

Динамическая вулканология

Межфакультетский курс МГУ

Весенний семестр

17 февраля – 20 апреля 2016 года

Итог – самостоятельная работа и зачет

Курс из 10 лекций читают:

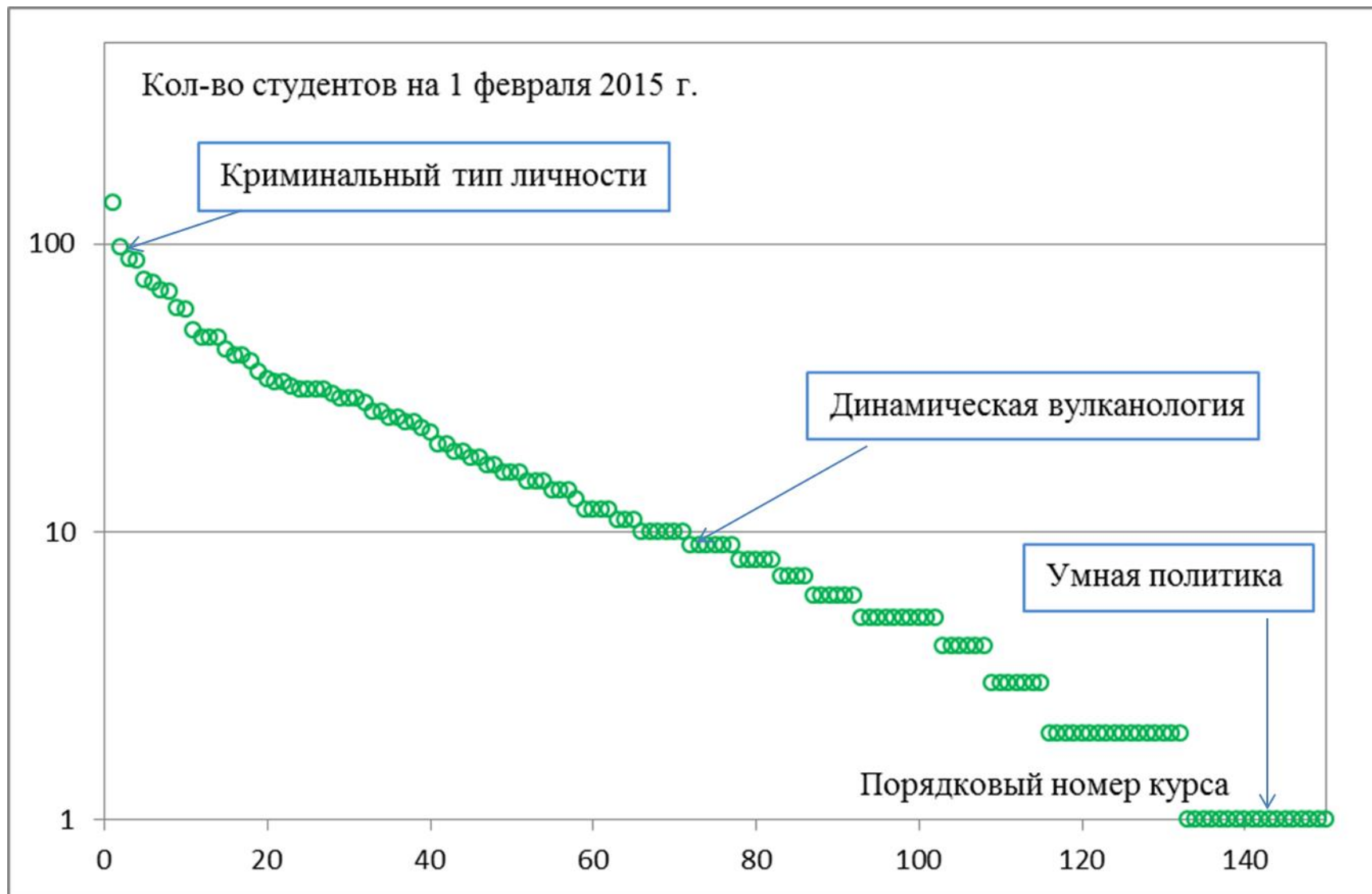
•Павел Юрьевич Плечов

•Олег Эдуардович Мельник

Алексей Алексеевич Бармин



Статистика записи на 16 февраля 2016 г.
МФК - 38 человек, петрологи +4, другие +3 = 45



Страница курса в Интернете:

http://wiki.web.ru/wiki/Геологический_факультет_МГУ:Вулканология

Геологический факультет МГУ:Вулканология — wiki.web.ru - Mozilla Firefox

Файл Правка Вид Журнал Закладки Инструменты Справка

http://wiki.web.ru/wiki/Геологический_факультет_МГУ:Вулканология

Самые популярные Начальная страница Лента новостей http://geoschool.web...

