



**Лекция
Геодинамика и
вулканические извержения**

Геологическая часть лекций

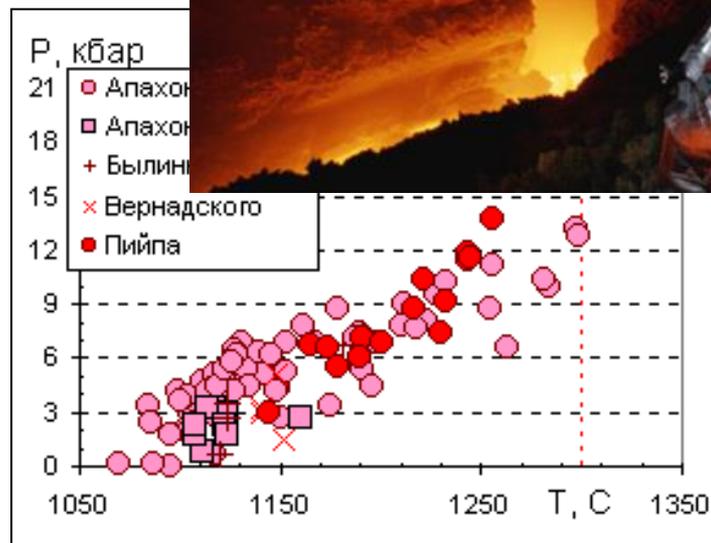
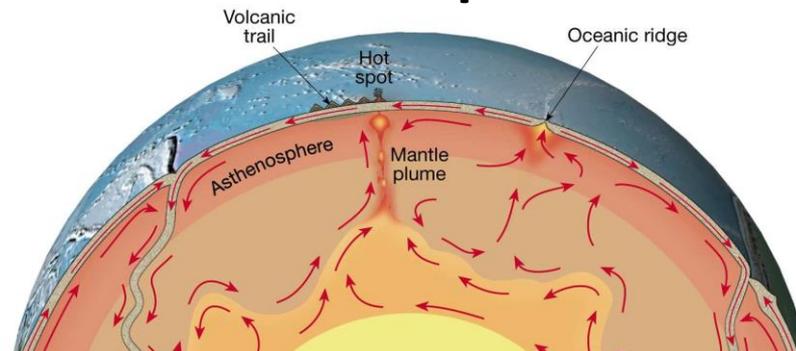
Строение Земли

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



Словарик

Извержение – процесс появления магмы или вулканических продуктов на поверхности

Вулкан – место, в котором магма достигает поверхности Земли

Индекс деструктивности – десятичный логарифм площади, покрытой во время извержения лавой, пирокластическими и грязевыми потоками или слоем тефры более чем 100 кг/м^2

Тефра – рыхлые отложения извержений (пепел, бомбы и т.д.)

Игнимбриты – отложения тефры очень крупных извержений, в которых происходит спекание частиц еще во время накопления

Туфы – сцементированные после извержения тефры

Горячие точки (*hot spots*) – районы с аномально высокими скоростями вулканизма (как правило, базальтового) за счет существования мантийных плюмов

Вариации основных параметров извержений

Температура магмы - 800–1250 С - сильно влияет на вязкость магмы

Содержание воды в магме - 0.1–6 мас. % H₂O – обеспечивает фрагментацию и вспенивание магмы при извержении

Вязкость магмы - 10^2 – 10^{10} Пуаз - Определяет возможность магмы течь, вспениваться, контролирует рост пузырьков и скорость их подъема

Скорость извержения - 10^6 – 10^9 кг/с – определяет режим извержения

Метеорные воды - 0.01–0.5 доли объема - доля воды, которая может смешиваться с магмой в магматическом канале или на поверхности

Кристалличность - 0–50% - Влияет на эффективную вязкость и на реологические свойства магмы

Геодинамические обстановки и вулканизм

Геодинамическая обстановка — в теории тектоники плит, характерная геологическая структура, с определённым соотношением плит. Для каждой геодинамической обстановки характерны свои движущие силы и причины магматизма.

