



**Лекция  
Геодинамика и  
вулканические извержения**

# Геологическая часть лекций

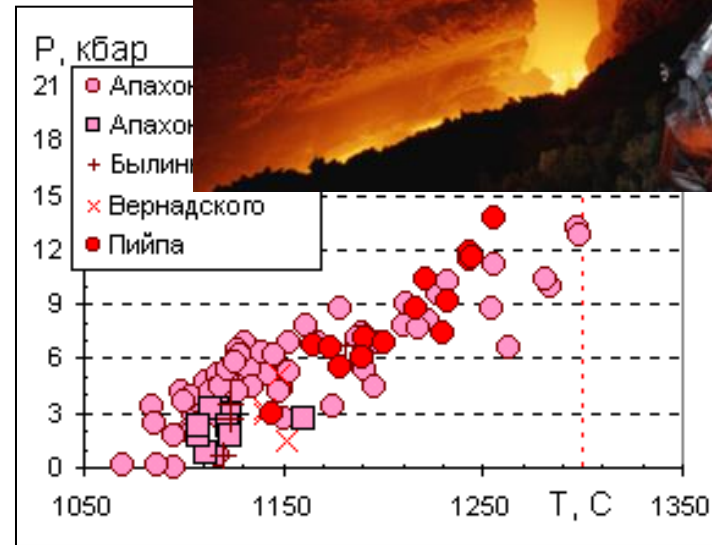
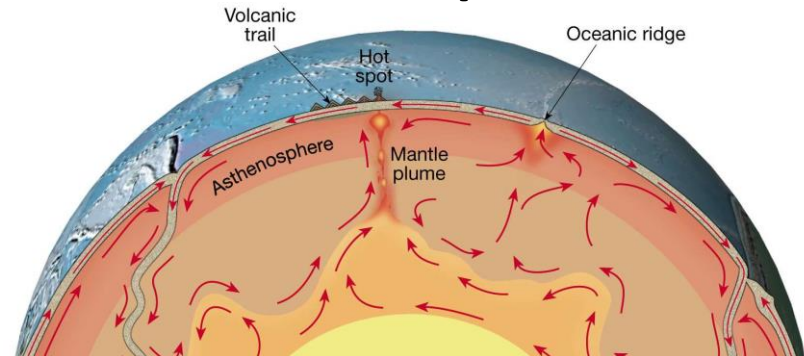
## Строение Земли

### геодинамика и вулканизм, типы извержений

Типы вулканов и морфология вулканических образований, продукты извержений

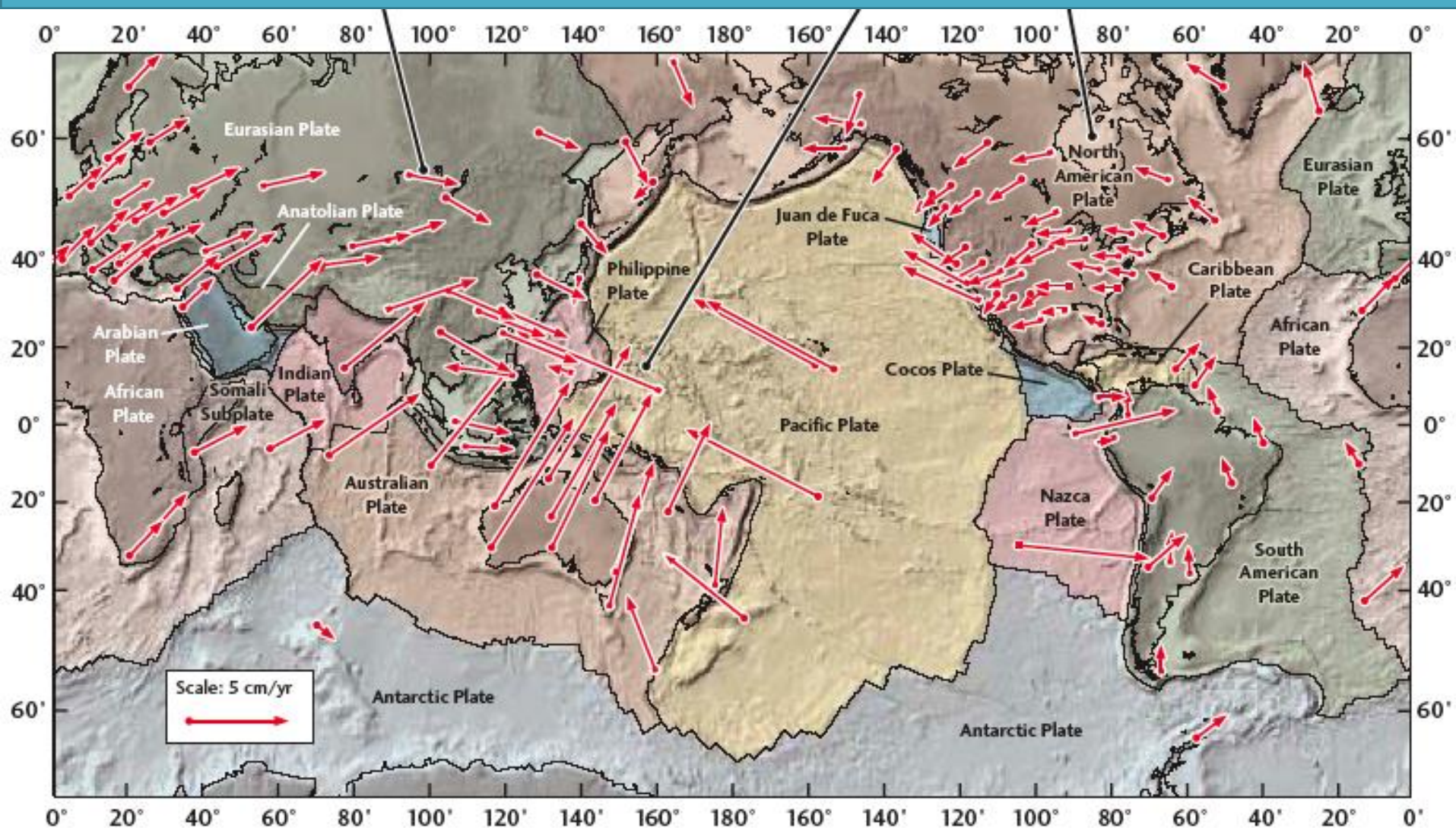
Методы мониторинга и прогноза извержений

