный момент или имеющие признаки активности (фумарольная активность, сейсмичность и т.д.). Многие относят к активным вулканам извергавшиеся в историческое время. Смитсоновский каталог включает в активные извергавшиеся в голоцене (последние 10,000 лет).
- **Потухшие** – вероятность извержения в будущем близка к нулю.
- **Спящие** - период покоя не превышает средние промежутки между извержениями

# СКОЛЬКО АКТИВНЫХ ВУЛКАНОВ НА ЗЕМЛЕ?

Голоцен, < 10 тыс. л.н.	~ 1300—1500
Голоцен, зоны субдукции	~ 1100
С документированными извержениями	~ 560
Ежегодно извергается	~ 50—60
Постоянно извергается	10-15

Статистика Смитсоновского института

# Количество извержений во времени, по данным Смитсоновского института



2007 – 70 вулканов

2008 – 72 вулкана

2009 – 67 вулканов

2010 – ?



# Типы вулканических извержений



Гавайский тип



Стромболианский тип



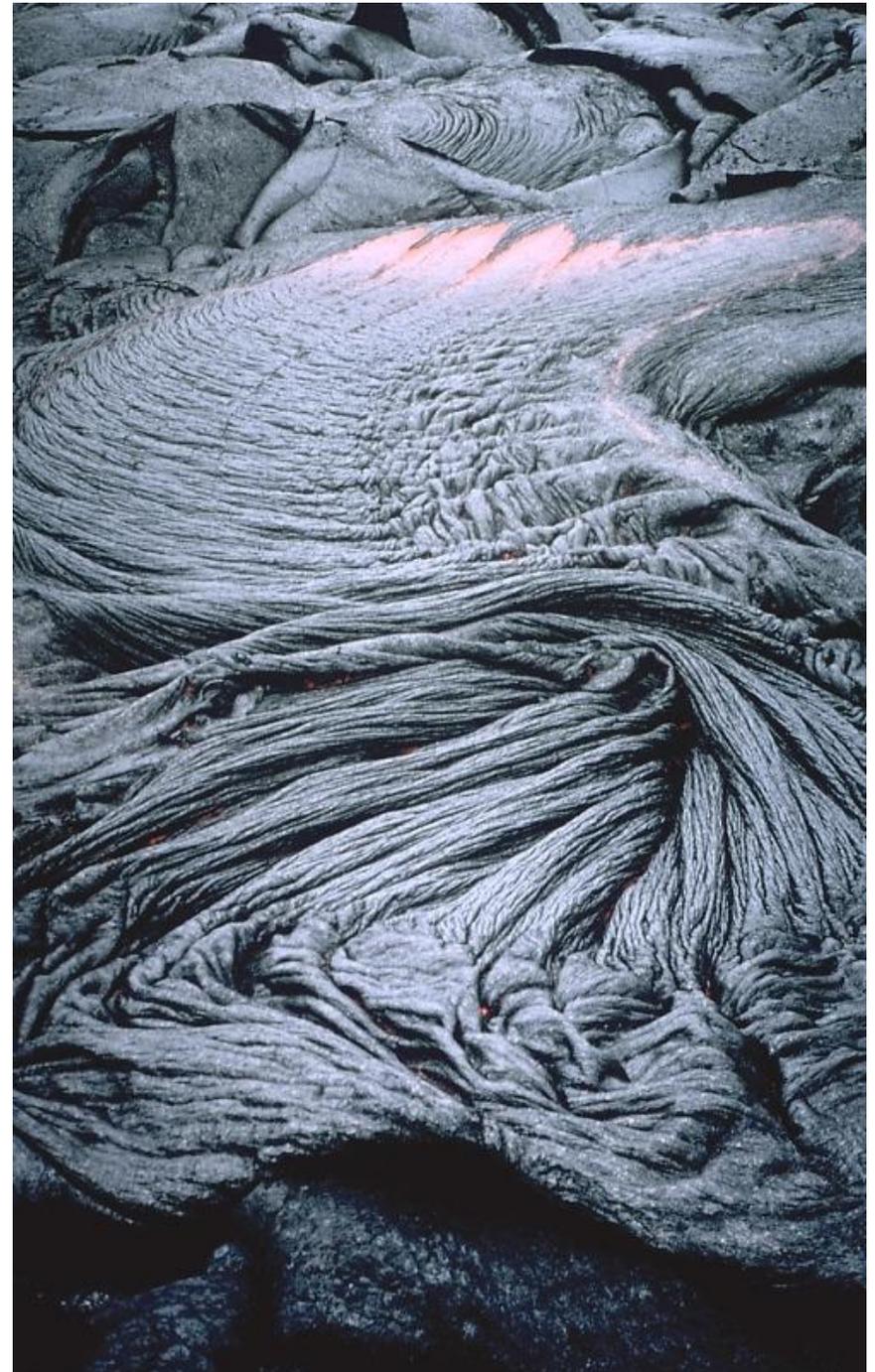
Плинианский тип



Пелейский тип

# Лавовые потоки

## пахое-хое



# **Аа-лавы: Блоковый вязкий поток. Из-за большой вязкости поток движется почти твердыми блоками.**



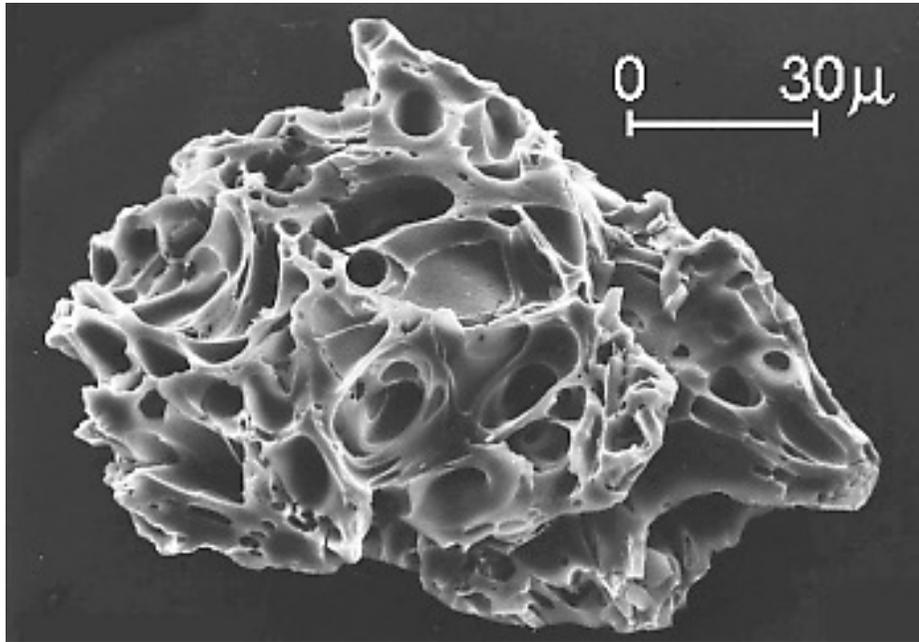
[www.volcanovideo.com/Movies/](http://www.volcanovideo.com/Movies/)

# Лавовые трубы



# Тефра, пирокластика

Фрагментированный во время  
извержения материал,  
перемещенный по воздуху

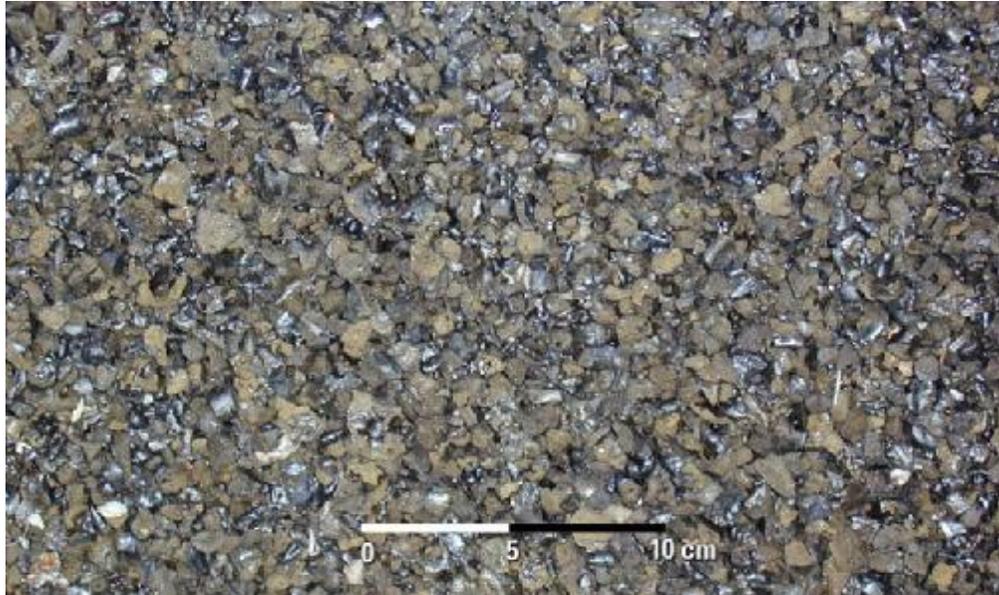


Самые мелкие частицы:  
вулканический пепел  
(диаметр  $\leq 2$  мм)





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



***Вулканические блоки:* твердые  
фрагменты более 64 мм в  
диаметре**



# Вулканические бомбы: мягкие, частично жидкие фрагменты более 64 мм в диаметре.



**Туфы:** любые литофицированные отложения тефры

**Спекшиеся туфы:** пирокластические отложения, которые были образованы еще горячими частицами, спекающимися вместе

**Агглютинаты:** грубосортированные спекшиеся туфы, содержащие вулканические блоки и бомбы.



**Пеплопад:**  
Выпадение  
очень тонкого  
пепла из воздуха

Пеплопад во время  
извержения влк.

Пинатубо  
(Филиппины)

**Пирокластический поток** – раскаленная лавина, идущая по склону вулкана  
**Лахары**: Потоки грязи, насыщенные пеплом и другими вулканическими продуктами.