Океан

- срединно-океанические хребты
- океанические острова
- океанические плато

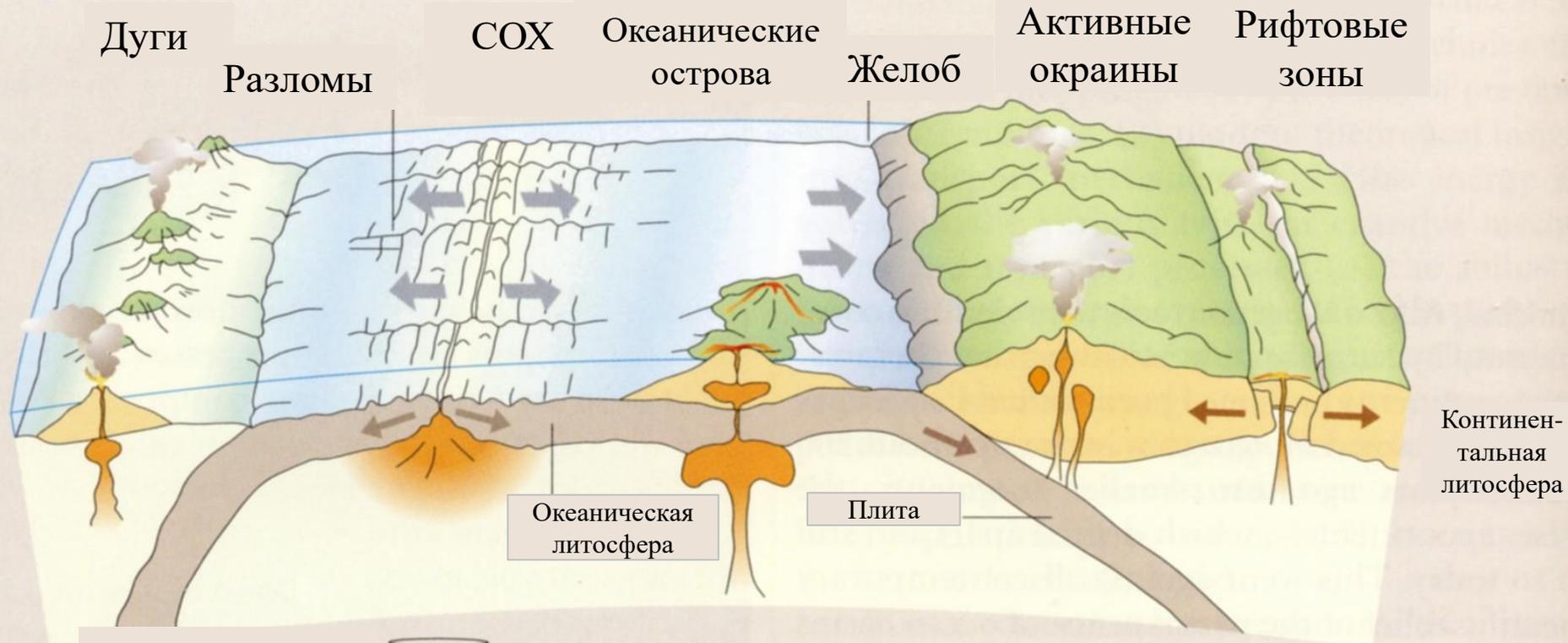
Континент

- рифтовые зоны
- горячие точки
- большие магматические провинции

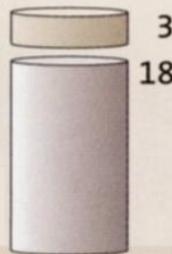
Переходная зона

- островные дуги
- задуговые бассейны
- активные окраины

Продуктивность современных геодинамических обстановок



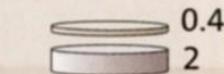
Вулканические



Интрузивные

км³/год

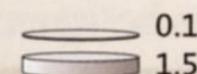
СОХ



Океанические
острова



Зоны
субдукции



Континентальные
рифты

Тихоокеанское огненное кольцо

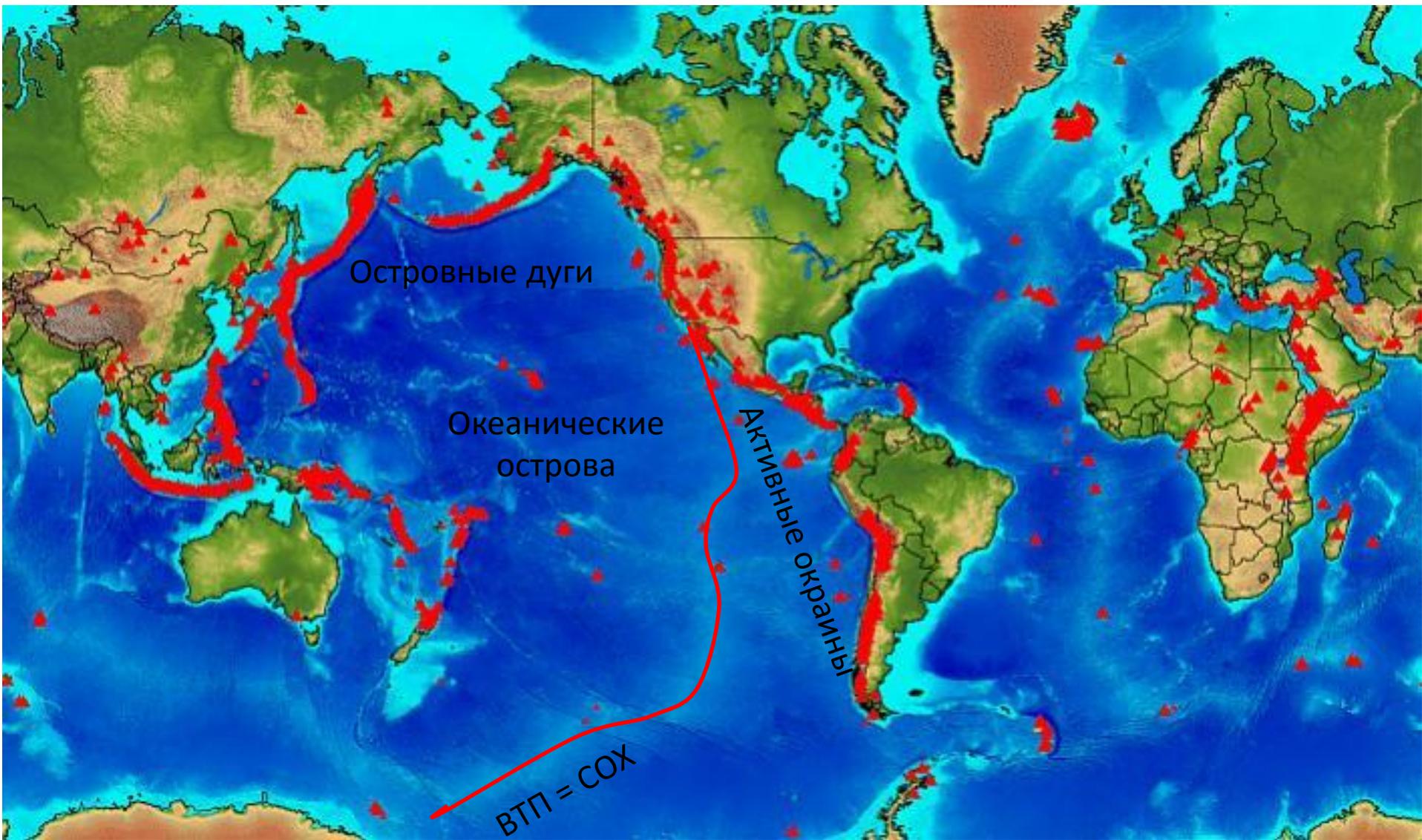
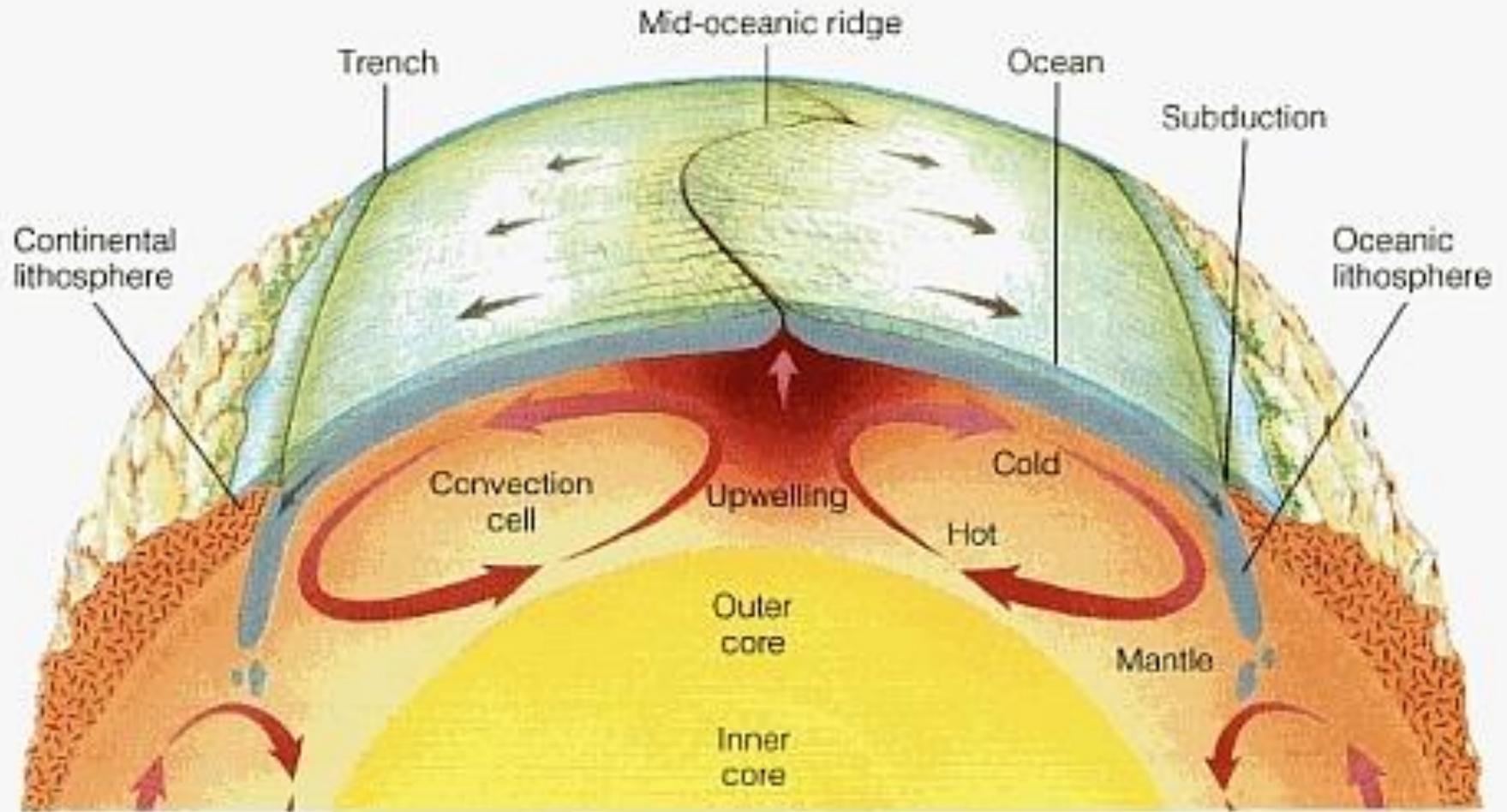