Методы реконструкции физико-химических условий существования магм





# Схема современного движения тектонических плит





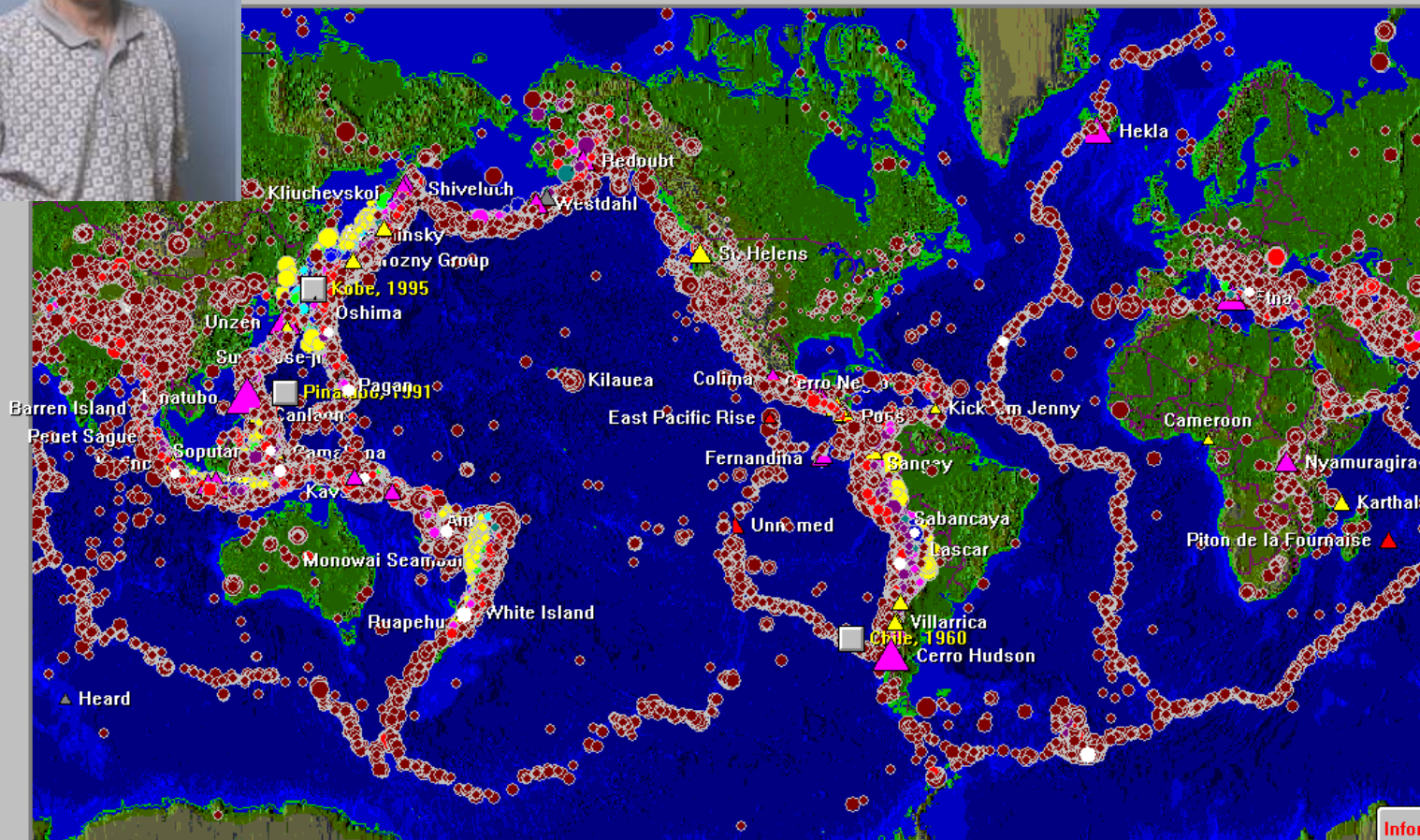
# Связь землетрясений и извержений

Alan L. Jones,  
Purdue University

Скачать программу:

<http://bingweb.binghamton.edu/~ajones/>

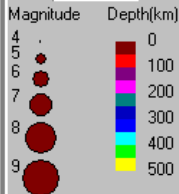
World Earthquakes & Volcanic Eruptions, 1960 to present



Key

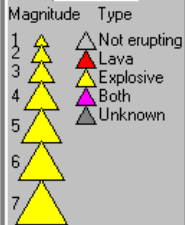
Earthquakes

57906



Eruptions

405



Information

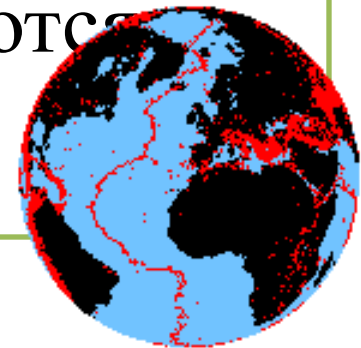
Play Rew **1992 Jun 23** FFwd Repeat Pause Fast! EQ Cutoff Earthquakes Eruptions

Back 1959 Dec 31 Step Step 2009 Feb 04 EQ Cutoff 3.0 Eruption Cutoff 1

Plates

# Связь землетрясений и извержений

- Землетрясения и вулканизм приурочены к границам тектонических плит
- Не выявлено пространственно-временной связи между крупными землетрясениями и извержениями
- Существуют сейсмически активные области без вулканизма
- Мелкофокусные землетрясения являются предвестниками извержений