The nature and origin of granite - Goog... Геологический факультет МГУ...

Все о Геологии

Поиск по геол. сайтам

Геовикипедия
wiki.web.ru

Все о геологии Конференции: Календарь / Материалы Каталог ссылок Словарь Форумы В помощь студенту Последние поступления

Навигация

- Главная страница
- Тематический каталог
- Библиотека GeoWiki
- Свежие правки
- Новые статьи
- Популярные статьи
- Требуемые страницы
- Случайная статья
- Справка
- Авторское право

Личные инструменты

- Pavel
- Моя страница обсуждения
- Настройки
- Список наблюдения
- Мой вклад
- Завершение сеанса

Инструменты

- Ссылки сюда
- Связанные правки
- Загрузить файл
- Спецстраницы
- История
- Удалить

Геологический факультет МГУ:Вулканология

Материал из GeoWiki - открытой энциклопедии по наукам о Земле.

Курс "Вулканология" читается с 2009 г. на геологическом факультете МГУ для студентов, магистрантов и аспирантов геологического и механико-математического факультетов МГУ.

Лекторы:

- Плечов Павел Юрьевич, д.г.-м.н., профессор
- Мельник Олег Эдуардович, д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН
- Бармин Алексей Алексеевич, д.ф.-м.н., профессор

Отчетность: зачет для 413 гр. геологического факультета МГУ, экзамен для магистрантов геологического и механико-математического факультетов МГУ.

Вопросы к зачету и экзамену по курсу

Лекции проходят в аудитории 826 Главного Здания МГУ по вторникам с 14:30 по 16:05

План лекций по курсу «Вулканология» на весенний семестр 2010 г.

- Введение в вулканологию. (9.02.2010) Предмет вулканологии. Глубинное строение Земли (кора, мантия, ядро, литосфера и астеносфера, континентальные и океанические плиты). Источники тепла, возможность мантийной конвекции. Геодинамические обстановки (океан: срединно-океанические хребты, океанические плато, океанические острова; континенты: рифтовые зоны, большие магматические провинции; переход океан-континент: островные дуги, задуговые бассейны, активные континентальные окраины). Распределение зон вулканизма по геодинамическим обстановкам. (Плечов П.Ю.)
Лекция 1 2009 г. в PDF
- Вулкано-магматическая система. (16.02.2010) Понятие магмы. Понятия солидуса и ликвидуса и геотермический градиент. Модели плавления (декомпрессионное, индуцированное флюидом, индуцированное прогревом) и их связь с геодинамическими обстановками. Степень плавления мантии, механизмы миграции и отделения расплавов. Внемантийные источники магм. Миграция магм к поверхности. Магматические очаги, каналы. Морфология очагов и представления об их внутреннем строении. Оценки времени существования магматических очагов и вулкано-магматических систем. (Плечов

Найти: ☐ Учить регистр

Готово

Вулканология – объекты

- Объектами вулканологии являются вулканоматматические системы, вулканические извержения и последствия извержений



Изучается строение вулканов, закономерности распространения, параметры очагов, причины извержений, влияние извержений на климат и многие другие вопросы.

Лучше увидеть, чем ...

1. Извержение вулкана Маунт Сент-Хеленс 1980, 18 мая – St_Helens.mp4
2. Извержение вулкана Унзен 1991 г. - Unzen.mp4

Использованы фрагменты видео сайта www.vidoemo.com



Методы динамической вулканологии

- Визуальный и инструментальный мониторинг
- Интерпретация геофизических данных
- Изучение деформаций поверхности
- **Петрологическое изучение продуктов извержения**
- **Геохимия и изотопная геология**
- Исследование гидротермальных систем
- Исследование вулканических газов
- Стратиграфический анализ и тефрохронология
- **Изучение реологии магмы**
- **Изучение кинетики процессов в магме**
- **Термодинамическое моделирование**
- **Математическое моделирование**

Основное содержание курса

Геологическая часть

Строение Земли, геодинамика и вулканизм

Типы вулканов, типы извержений и их продукты

Кристаллизация магм, определение физ.-хим. Параметров кристаллизации

Использование элементов-примесей для выявления процессов, происходящих в магматических системах