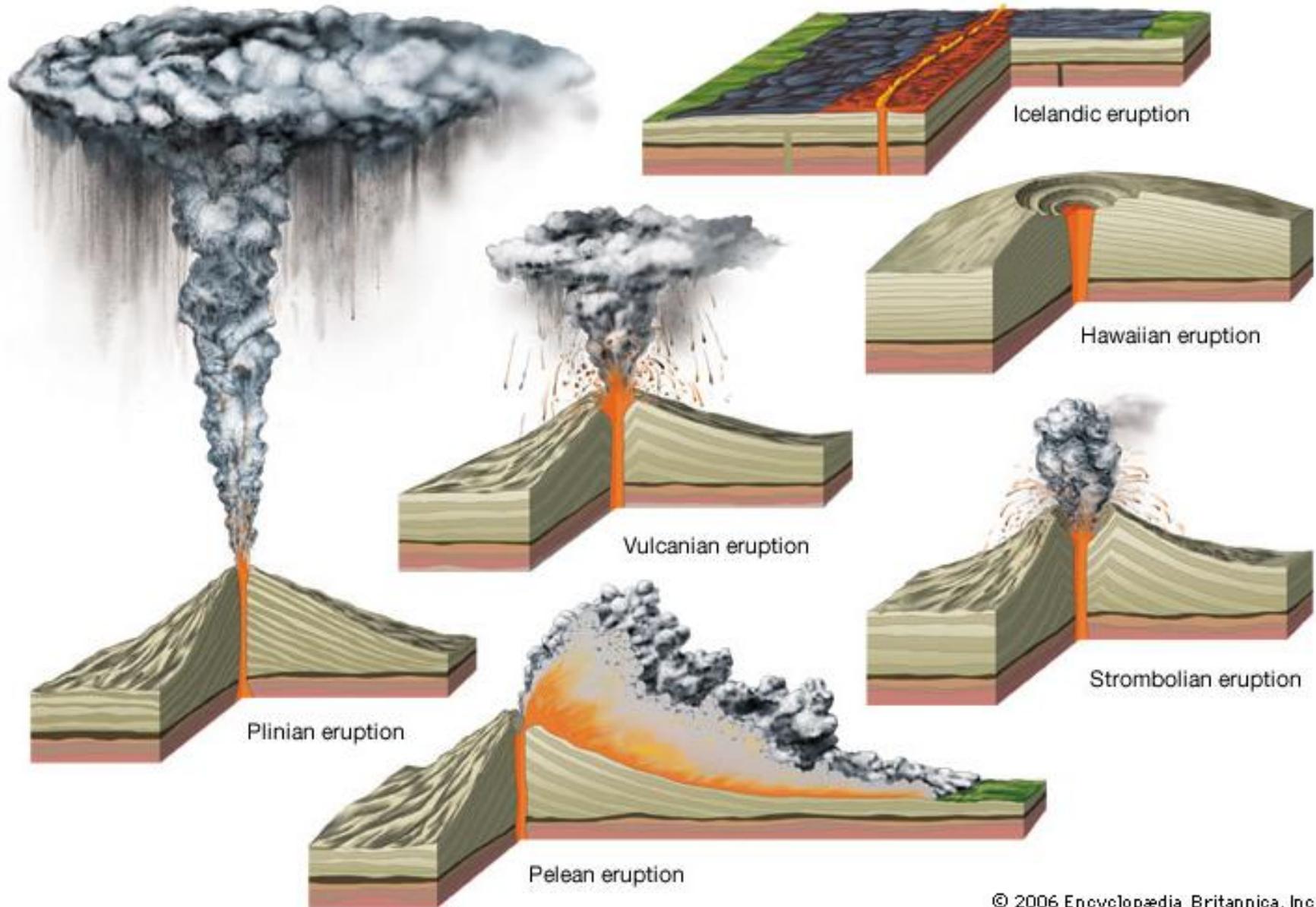
# Коэффициент эксплозивности

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

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



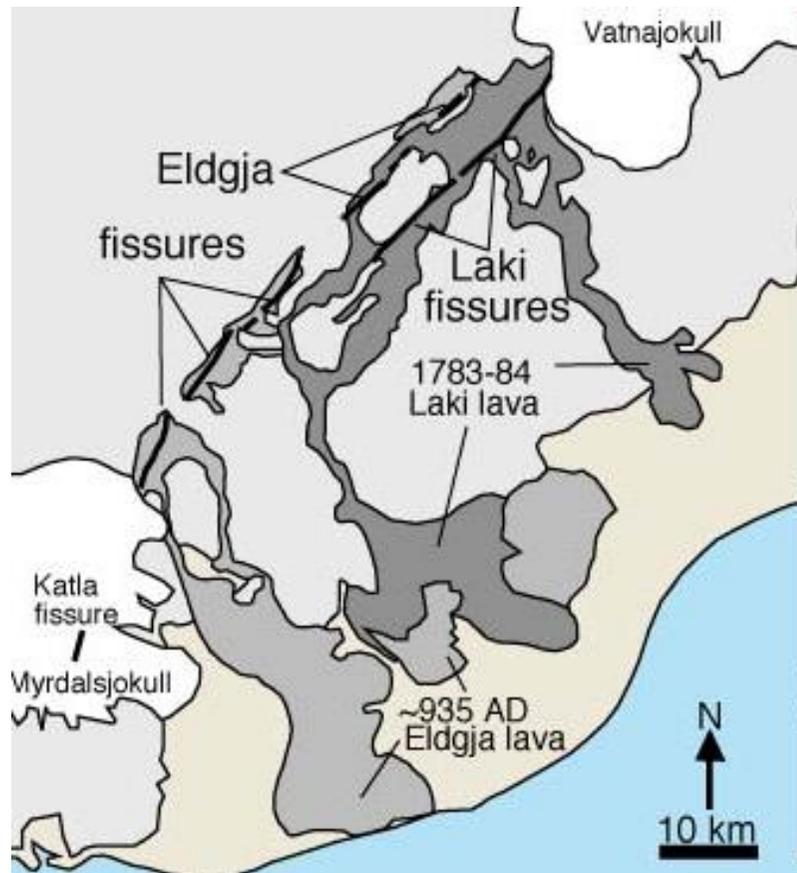
# Главные типы извержений



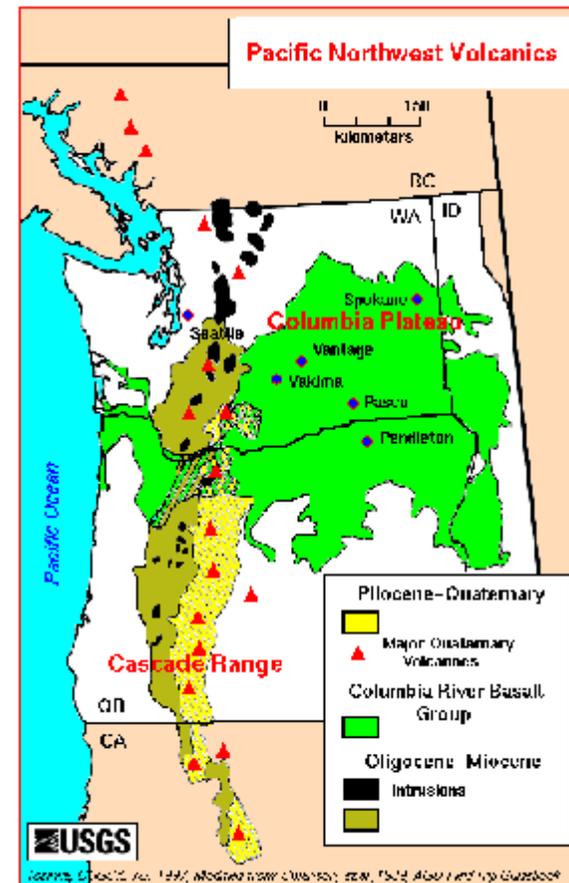
© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.

# Исландский тип извержений

Исландский тип извержений характеризуется излиянием жидкой базальтовой лавы из длинных параллельных трещин. В результате таких излияний формируются лавовые плато.

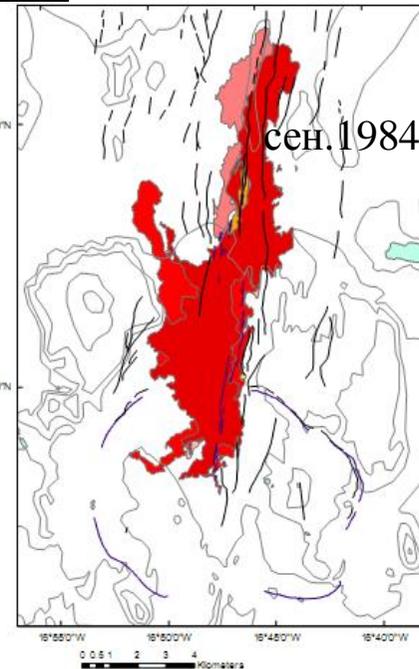
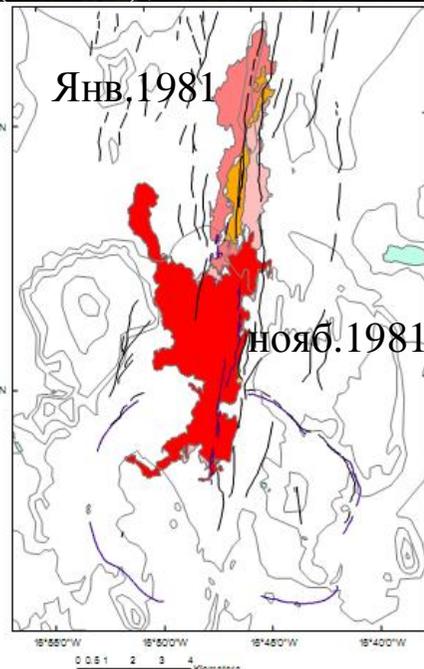
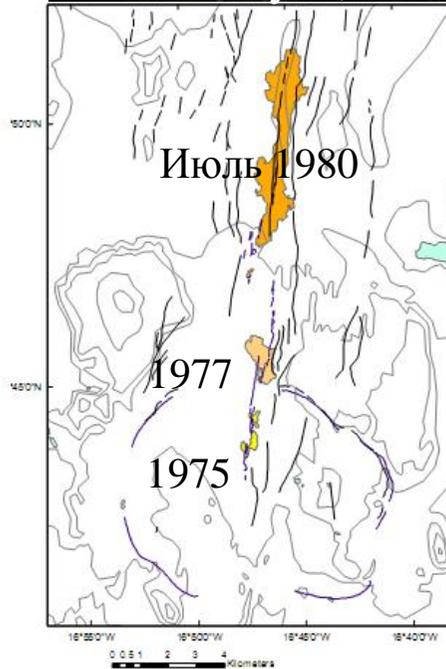