Схема простой конвекции и образование СОХ



Мантийные породы

Оливин $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$
Состав: Форстерит
 $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$ 88-94
Количество: 50-98%

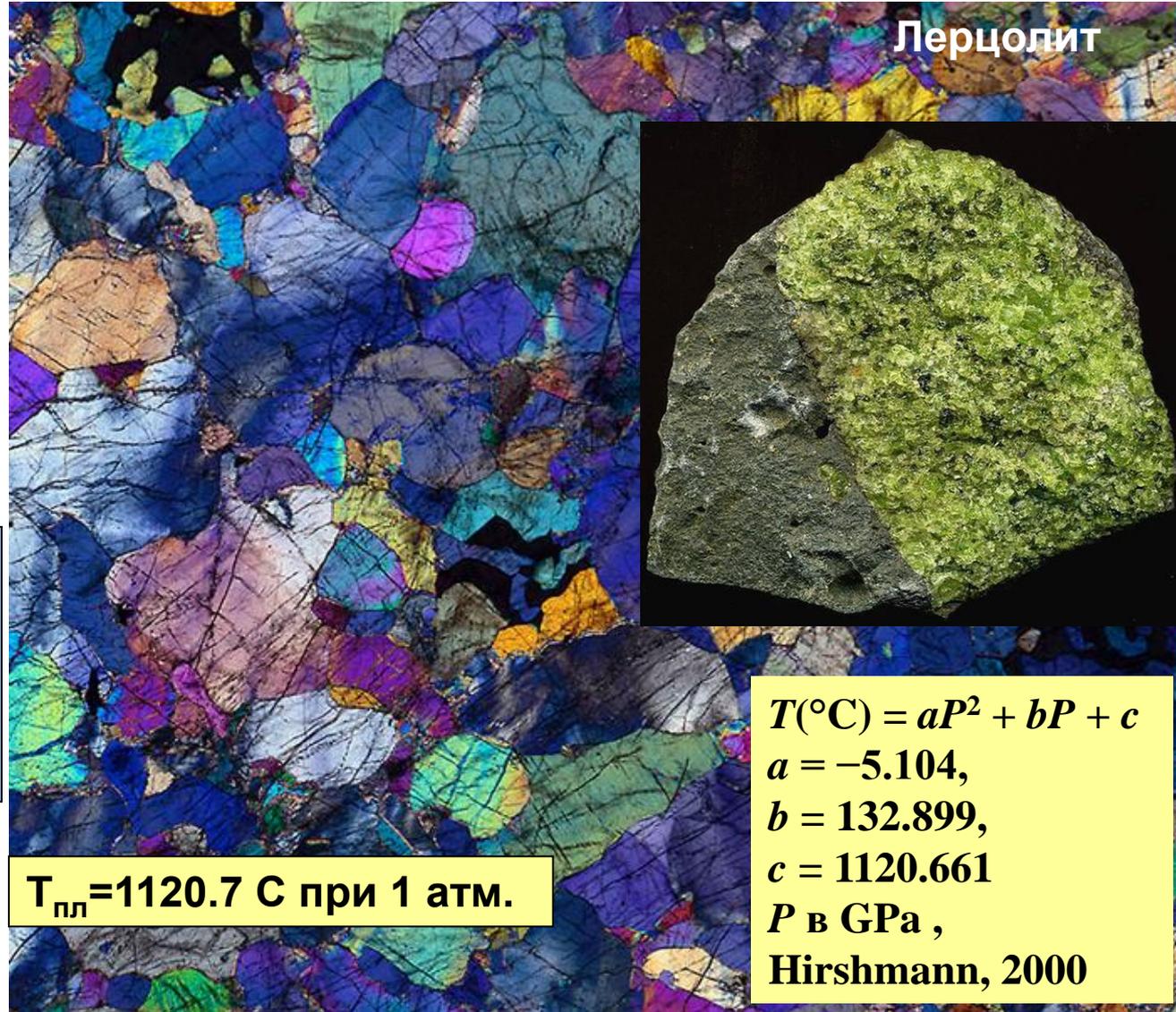
Ортопироксен
 $(\text{Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$
Состав: Энстатит
 $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$ 86-93
Количество: 1-35%

Клинопироксен
 $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$
Состав: Диопсид
 $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}) > 86-93$
Количество: 1-25%

Плагиоклаз
 $(\text{Ca,Na})\text{Al}_{2-3}\text{Si}_{2-3}\text{O}_8$

Шпинель
 $(\text{Mg,Fe})(\text{Al,Cr})_2\text{O}_4$

Гранат
 $(\text{Mg,Fe})_3(\text{Al,Cr})_2[\text{SiO}_4]_3$



Лерцолит

$T_{\text{пл}} = 1120.7 \text{ C}$ при 1 атм.

$$T(^{\circ}\text{C}) = aP^2 + bP + c$$

$a = -5.104,$
 $b = 132.899,$
 $c = 1120.661$
 P в GPa ,
Hirshmann, 2000

Главные компоненты: Mg, Si, Ca, Al –
в равновесии должно быть 4 минерала

Механизмы генерации магмы

Плавление мантии возможно

1. За счет нагрева (очень трудно нагреть уже нагретое)
2. За счет уменьшения давления (адиабатическая декомпрессия)
3. За счет добавки «флюса» (в данном случае, воды)