# 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

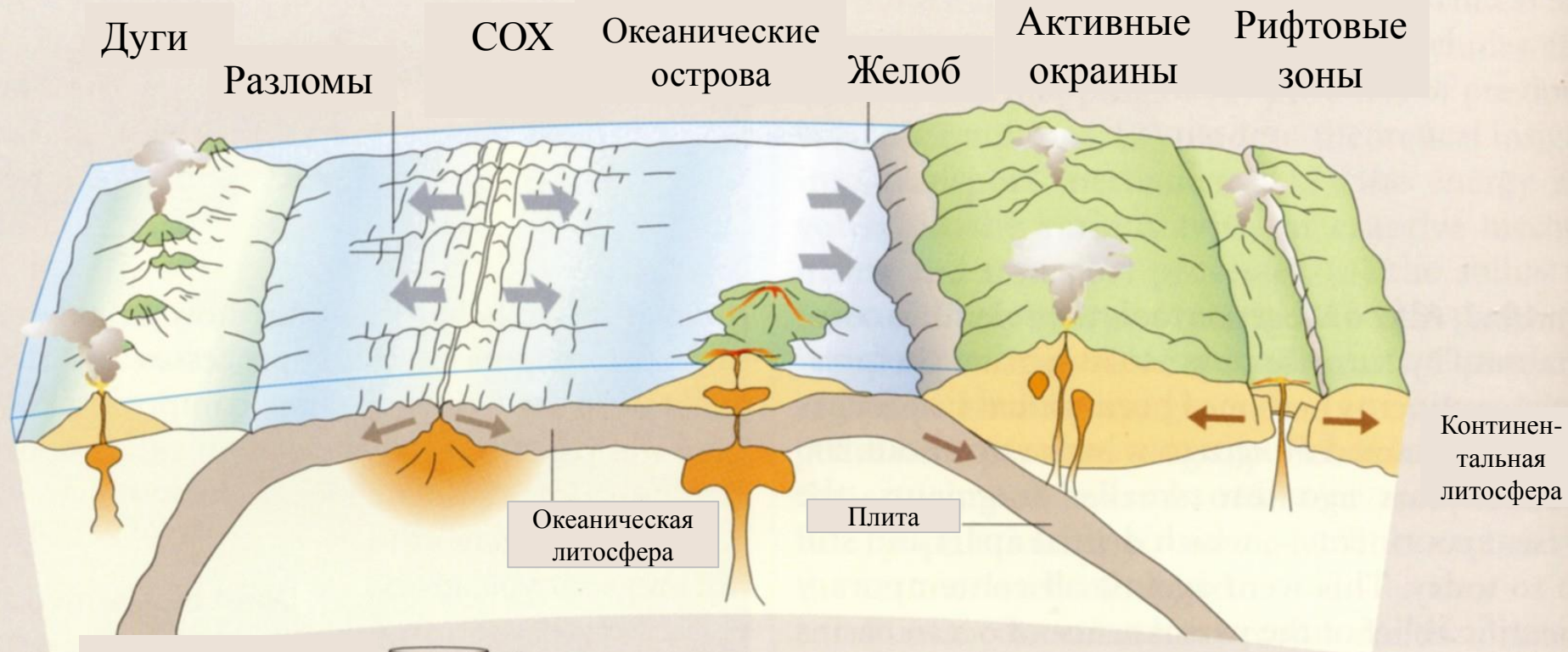
## Континент

- рифтовые зоны
- горячие точки
- большие магматические провинции

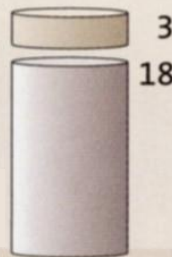
## Переходная зона

- островные дуги
- задуговые бассейны
- активные окраины

# Продуктивность современных геодинамических обстановок



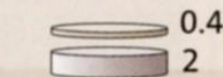
Вулканические



Интрузивные

км<sup>3</sup>/год

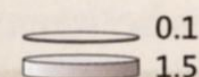
СОХ



Океанические  
острова



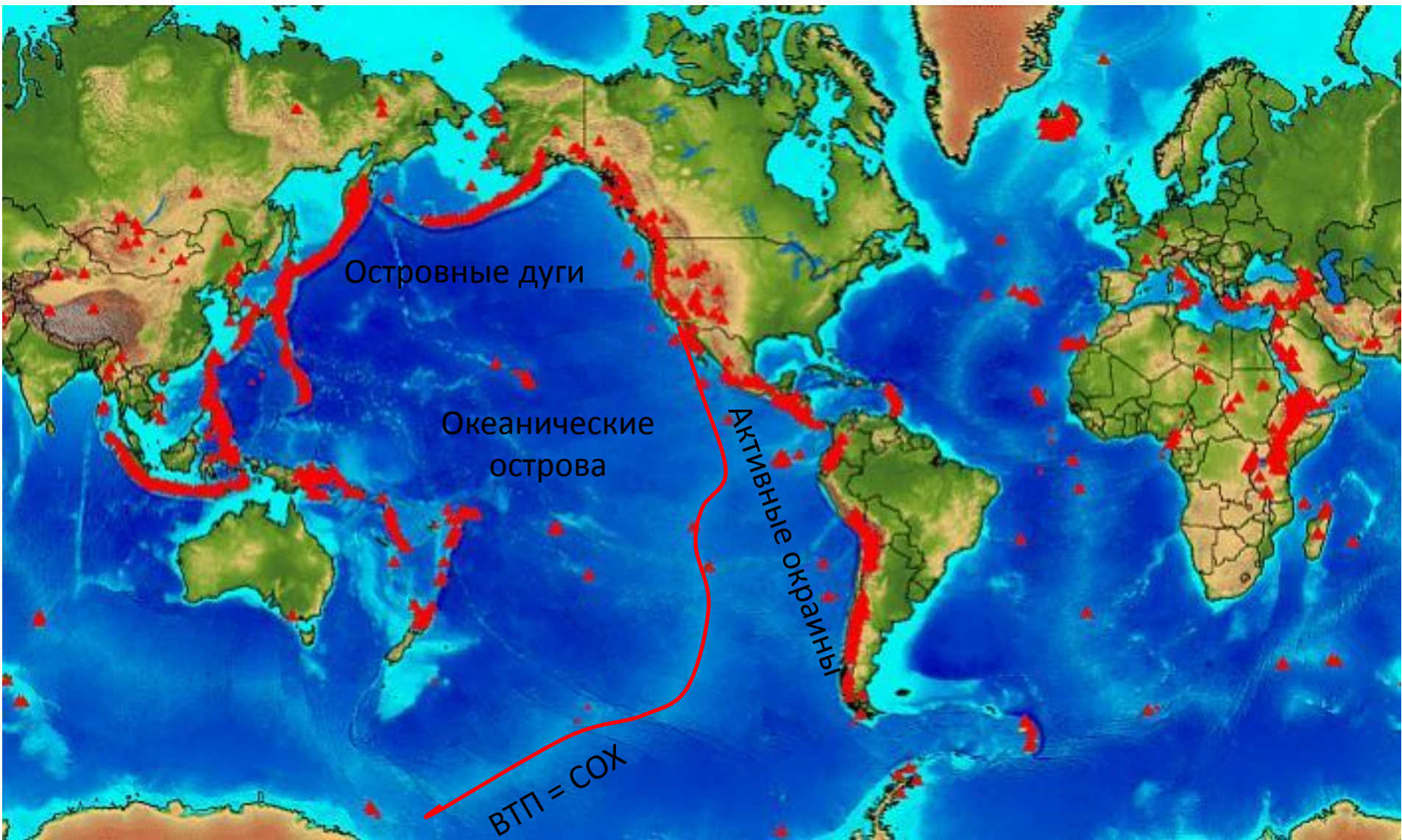
Зоны  