Трещины Eldgja, 934 и Laki, 1783,  
18 км<sup>3</sup> и 14 км<sup>3</sup> лавы



Плато Columbia River,  
14-16 млн. л.н. 170 тыс. км<sup>3</sup>

# Извержение Крафлы, 1975-1984 гг



## **Гавайский тип**

**характеризуется лавовыми фонтанами и маловязкими потоками. Потоки текут по склонам, образуют лавопады и достигают берега океана. Практически нет пепловых колонн и очень мало взрывов (эксплозий)**



# Пример лавопада во время извержения Килауэа, Гавайи



## **Извержения Стромболианского типа**



**Периодические взрывы или фонтанирование лавы из кратера.**

**Вызывается выходом вулканических газов. Обычно поворачается каждые несколько минут.**

**Выбрасывается  
тефра различной  
размерности, от  
пепла до бомб.**



## **Вулканианский тип извержений**

**Периодические взрывные извержения (периодичность – раз в несколько десятков лет)**

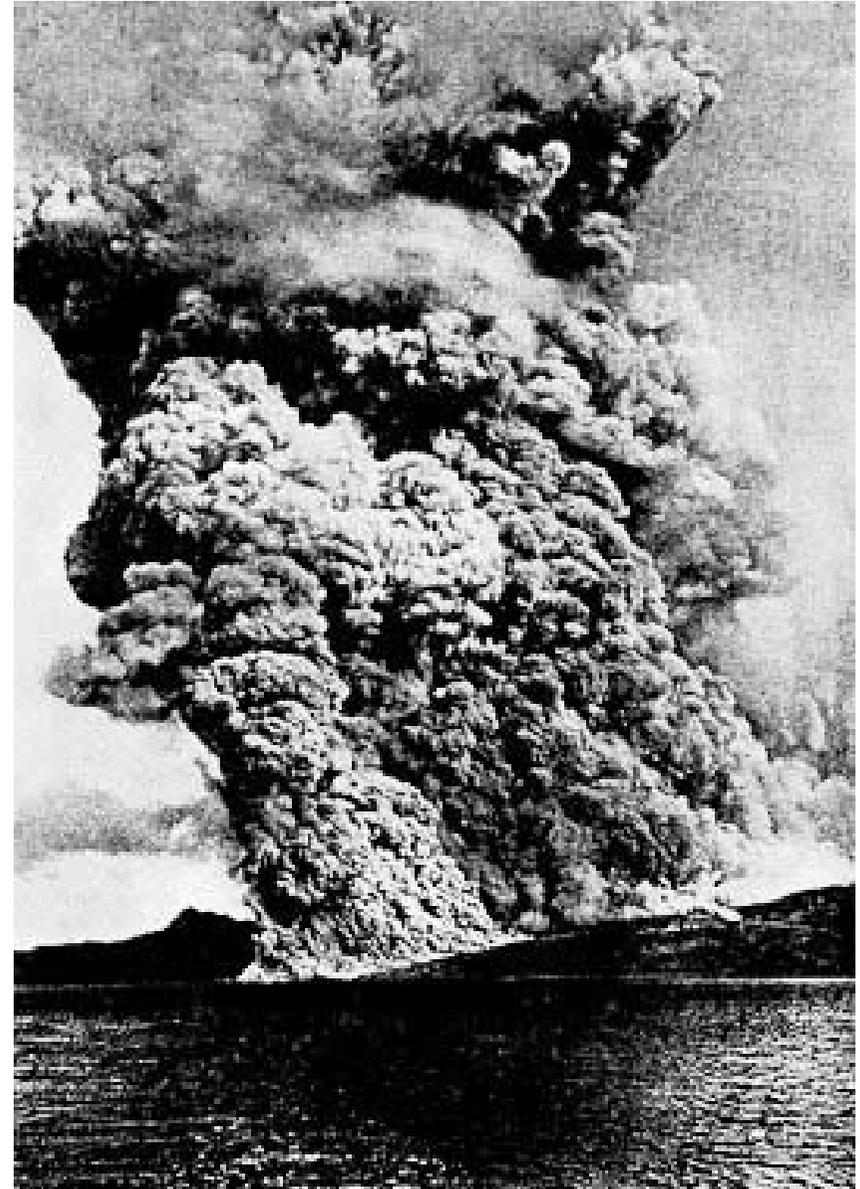
**Выброшенные частицы преимущественно твердые**

**Характерно для андезитовых, богатых летучими магм**

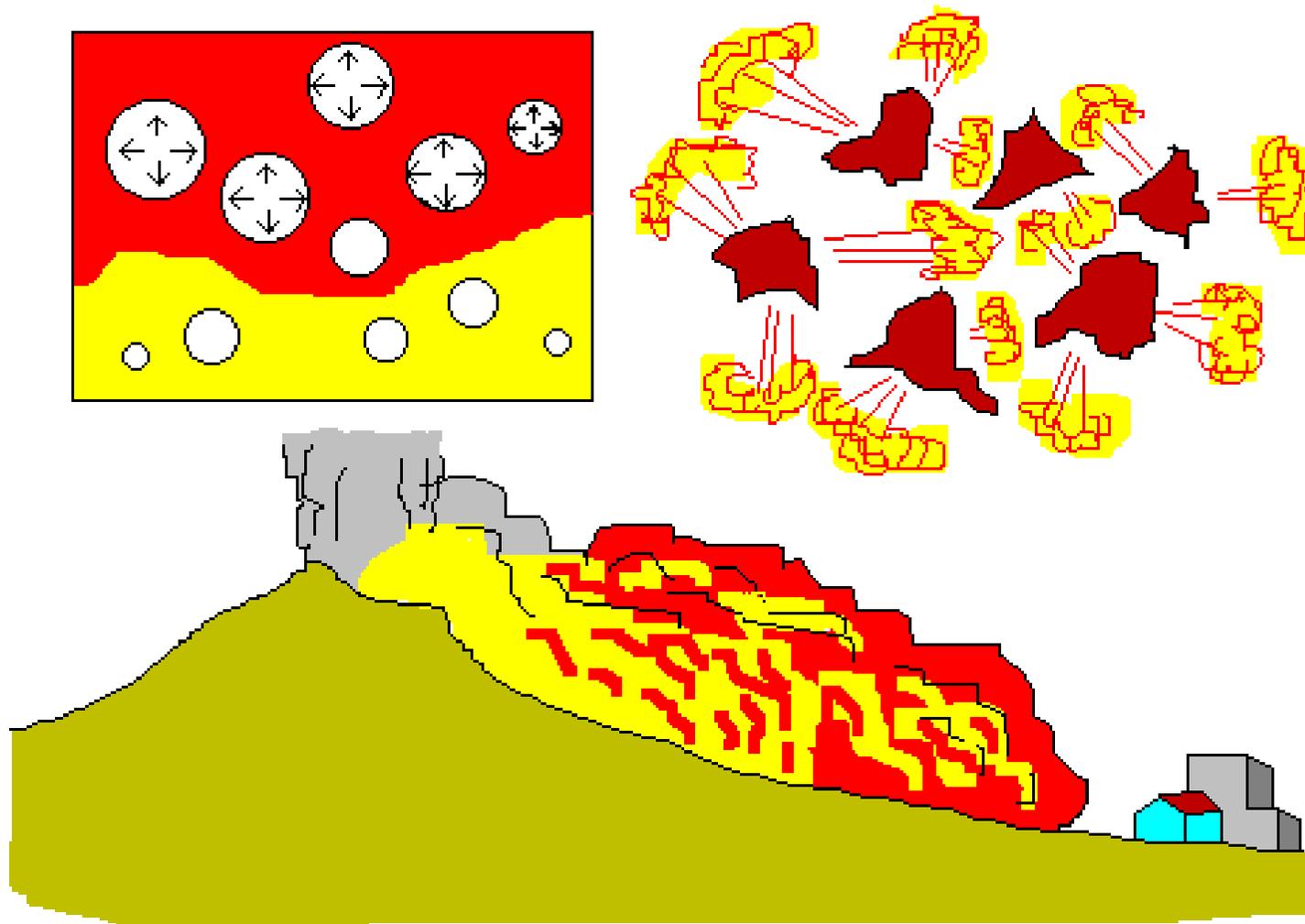


## Пелейский тип извержений

**Сходно с вулканианским типом, но характеризуется раскаленными лавинами и палящими тучами (Nuees Ardentes)**



# Nuee Ardente (Палящая туча)



## Плинианские извержения

**Крупные и катастрофические взрывные извержения. Как правило происходят после длительного перерыва**

**Вязкая магма формируют эруптивную колонну, которая достигает стратосферы (>11 км высоты).**

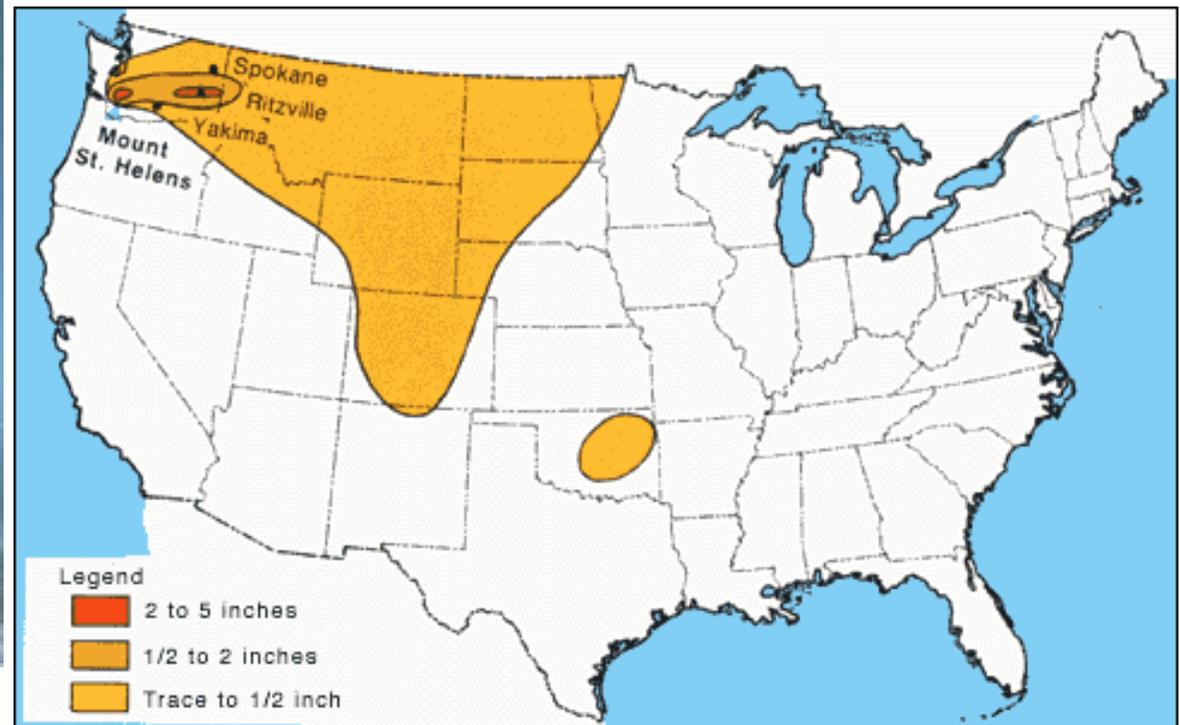
**Пепел остается в стратосфере в течение нескольких лет и может влиять на климат Земли.**



# Эксплозивные извержения плинианского типа сопровождаются интенсивными пеплопадами



Пеплопад во время извержения  
Mount St. Helens в мае 1980 г.