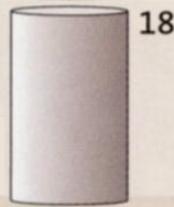


Магмогенерация в современных геодинамических обстановках



Вулканические

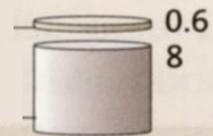
Интрузивные
км³/год



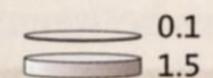
СОХ



Океанические
острова

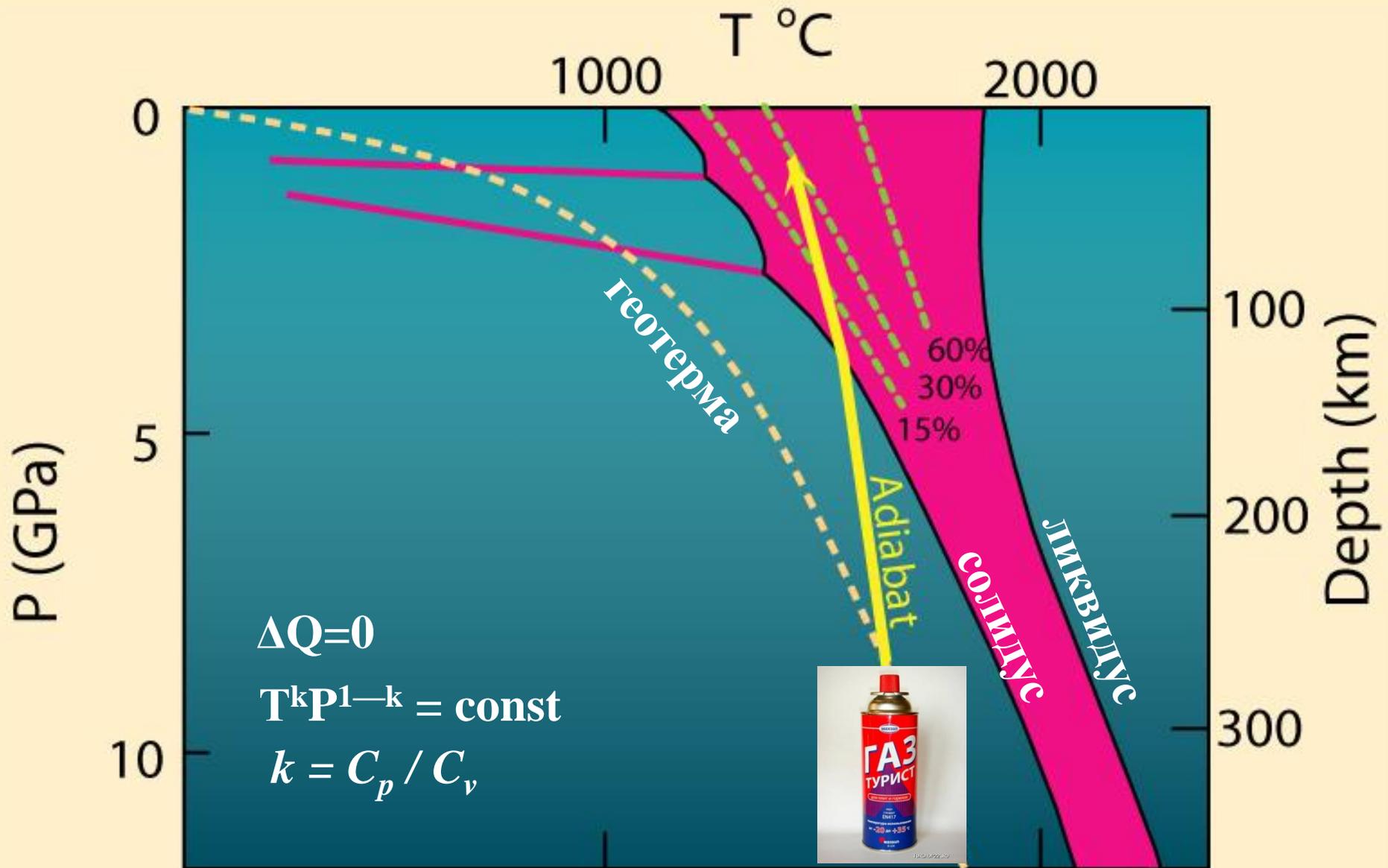


Зоны
субдукции

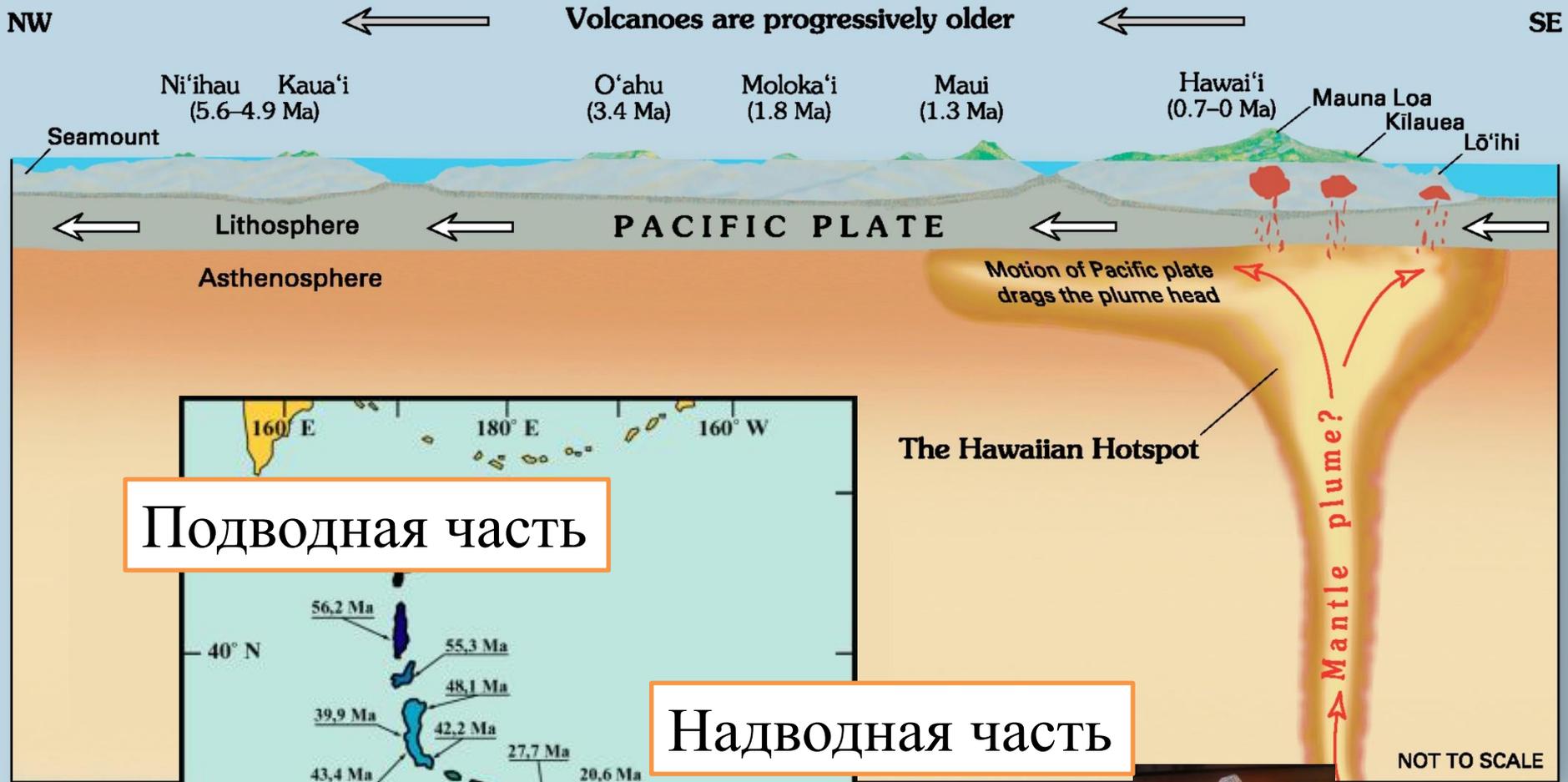


Континентальные
рифты

Плавление мантии под срединно-океаническими хребтами



Плавление мантии под океаническими островами

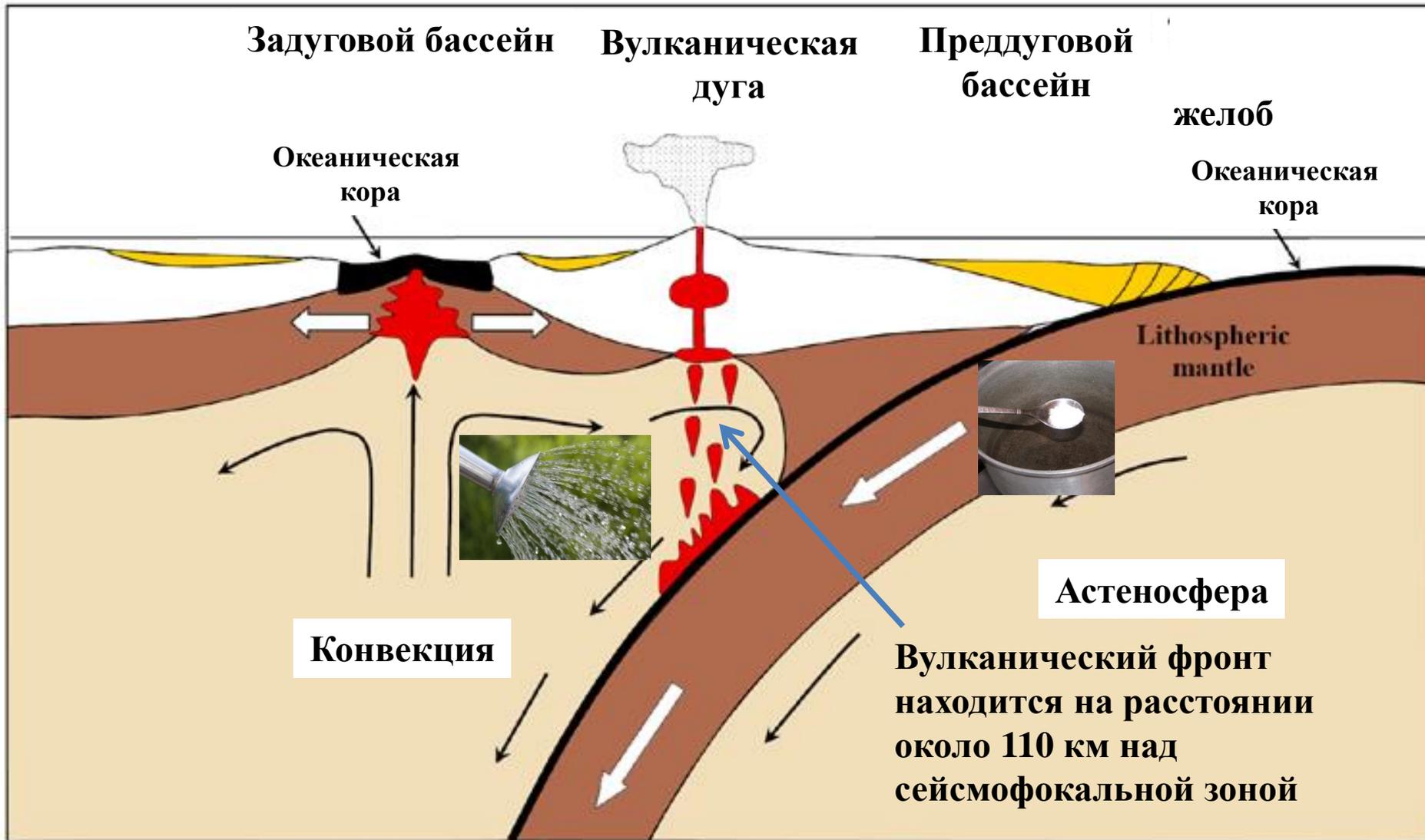


Подводная часть

Надводная часть



Строение зон субдукции

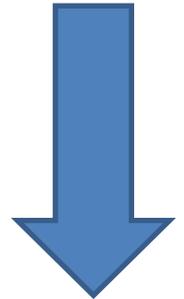


Типы извержений

Магма (От греч. "магма" - "густая мазь") смесь магматического расплава, кристаллов и/или их сростков и флюидной фазы, способная к перемещению в земной коре.

Лава – магма, попавшая из недр Земли на поверхность:

Вязкость



1. Эффузивные извержения – вытекает
2. Экструзивные извержения - выдавливаются
3. Эксплозивные извержения – выбрасывается взрывом
4. Извержения смешанных типов
5. Фреатические извержения – без лавы на поверхности