субдукции



Континентальные  
рифты

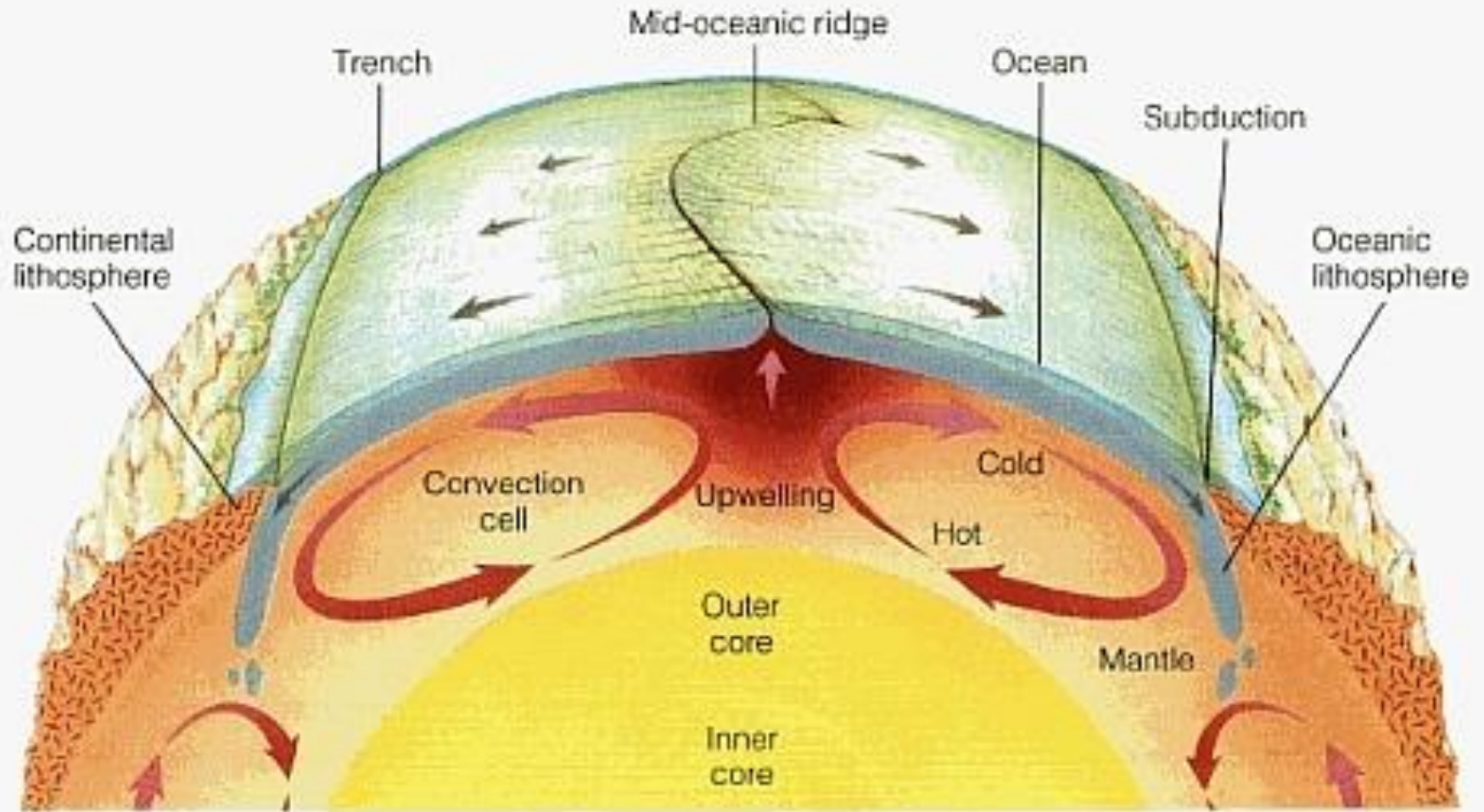


# Тихоокеанское огненное кольцо





# 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%

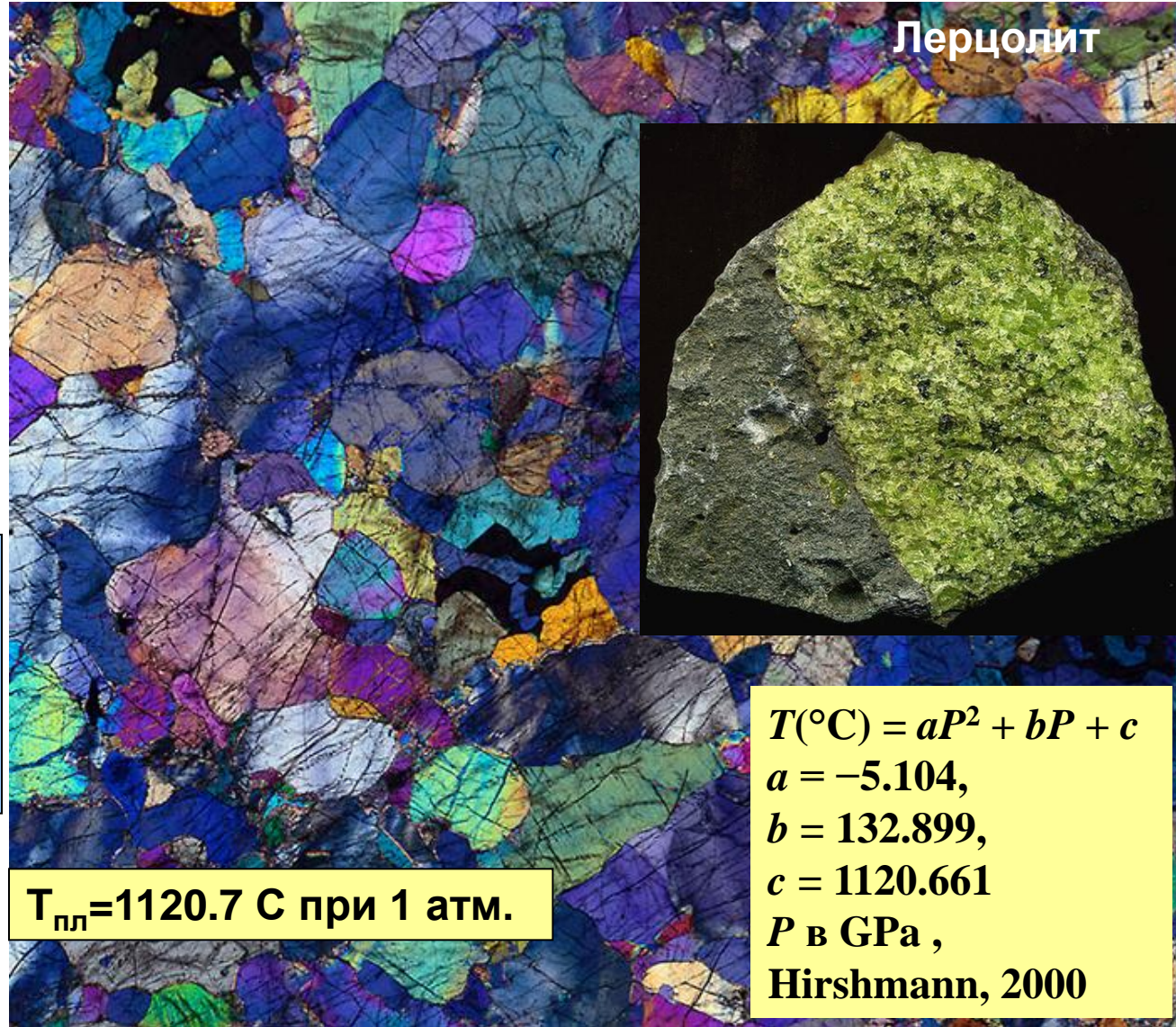
Ортопироксен  
 $(\text{Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$   
Состав: Энстатит  
 $100 \cdot \text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe})$  86-93  
Количество: 1-35%

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



$T_{\text{пл}} = 1120.7 \text{ C}$  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)