## Ультраплинианские извержения

**Катастрофические эксплозивные извержения при которых выбрасывается более  $100 \text{ км}^3$  тефры и пепловая колонна превышает высоту  $25 \text{ км}$ .**



Влк. Санторини



# Санторини, Греция



# Пепловый слой, Санторини





Санторини – потухший вулкан или спящий?



## Фреатические извержения

Извержения твердой тefры и большого количества пара, происходящие за счет контакта воды с магмой.

Odai and Nakahori



Photograph by D.A. Swanson  
on 4 April 1980, St.Helens

Не  
сопровождается  
выбросами или  
излияниями лавы

# Типы извержений, - Rick Cheel

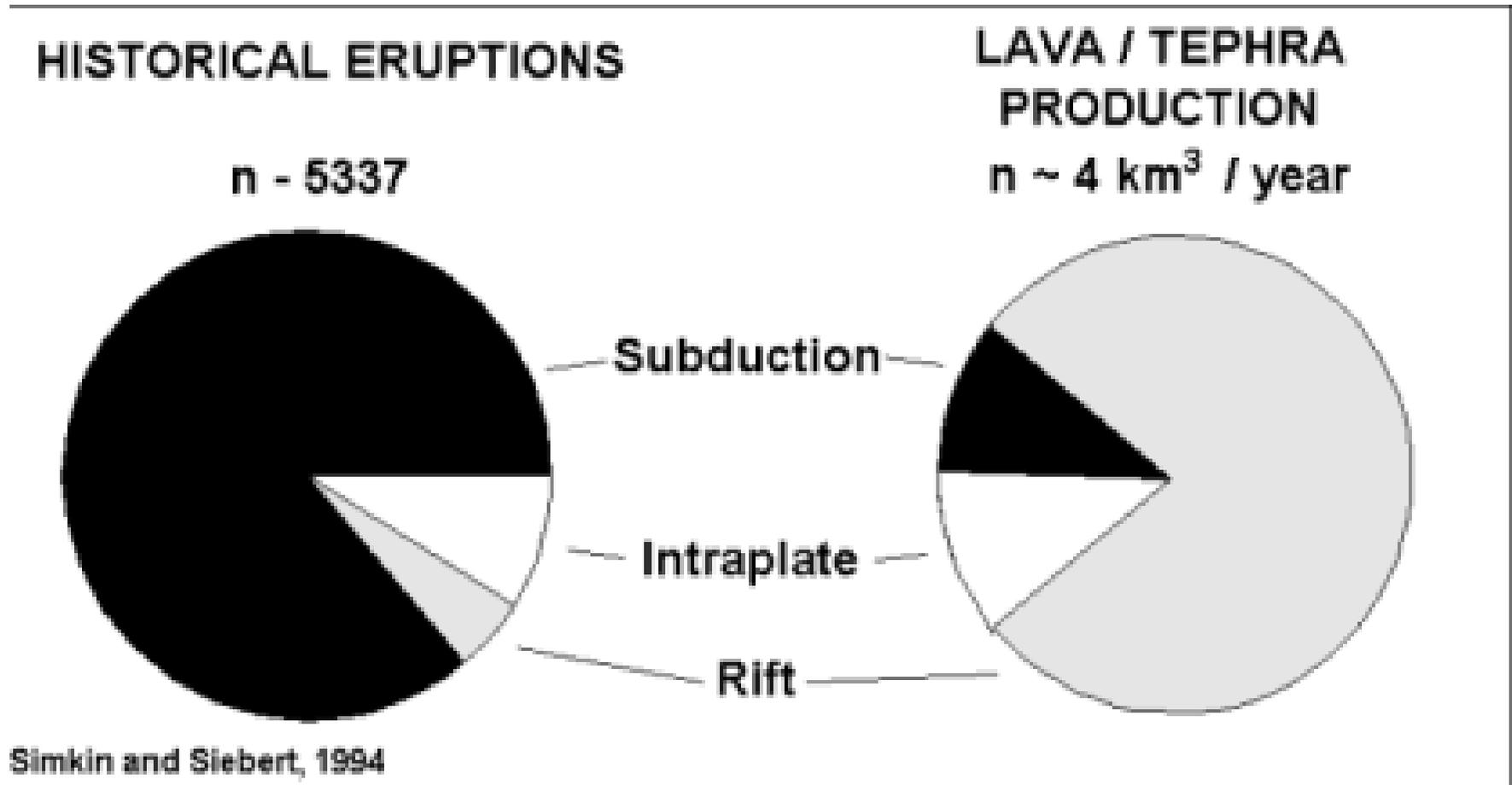
Тип	Лава	Вулкан	Примечания
Исландский	Базальт	Нет или щитовой	Трещинные излияния
Гавайский	Базальт	щитовой	
Стромболианский	Базальт-андезит	Небольшой стратовулкан	Спокойное, продолжительное извержение
Вулканский	андезит	стратовулкан	Большие эруптивные облака
Плинианский	Андезит-риолит	стратовулкан	Пирокластические потоки
Кальдеро-образующий	Риолит	Стратовулкан или маар	
Фреатический	любой	любой	Выбросы бомб и обломков

# Вулкан Ключевской, 1994



## **Some Icelandic volcanoes are buried beneath glaciers.**





Wunderman et al., 2004

# Что в извержениях заметнее всего?



Вулкан Ключевской, Камчатка  
Материалы из GeoWiki - <http://wiki.web.ru/>

# Cleveland Volcano, Alaska



# Mount Etna From Space

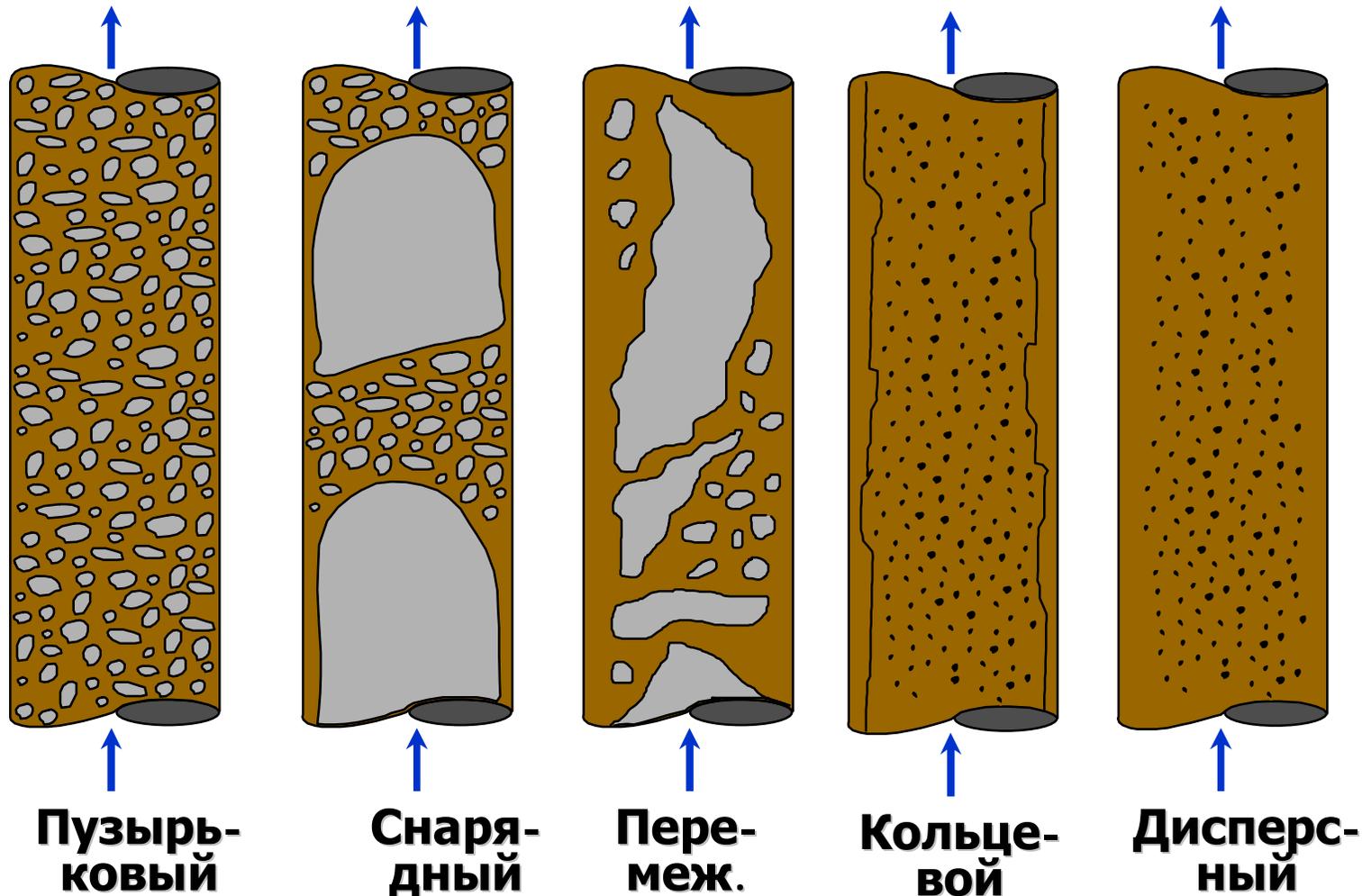


NASA

# Летучие – движущая сила извержений

- При больших давлениях различные газы растворены в магме ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCl}$  и др.)
- Магма может содержать до 10 весовых процентов растворенных газов.
- При подъеме и падении давления происходит нуклеация пузырьков и их последующий рост.
- При взрывных извержениях происходит дробление магмы и вынос ее на поверхность газом.