Типы эффузивных извержений

Надводные трещинные
– исландский тип



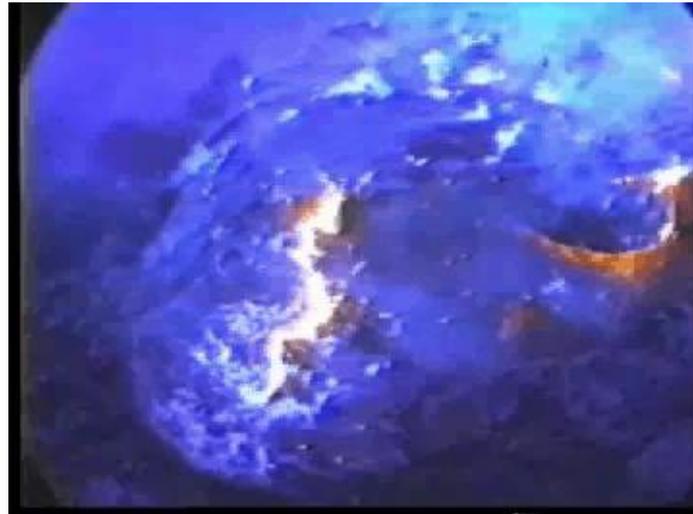
Крафла (Исландия), 1984

Надводные центральные
– гавайский тип



Килауэа (Гавайи), 1975

Подводные



Типы экструзивных извержений



Главные типы взрывных извержений

Разделяются по мощности и периодичности выбросов

1. Стромболианский (Стромболи, Италия)
2. Вулканианский (Вулькано, Италия)
3. Субплинианский
4. Плинианский (Везувий, Италия)
5. Ультраплинианский (Йеллоустон, США)



Мощность единичного взрыва

Извержение Стромболи 1934-2011

объем всего материала за 77 лет - $1.9 \times 10^7 \text{ м}^3$

Извержения

Стромболианского типа

**характеризуются периодическими
маломощными выбросами
пирокластики из кратера,
повторяющимися раз в несколько
минут. Выбрасывается пирокластика
различной размерности, от пепла до
бомб.**

Вулканианский тип извержений

Преобладает пирокластика, периодические взрывы сопровождаются выбросом пепла на высоту более 1 км.

Вулкан Шивелуч,
23.11.2014 г.



5 км



Вулкан Карымский, 2006 г.