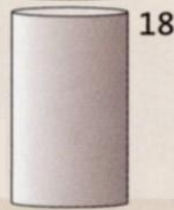


# Магмогенерация в современных геодинамических обстановках



Вулканические

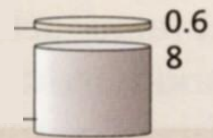
Интрузивные  
км<sup>3</sup>/год



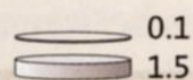
СОХ



Океанические  
острова



Зоны  
субдукции

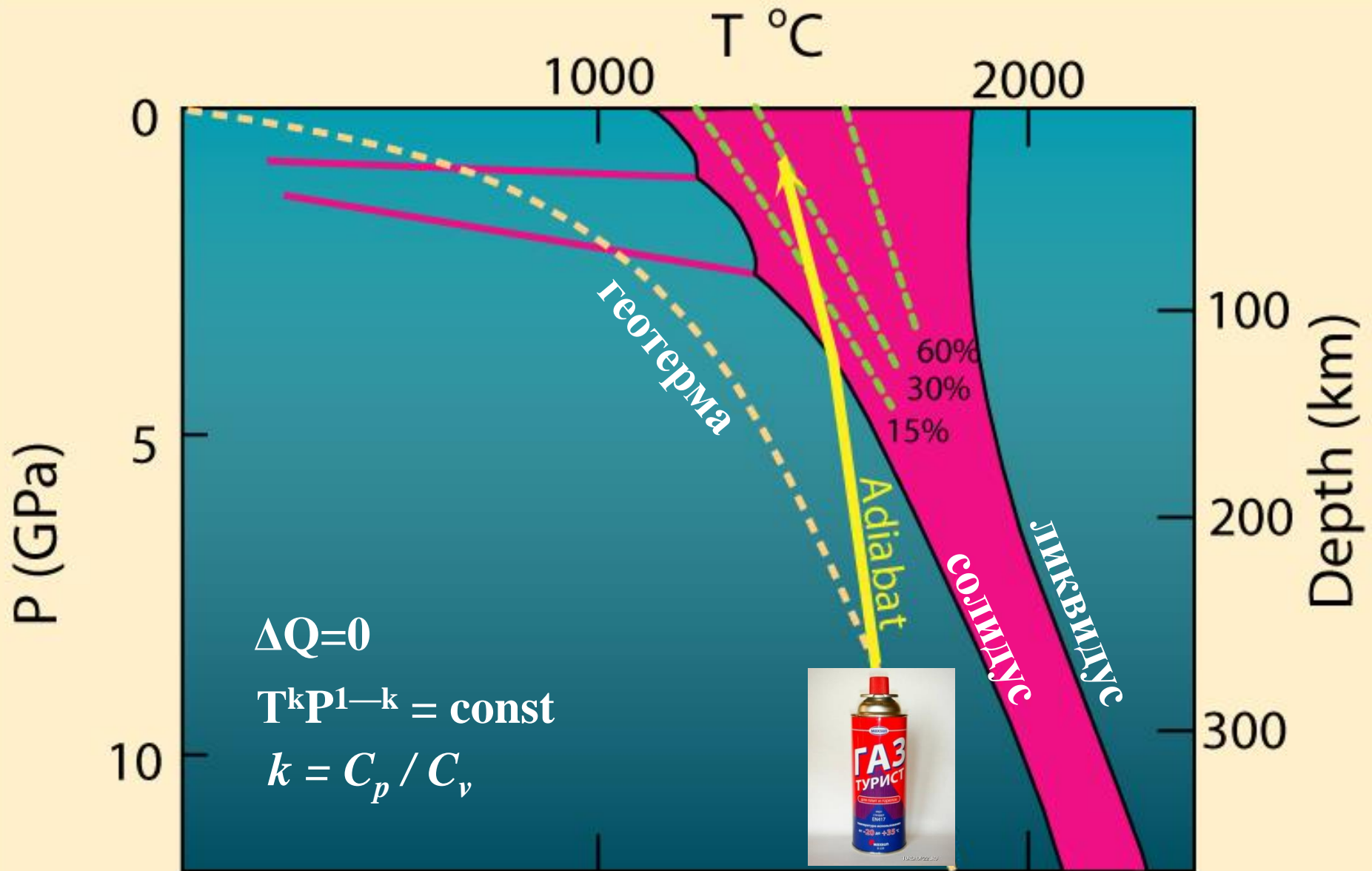


Континентальные  
рифты

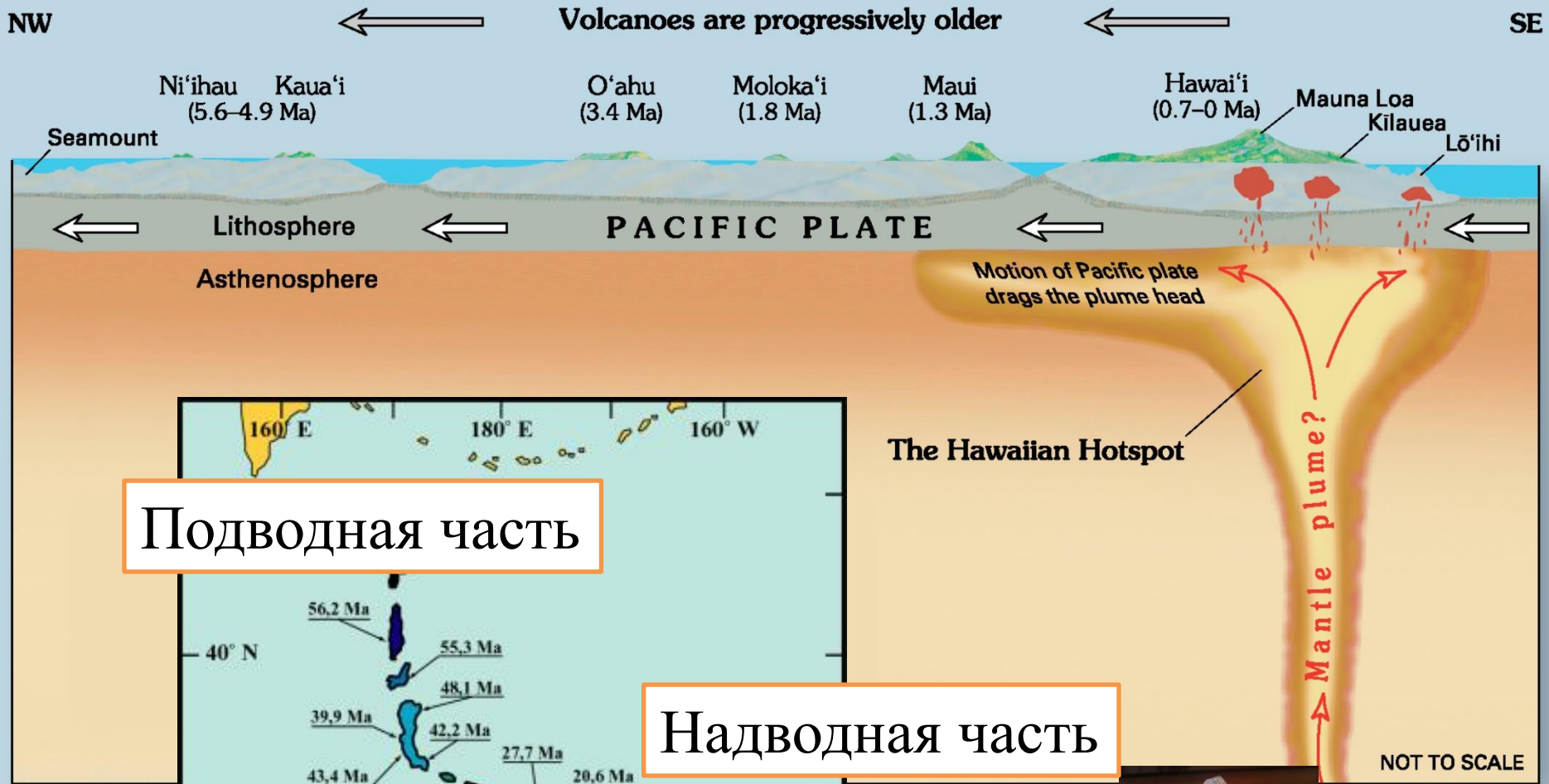
Континентальная литосфера



# Плавление мантии под срединно-океаническими хребтами



# Плавление мантии под океаническими островами



Подводная часть

Надводная часть





# Строение зон субдукции



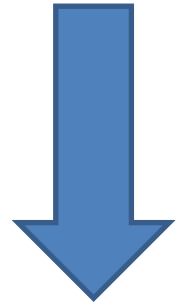
# Типы извержений

**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:

1. Эффузивные извержения – вытекает
2. Экструзивные извержения - выдавливается
3. Эксплозивные извержения – выбрасывается взрывом
4. Извержения смешанных типов