# Режимы течения газожидкостных сред



**Изменение структуры потока по мере роста доли газа**



# Видео отдельных режимов



1



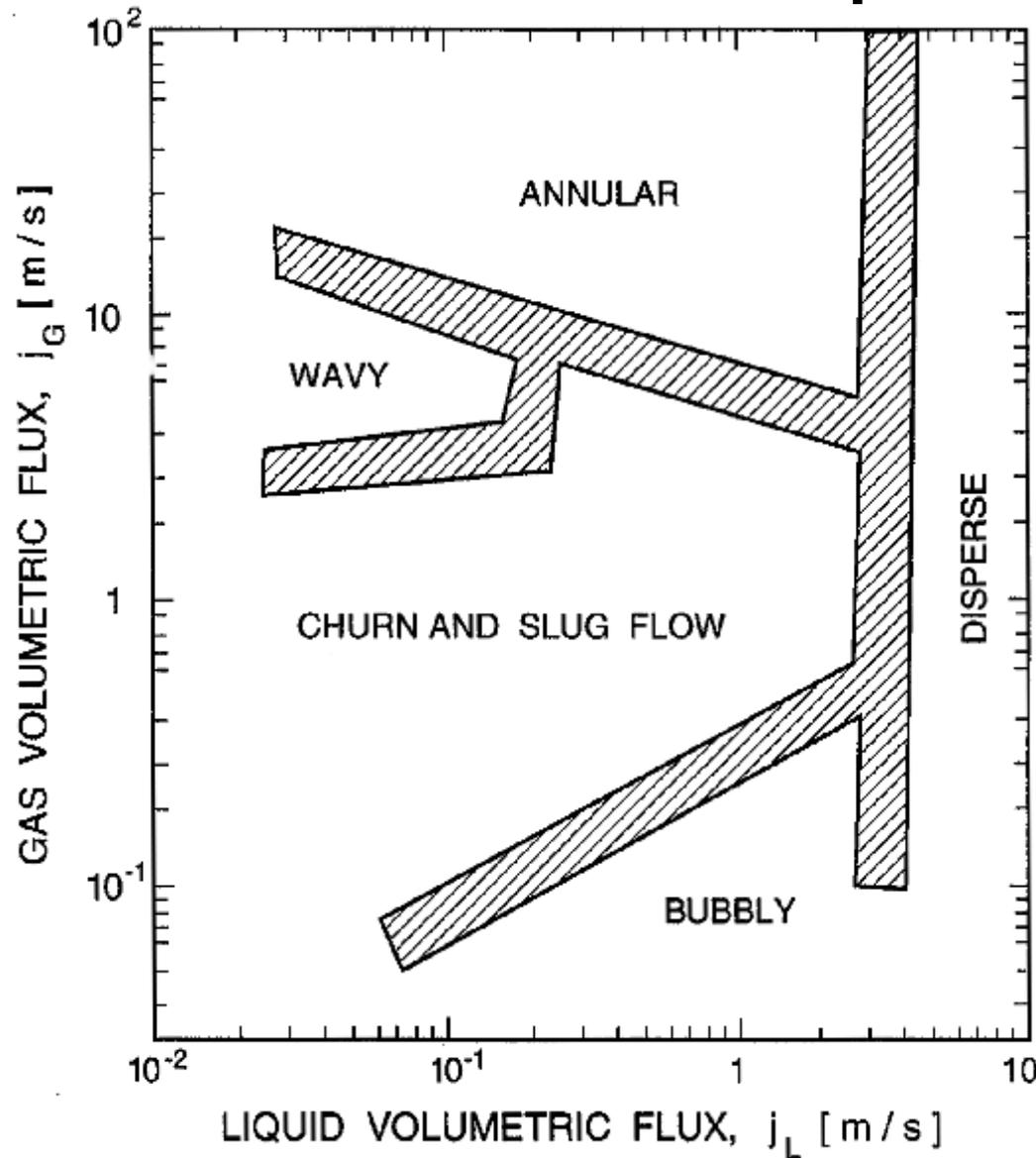
2



3

1. Пузырьковый
2. Кластерный
3. Снарядный

# От чего зависит режим течения?



- Объемной доли газа
- Вязкости жидкости
- Скорости потока
- Геометрии канала
- Способа диспергирования
- ...

На это осях отложены приведенные объемные потоки фаз.

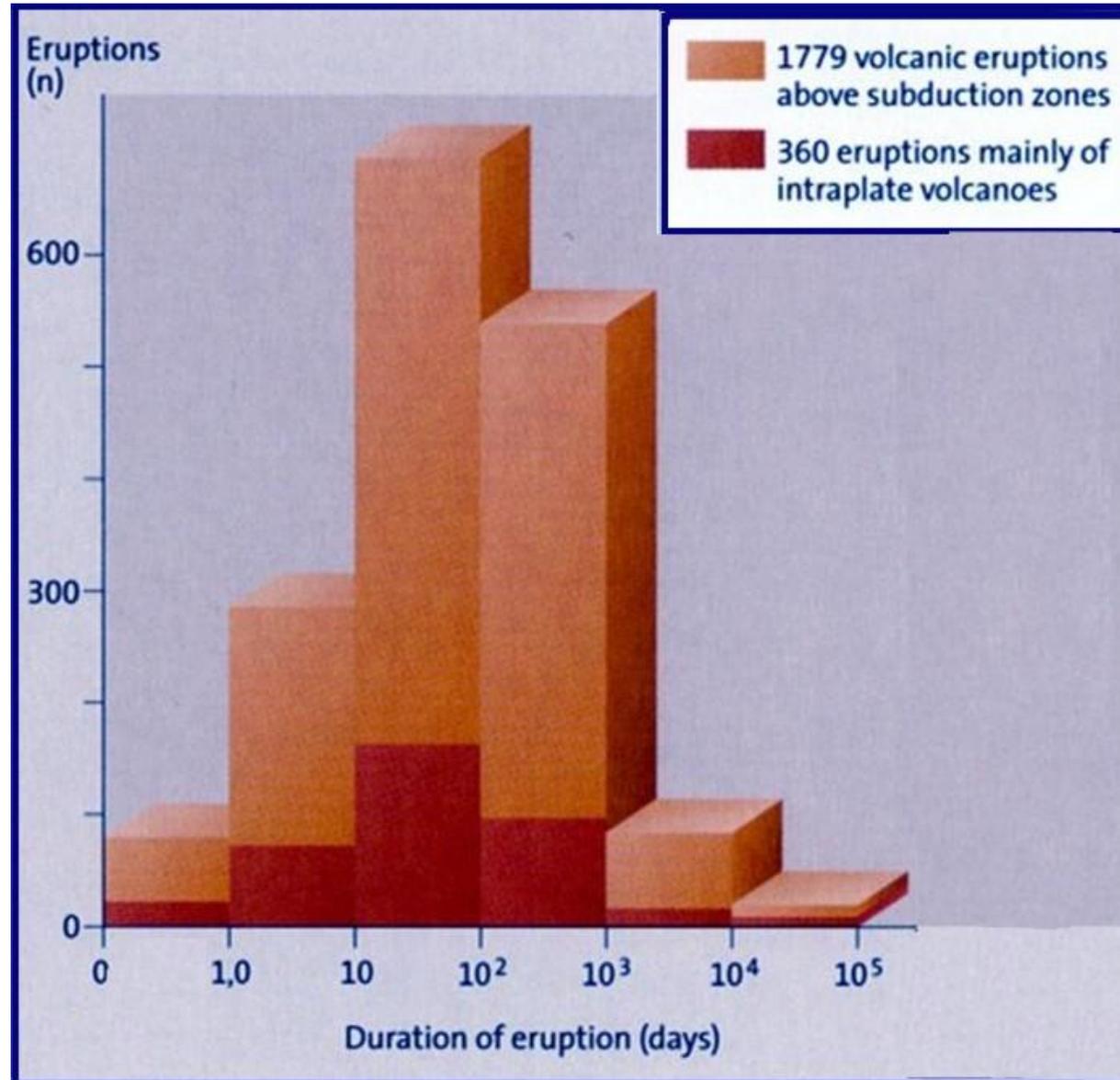
# Вулканические извержения как многофазные течения

Тип извержения	Режим течения
Гавайский Пелейский	Пузырьковый Кластерный
Стромболианский	Снарядный
Вулканский Плинианский	Дисперсный