Вулкан Шивелуч,
24.02.2015 г.



5 км

Субплинианский тип извержений

Преобладают мощные взрывы, сопровождаются выбросом пепла на высоту до 20 км. Характерны объемы извержений ($> 0.1 \text{ км}^3$)



4 июня 2011 года, вулкан Puyehue-Cordón Caulle, Чили

Субплинианский тип извержений



Пик Сарычева, 12 июня 2009 г., 0.1 км³, Курилы, вид из космоса

Плинианский тип извержений

Преобладают мощные взрывы, сопровождаются выбросом пепла на высоту >20 км. Характерны большие объемы извержений (> 1 км³)



Влк.Безымянный, 30 марта 1956 г., >1 км³



Пинатубо, 12 июня 1991 г., 10 км³
Филлипины



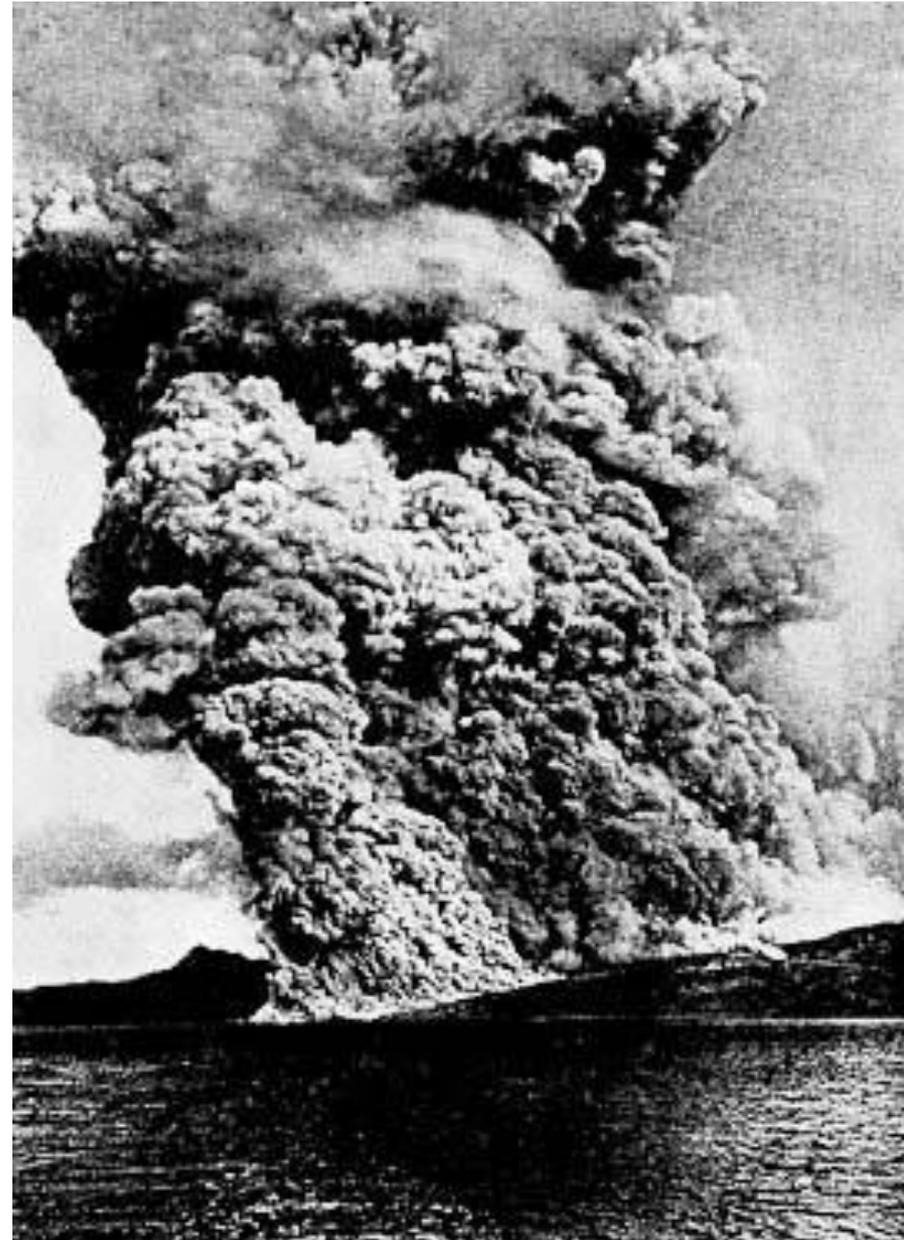
Везувий, 25 августа 79 г., >1 км³

Смешанные типы извержений

Пелейский тип извержений

Сходен с вулканианским или плиннианским типом, но характеризуется раскаленными лавинами и палящими тучами (Nuees Ardentes)

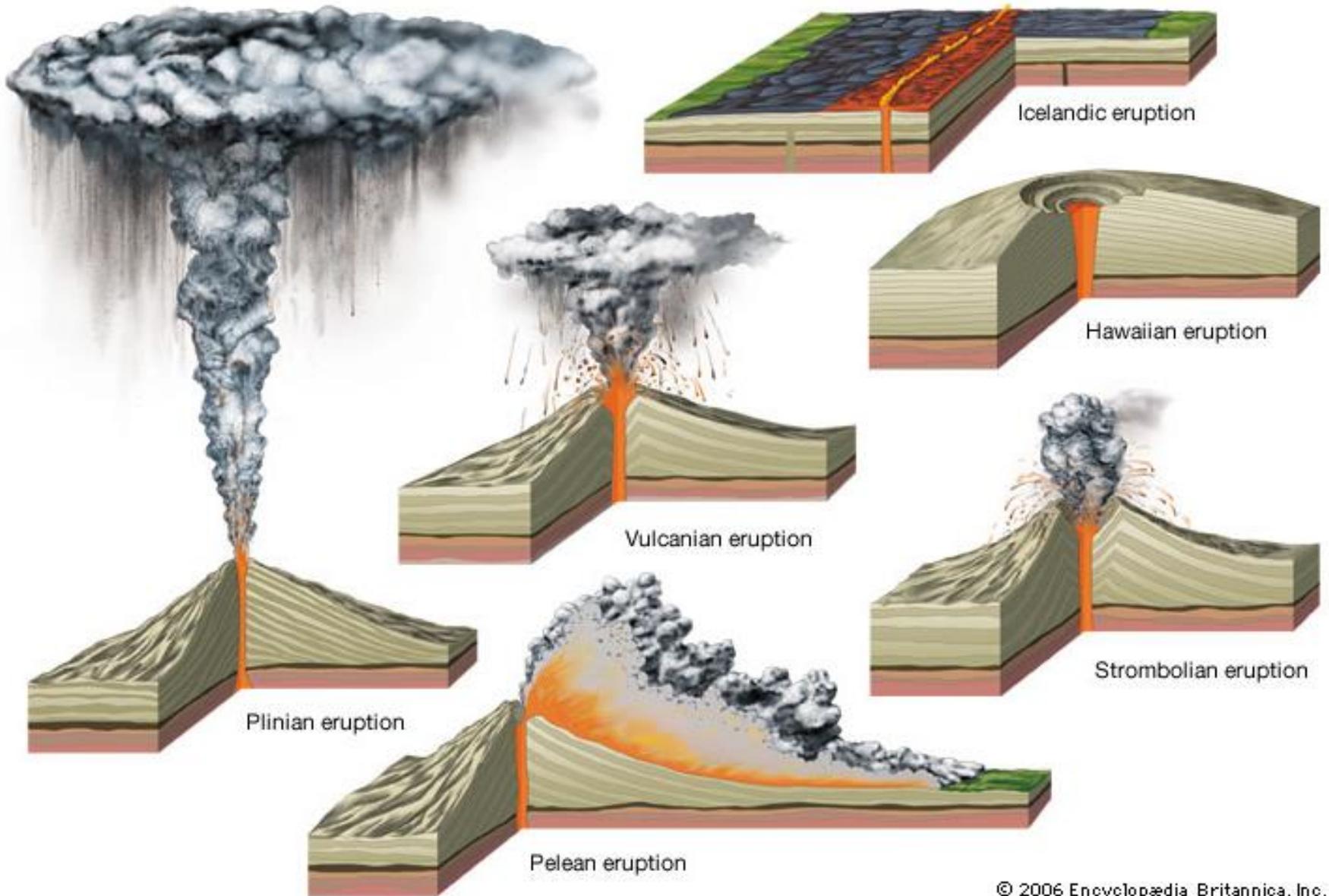
Как правило, сначала растет экструзивный купол, а затем он обрушивается.