Вязкость





# Типы эффузивных извержений

Надводные трещинные  
– исландский тип



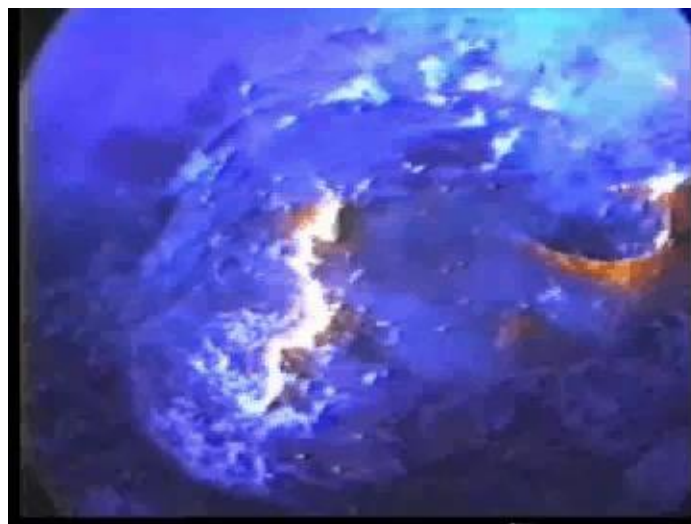
Крафла (Исландия), 1984

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.



© Ю. Демянчук, ИВиС ДВО РАН, KVERT



# 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 км<sup>3</sup>, Курилы, вид из космоса



# Плинианский тип извержений

Преобладают мощные взрывы, сопровождаются выбросом пепла на высоту  $>20$  км. Характерны большие объемы извержений ( $> 1 \text{ км}^3$ )