# Эруптивная пепловая колонна

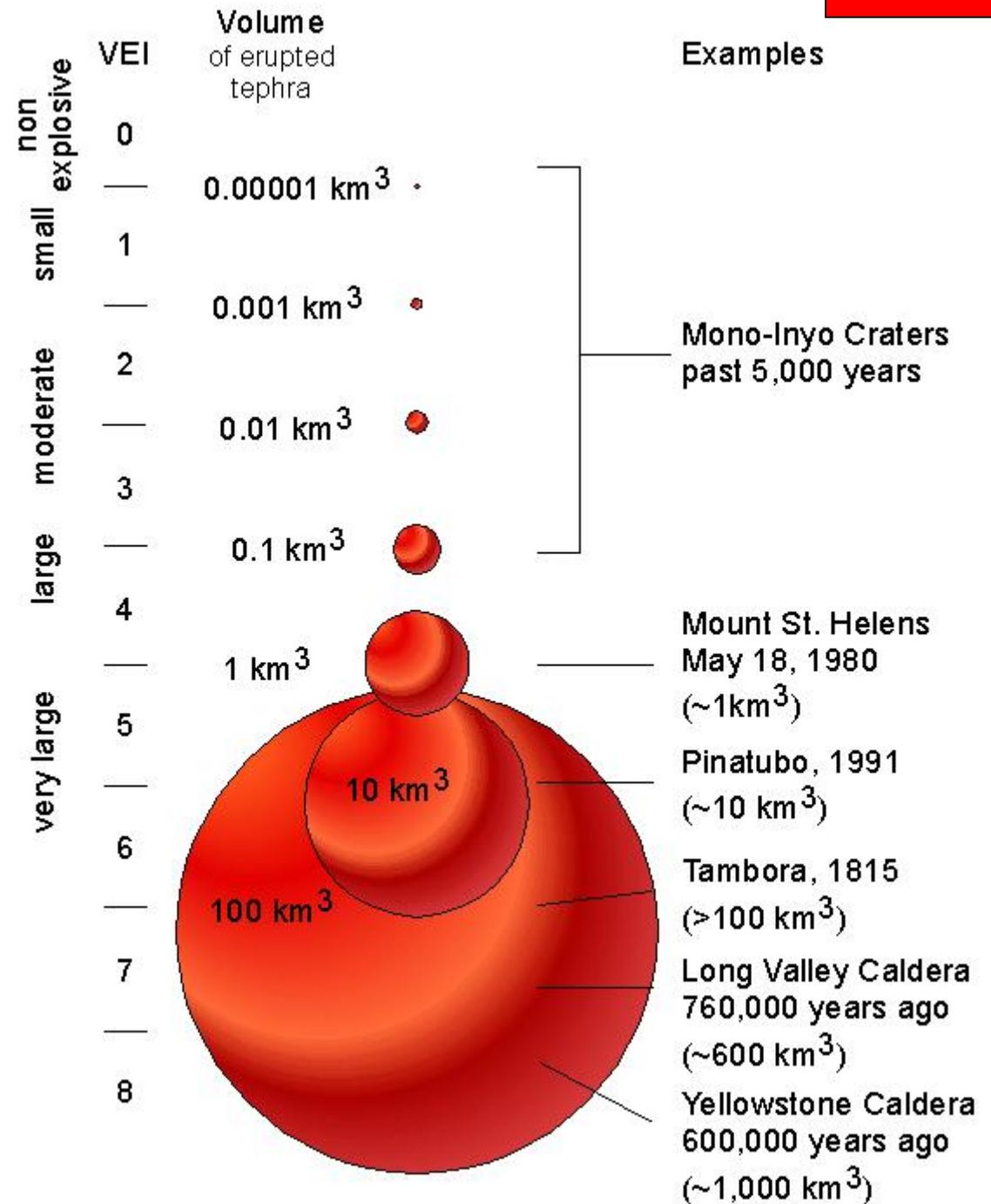
- Хорошо заметна и с Земли, и из космоса
- Легко измеряется высота колонны
- Мешает полетам реактивных самолетов
- Попадает в стратосферу и оказывает влияние на климат
- Дает стратифицированные пирокластические отложения, которые можно точно датировать.
- Можно легко посчитать объем выброшенной пирокластики

# Длительность извержений



# VEI – volcanic explosive index

DRE- Dense Rock  
Equivalent – объем  
извержения в  
пересчете на плотную  
породу



# VEI (Volcanic Explosivity Index) - Rick Cheel

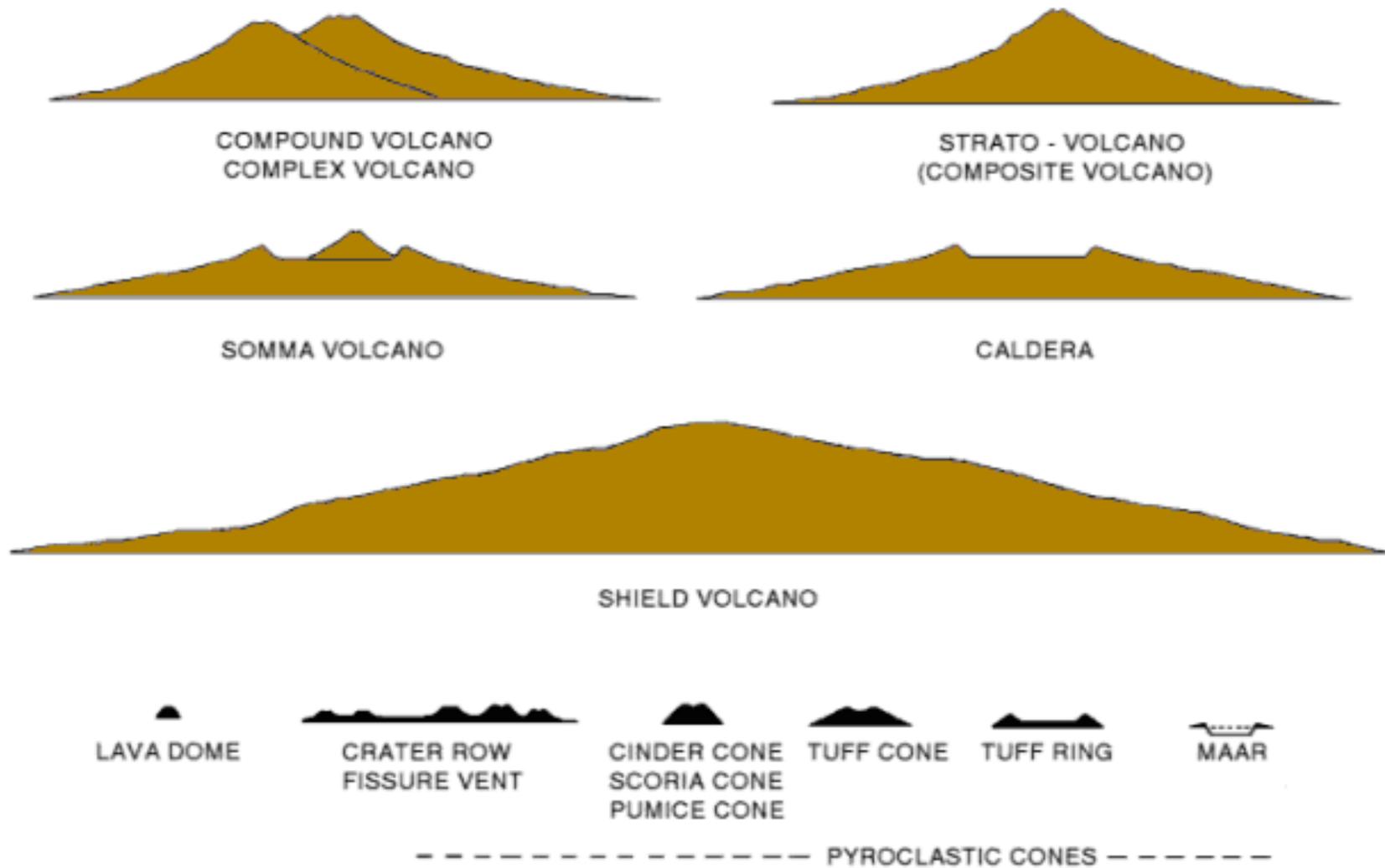
VEI	Classification	Description	Высота колонны	Объем	Frequency	Example
0	Гавайский	Не экпловзивное	< 100 м	< 10 <sup>4</sup> м <sup>3</sup>	ежедневно	Mauna Loa
1	Гавайско- Stromboliанский	незначительное	100-1000 м	> 10 <sup>4</sup> м <sup>3</sup>	ежедневно	Stromboli
2	Стромболиано- вулканианский	экспловзивное	1-5 км	> 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	еженедельно	Galeras 1993
3	Вулканианский /Пелейский	серьезное	3-15 км	> 10 <sup>7</sup> м <sup>3</sup>	ежегодно	Lassen 1915
4	Пелейский /Плинианский	разрушительное	10-25 км	> 0.1 км <sup>3</sup>	≥ 10 лет	Soufrière Hills 1995
5	Плинианский	катастрофическое	> 25 км	> 1 км <sup>3</sup>	≥ 50 лет	St. Helens 1980
6	Плинианский /Ультраплинианский	грандиозное	> 25 км	> 10 км <sup>3</sup>	≥ 100 лет	Pinatubo 1991
7	Плинианский /Ультраплинианский	колоссальное	> 25 км	> 100 км <sup>3</sup>	≥ 1000 лет	Tambora 1815
8	Ультраплинианский	мегаколоссальное	> 25 км	> 1,000 км <sup>3</sup>	≥ 10,000 лет	Toba (74,000 BP)

# Сколько было крупных извержений?

	<b>VEI <sup>3</sup> 3</b>	<b>VEI <sup>3</sup> 4</b>
Весь голоцен	~1440	~490
По исследованиям тephры	~460	~280
В исторических записях	~970	~210

VEI 7 – 7 документированных извержений за 10 тыс.лет

# Типы вулканических построек

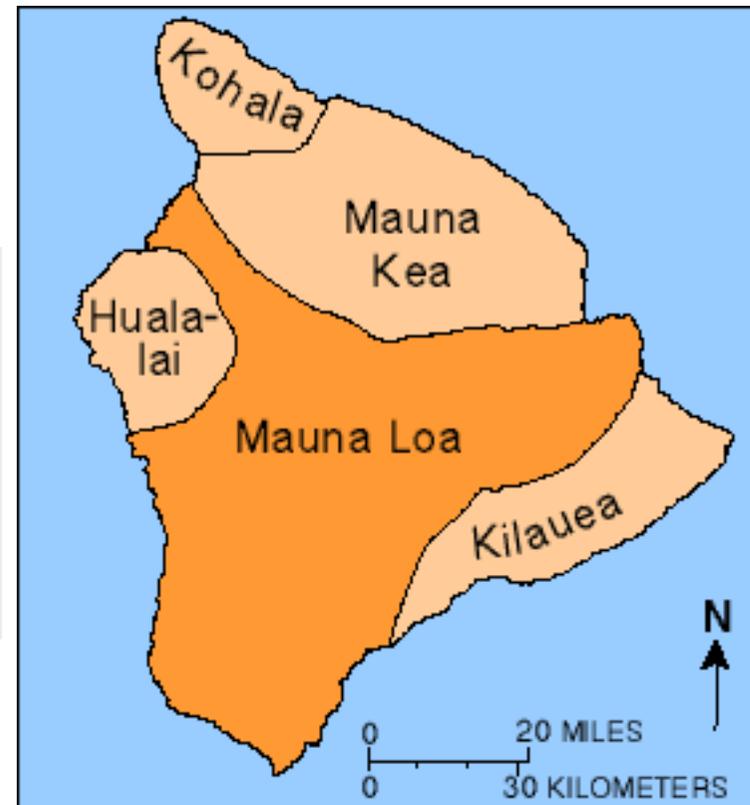
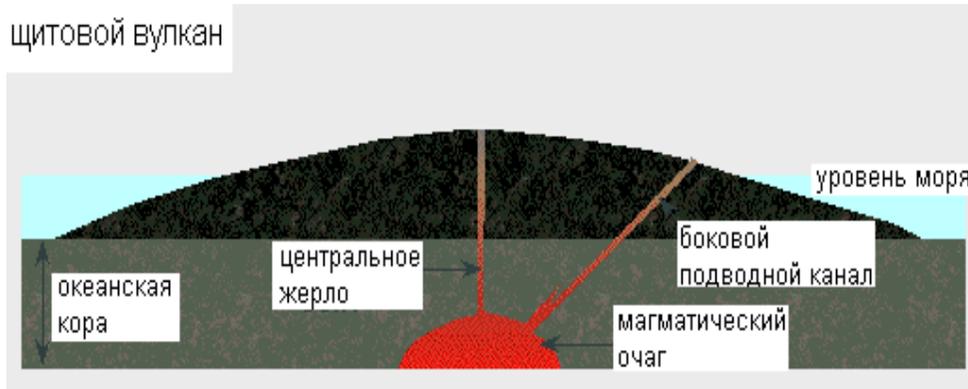