Смешанные типы извержений

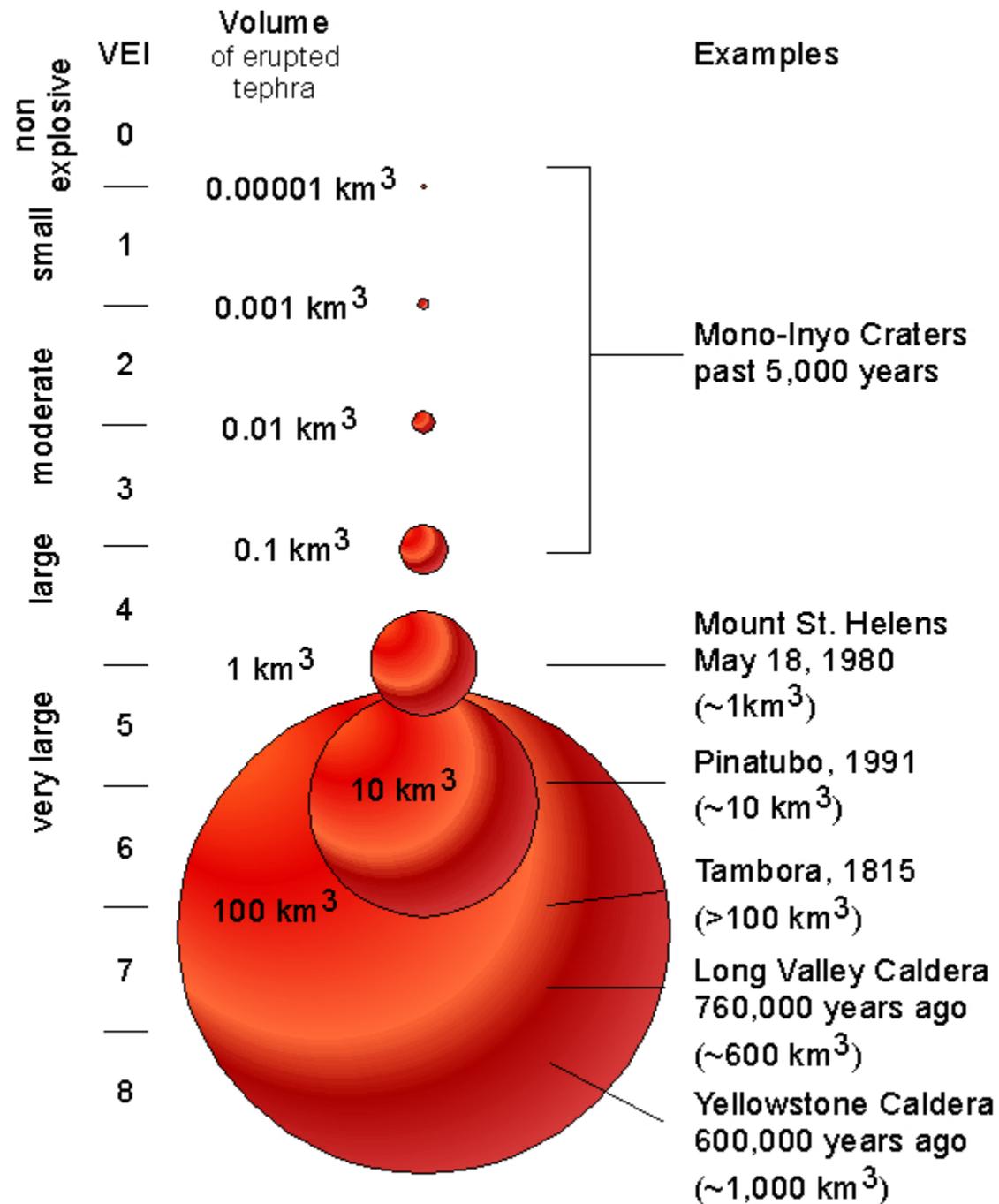


Главные типы извержений



VEI – volcanic explosive index

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



Ультраплинианские извержения

Катастрофические эксплозивные извержения при которых выбрасывается более 100 км^3 ювенильного материала и пепловая колонна превышает высоту 40 км.