Влк.Безымянный, 30 марта 1956 г.,  $>1 \text{ км}^3$



Пинатубо, 12 июня 1991 г.,  $10 \text{ км}^3$   
Филлипины



Везувий, 25 августа 79 г.,  $>1 \text{ км}^3$

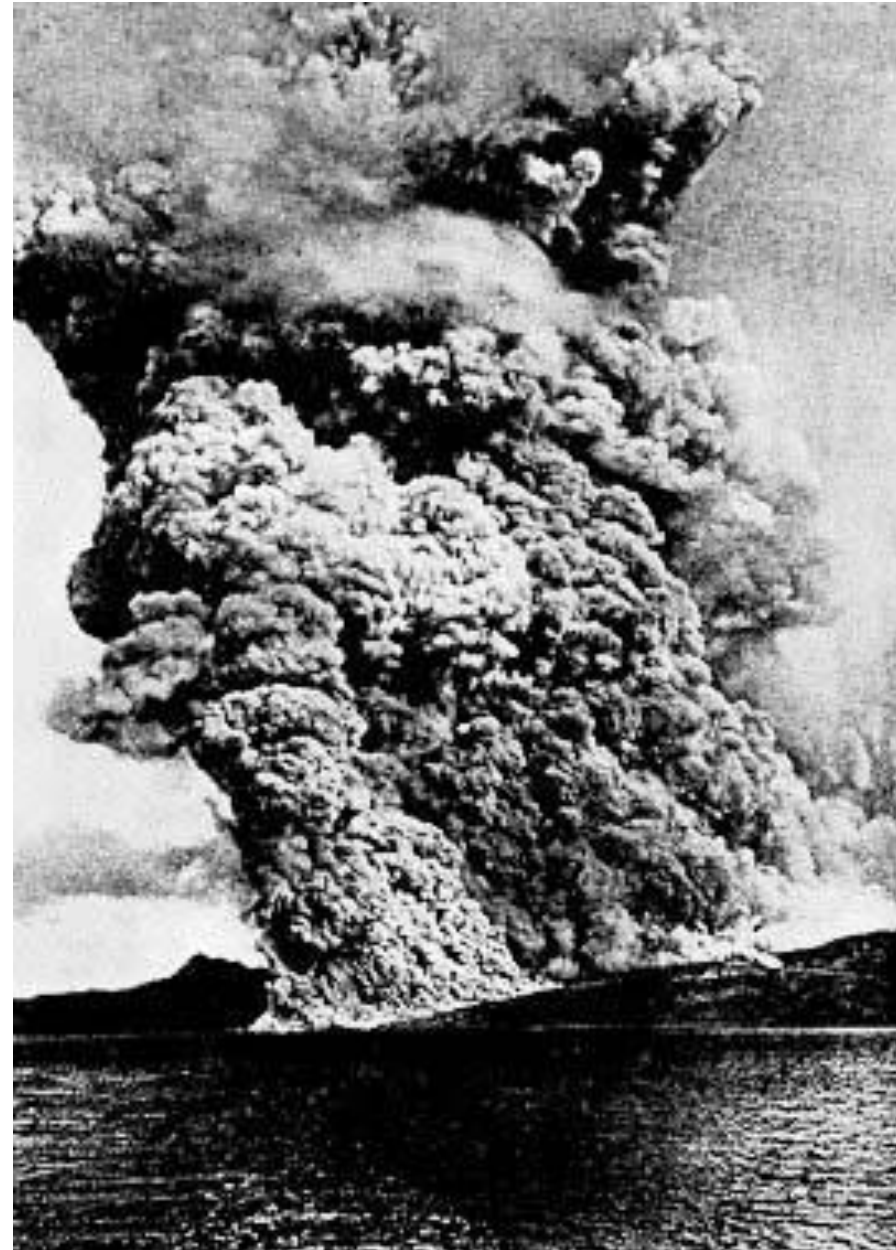


# Смешанные типы извержений

## Пелейский тип извержений

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

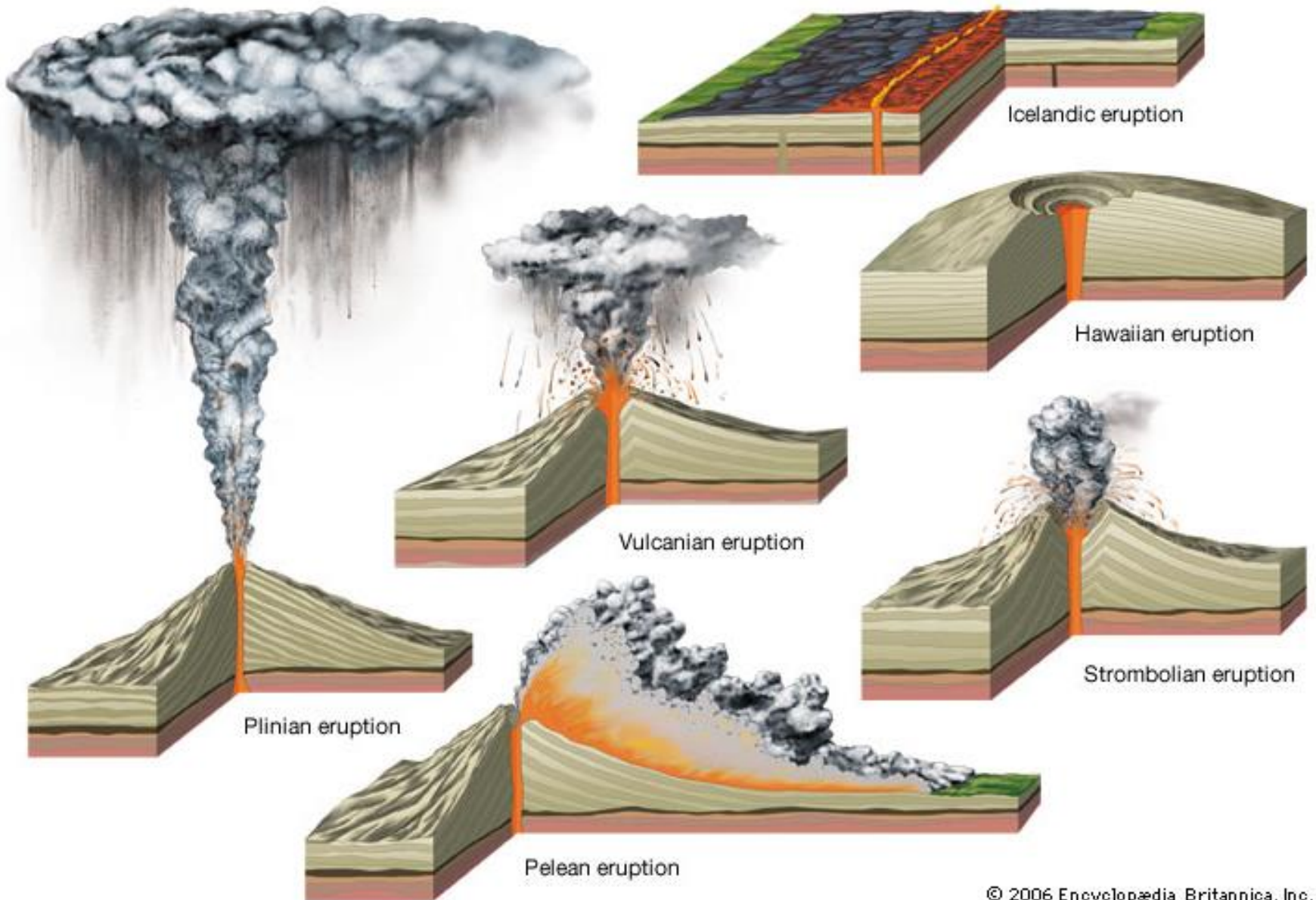
Как правило, сначала растет экструзивный купол, а затем он обрушивается.



# Смешанные типы извержений



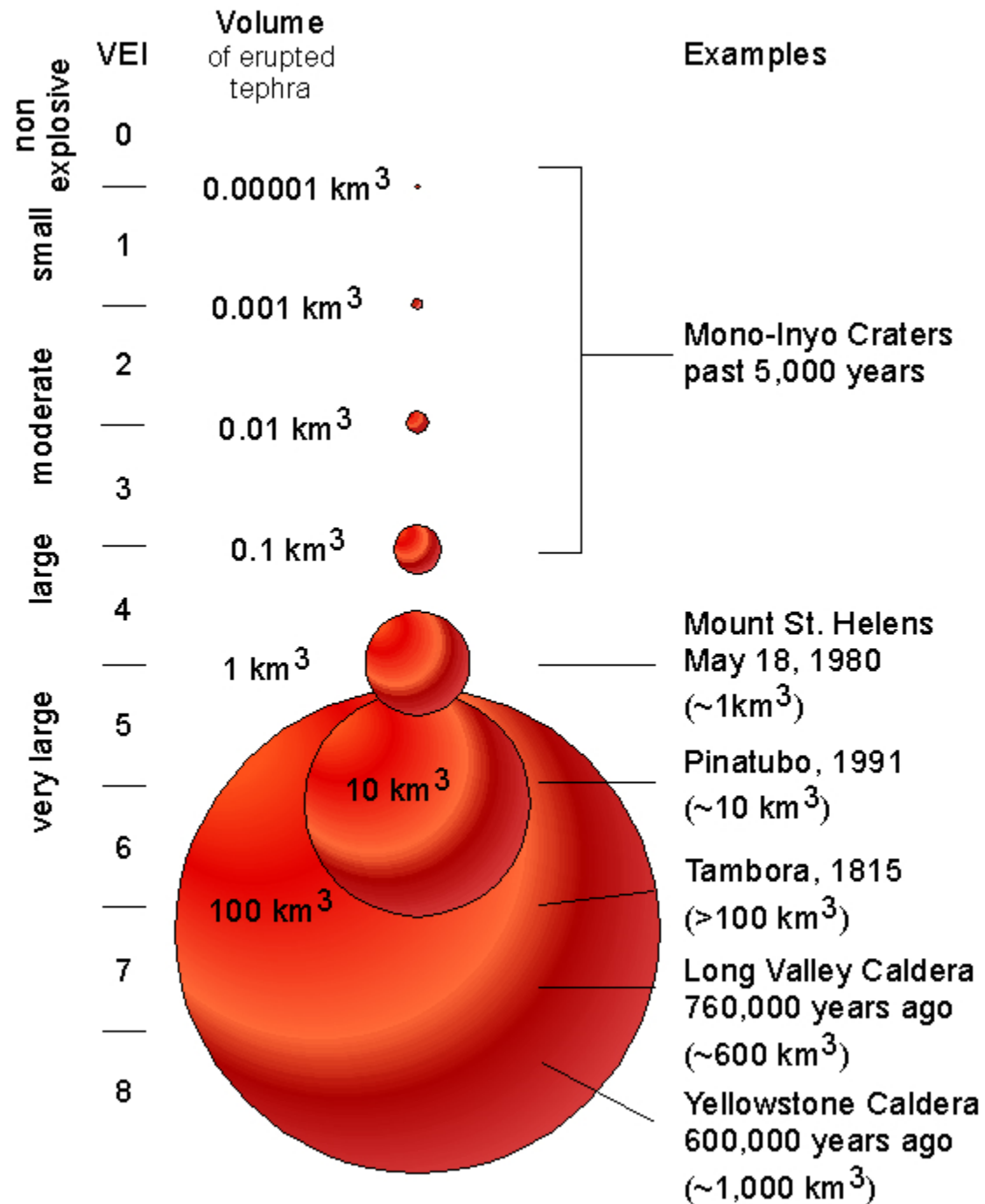
# Главные типы извержений





# VEI – volcanic explosive index

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



# Ультраплинианские извержения

**Катастрофические эксплозивные извержения при которых выбрасывается более  $100 \text{ км}^3$  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  $> 1000 \text{ км}^3$