Simkin and Siebert, 1994

# Типы вулканов - Щитовые вулканы

Постройка с пологими склонами

- Извержения гавайского типа
- Преобладают маловязкие базальтовые магмы

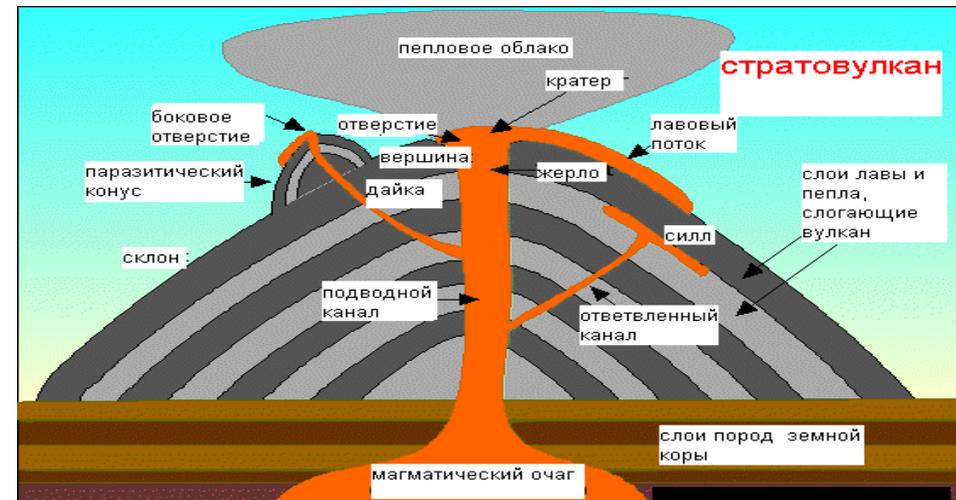


Крашенинников С.П., 1-й курс



# Стратовулканы

- Сложены чередованием слоев пирокластического материала и лавовых потоков
- Преобладают извержения вулканианского и плиннианского типов
- Примеры: Везувий, Ключевской, Сент-Хеленс

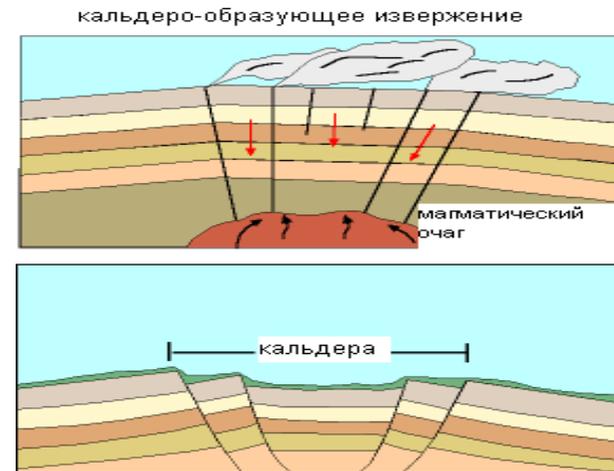


# Морфология стратовулканов

- Стратовулканы характеризуются конической формой постройки
- Более молодые вулканы имеют более правильную коническую форму
- Активные стратовулканы способны сохранять конический профиль

# Типы вулканов

- Кальдеры
- Образуются за счет катастрофического взрыва или коллапса пустого очага магмы, оставившего после себя круглую впадину кальдеры
- Характеризуется очень интенсивными извержениями
- Пример: Йеллоустоун



## Шлаковые конуса

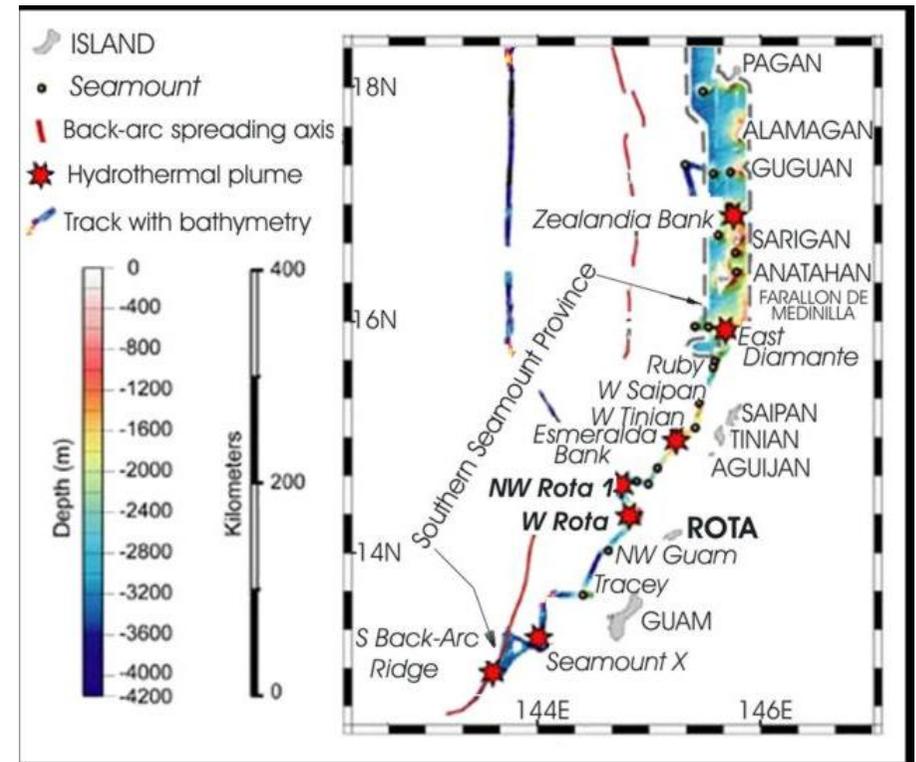
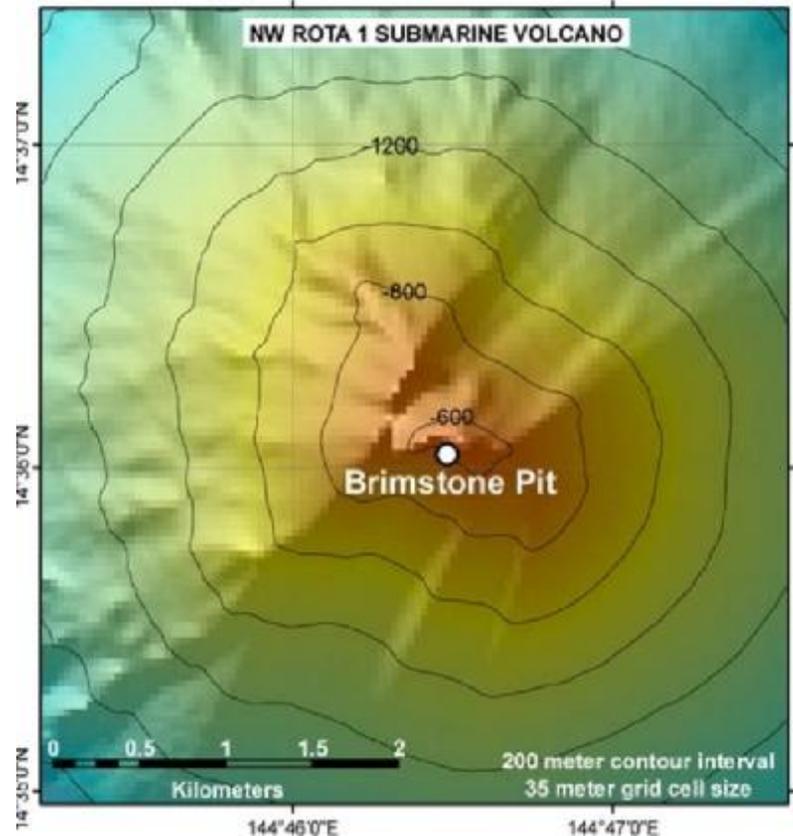
Парикутин (Мексика) начал извергаться посреди кукурузного поля в 1943 году. Извергался непрерывно до 1952 г.

В первый год вулкан вырос на 336 метров

Скорость роста постепенно замедлялась – к 1952 г он достиг 424 м высоты.