Влк. Санторини



Пример 1. Определить статус вулкана и тип извержения, если

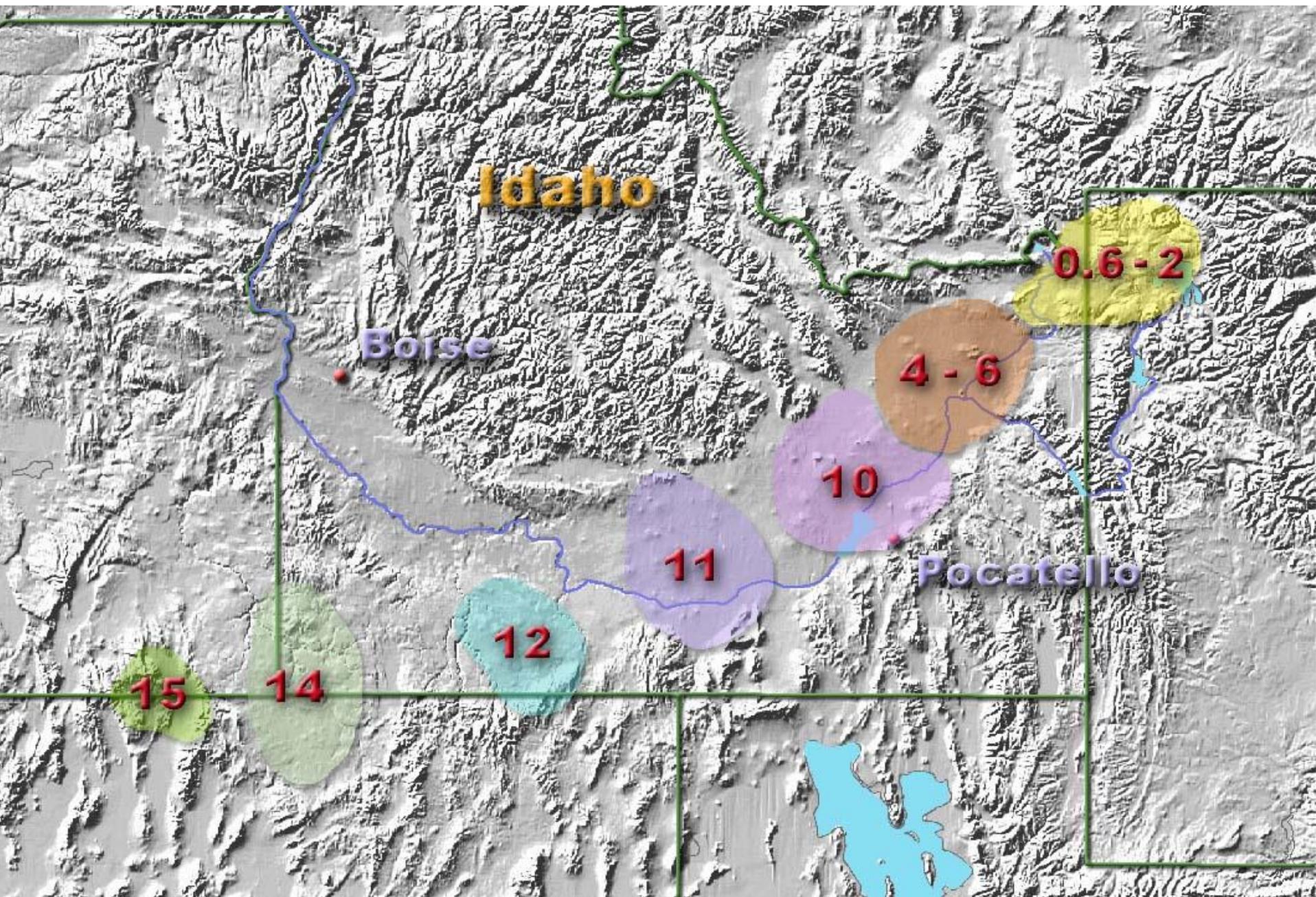
Последнее извержение произошло 640 тыс. лет назад, объем $> 1000 \text{ км}^3$

Предпоследнее извержение произошло 1.3 млн. лет назад, объем $> 1000 \text{ км}^3$

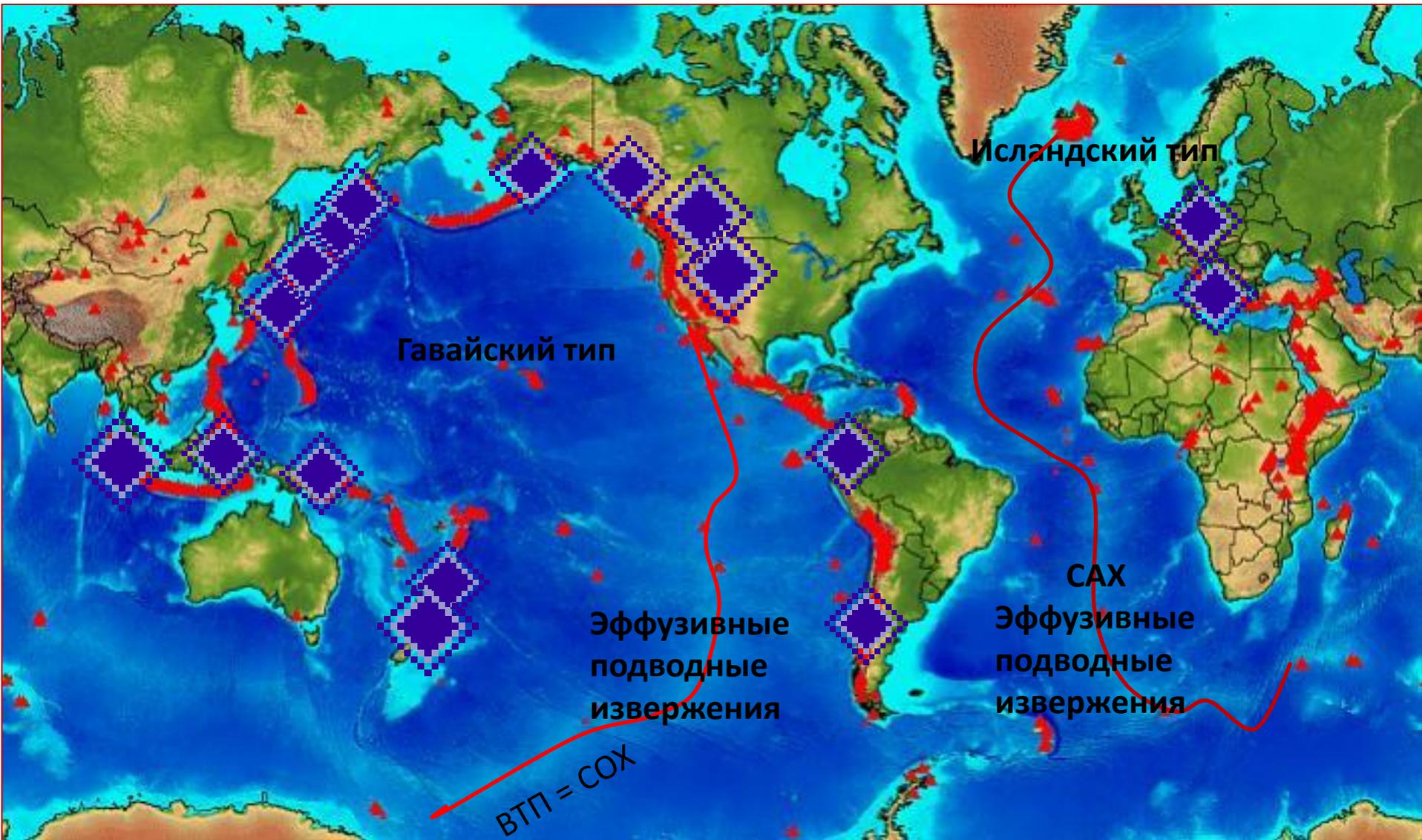
Первое известное извержение произошло 2.1 млн. лет назад, объем $> 2400 \text{ км}^3$



Формирование кальдер в районе Йеллоустона за последние 15 млн. лет

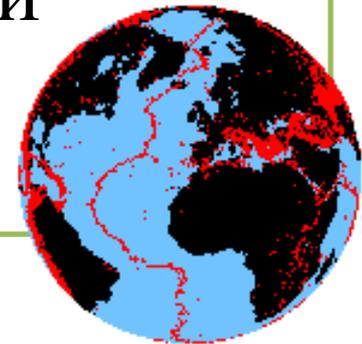


Типы извержений и геодинамика



Связь геодинамики и типа извержений

- Вулканизм приурочен к границам тектонических плит
- Эксплозивные (взрывные) извержения характерны для геодинамических обстановок, в которых магма содержит большое количество летучих компонентов (воды), т.е.
 - островные дуги
 - активные континентальные окраины
 - внутриплитный континентальный вулканизм



Извержение вулкана Толбачик 2012-13 гг