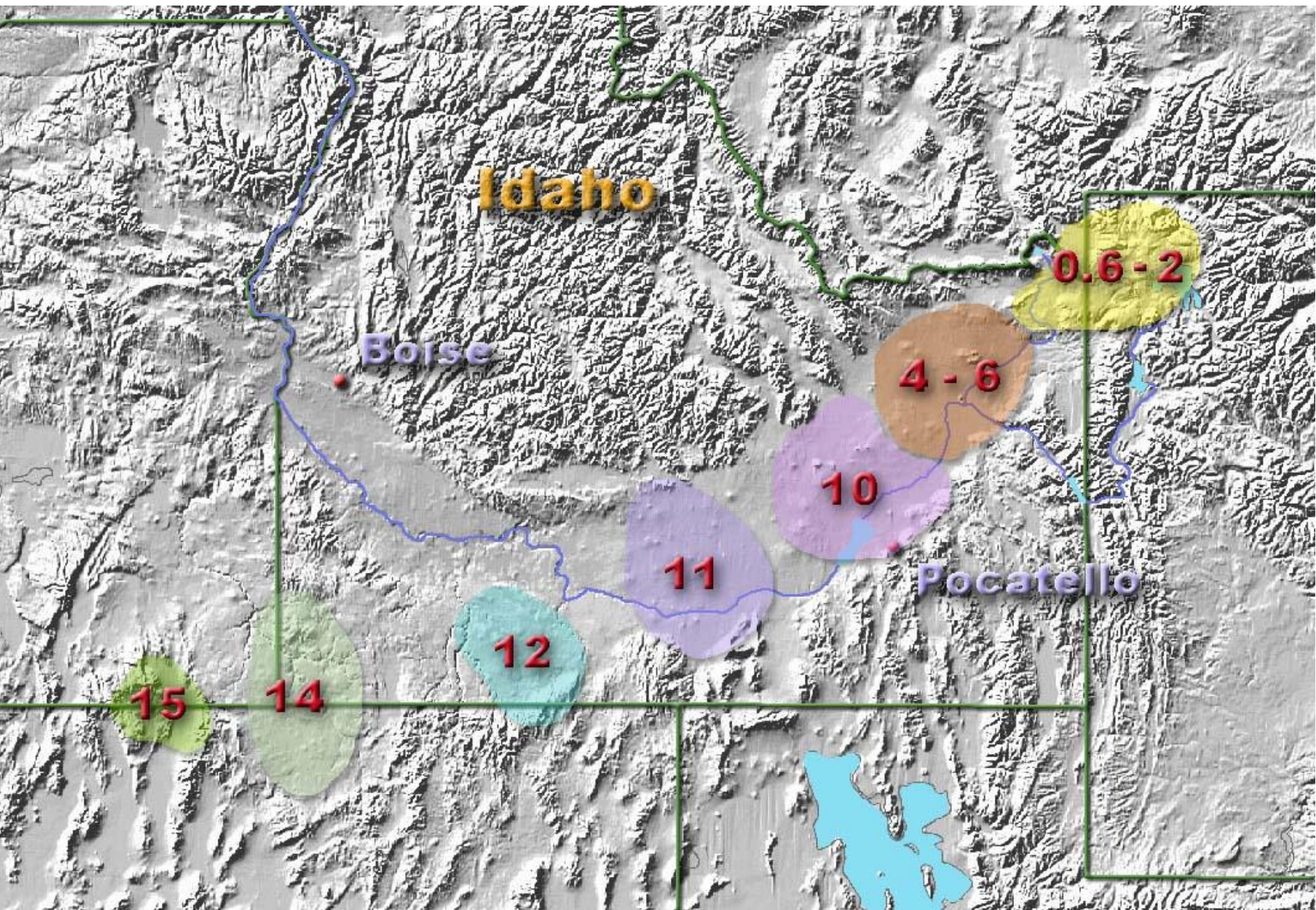
Предпоследнее извержение произошло 1.3 млн. лет назад, объем  $> 1000 \text{ км}^3$

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



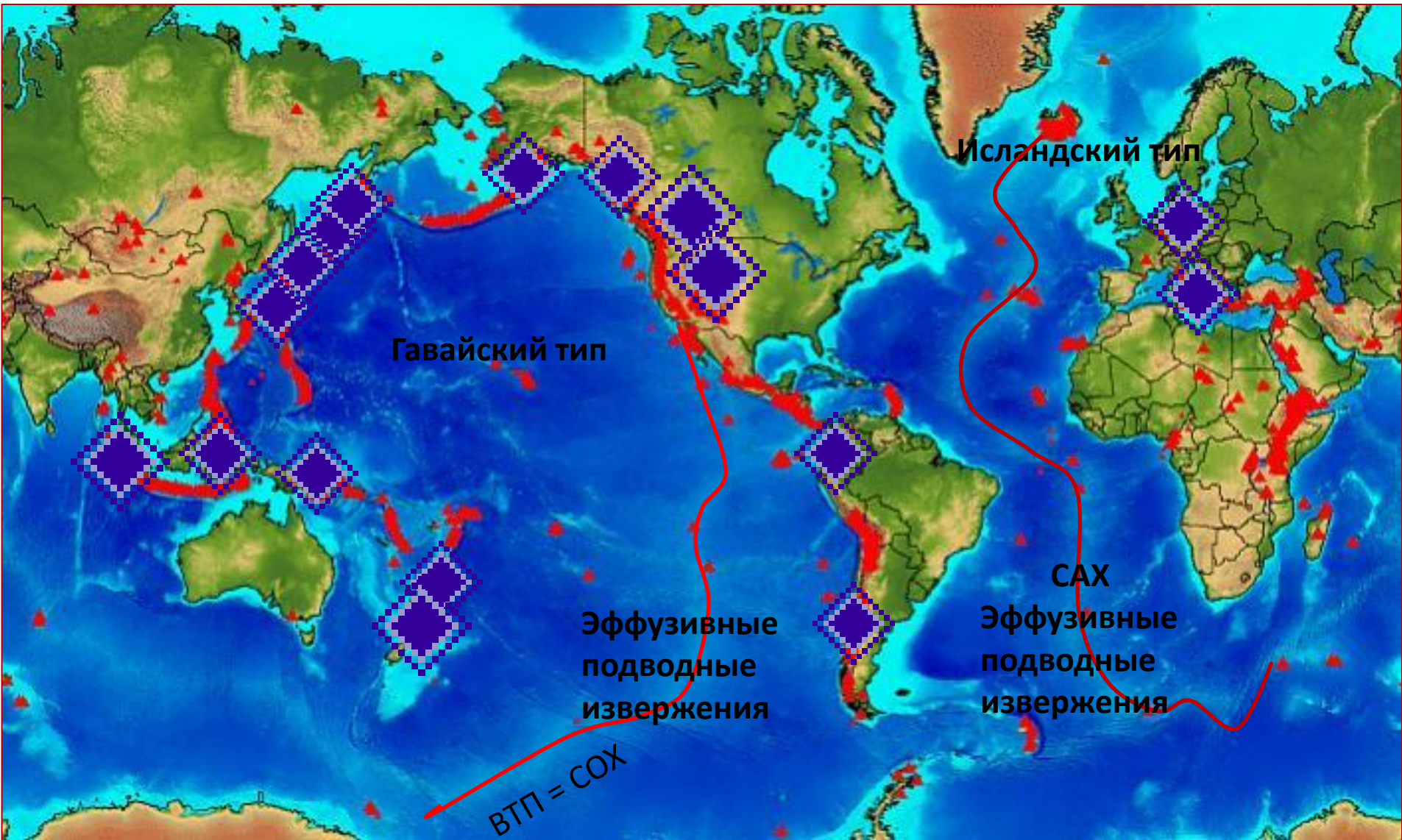


*Формирование кальдер в районе Йеллоустона за последние 15 млн. лет*



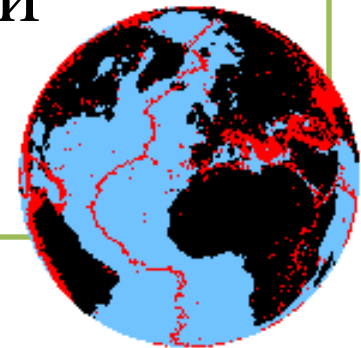


# Типы извержений и геодинамика



# 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