# Подводные извержения



Chadwick, W., K. V. Cashman, R. Embley, H. Matsumoto, R. P. Dziak, C. E. J. de Ronde, T. A. Lau, N. D. Deardorff, and S. M. Merle, J. G., 2008. Direct video and hydrophone observations of submarine explosive eruptions at NW Rota-1 volcano, Mariana Arc. *J Geophys Res*, doi:10.1029/2007JB005215



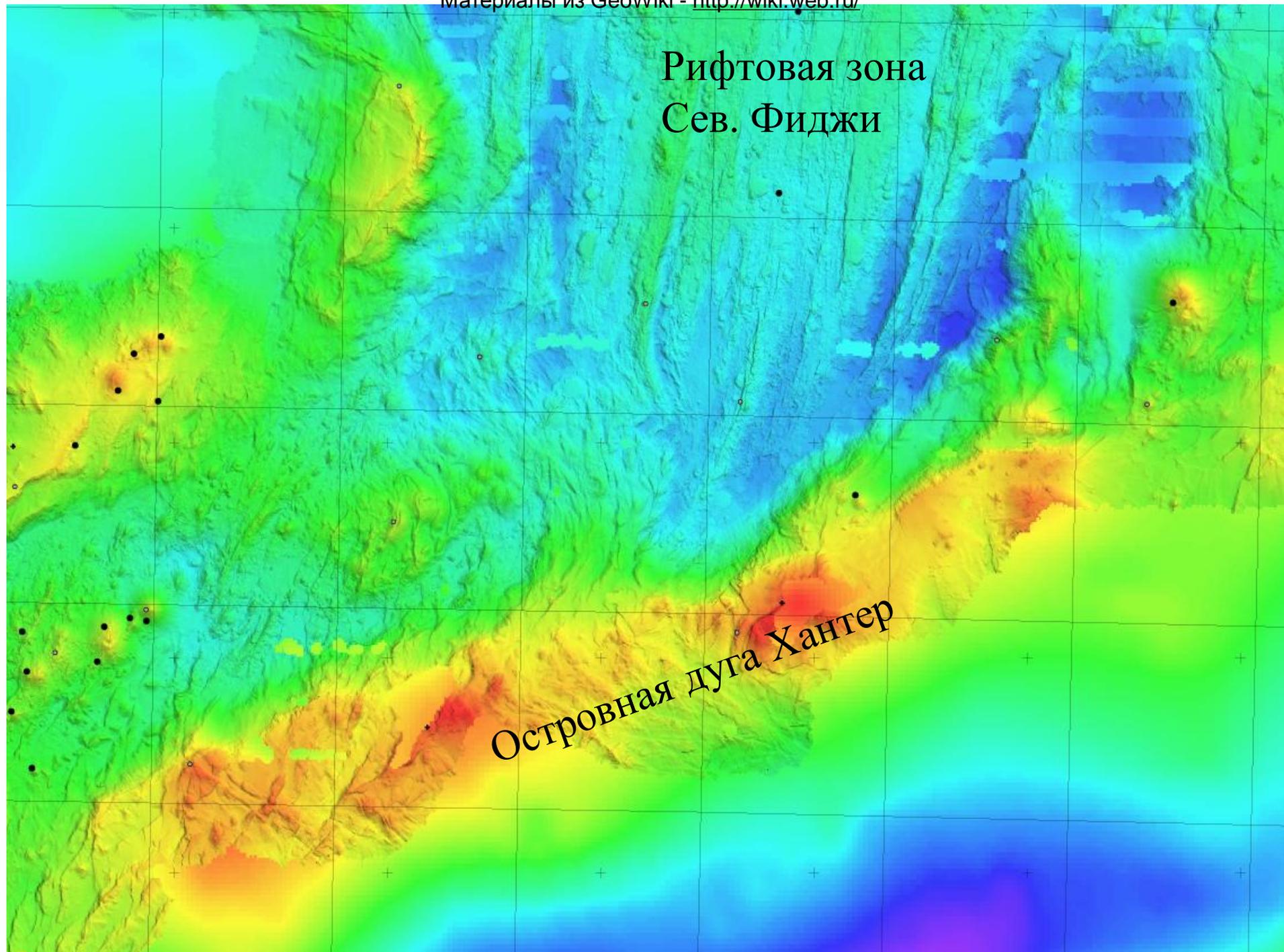
# видеосъемка извержения NW Rota-1



Билл Чэдвик



Глубина 560 м.  
Глубоководный  
аппарат Jason II, 29  
апреля 2006. NOAA  
Vents Program.



Рифтовая зона  
Сев. Фиджи

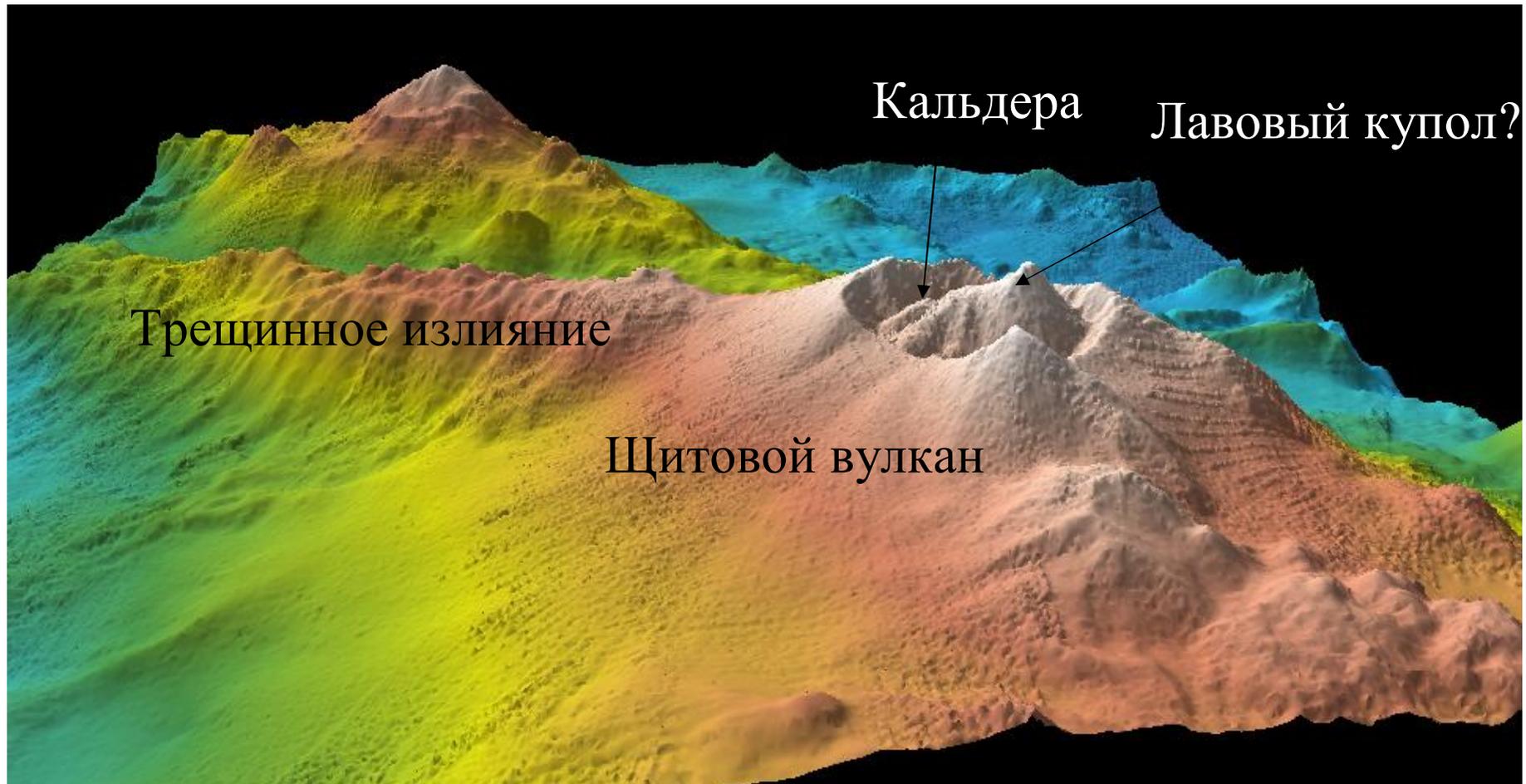
Островная дуга Хантер

# Southern Surveyor



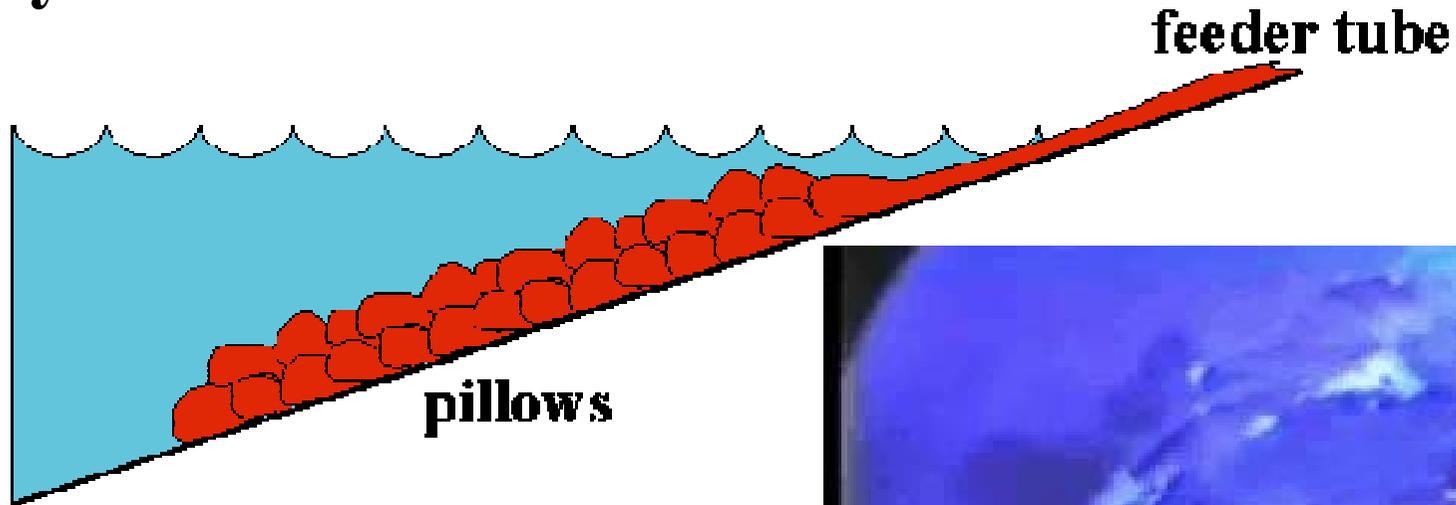


# Детальные схемы подводных вулканов





# Пиллоу-лавы: Формируются за счет фрагментации во время очень быстрого остывания в подводных условиях



*Richard Pyle*





# Краткие итоги лекции №3

- Вулканы могут извергать как жидкий, так и твердый материал. Жидкий материал может изливаться или выбрасываться в воздух.
- Современные классификации извержений сводятся к линейной или логарифмической шкале высоты эруптивной колонны и объема пирокластического материала.
- Вулканические постройки классифицируются по морфологическим признакам, в первую по углу склонов и объемам постройки.
- Существует еще много неклассифицированных типов извержений и вулканических построек