Моделирование кристаллизации магм

Математическая часть

Подходы Эйлера и Лагранжа в описании динамических систем

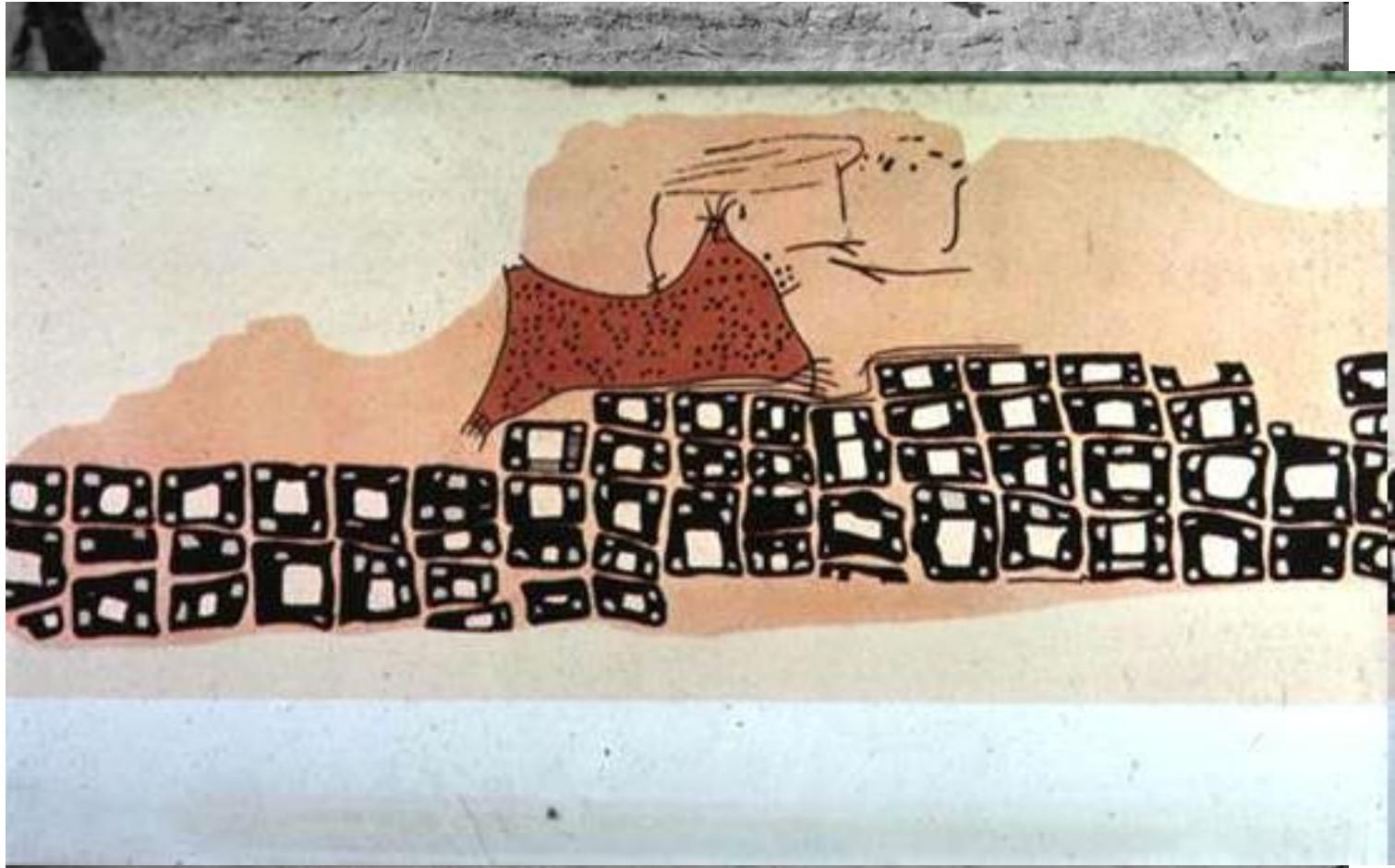
Гидродинамика многофазных сред в применении к вулканологии

Математические модели формирования экструзий. Применение диффузионных уравнений в вулканологии

Математические модели взрывных извержений

Предложение прошлогодних студентов:
Краткий обзор вулканов мира

История вулканологии – этап наблюдений

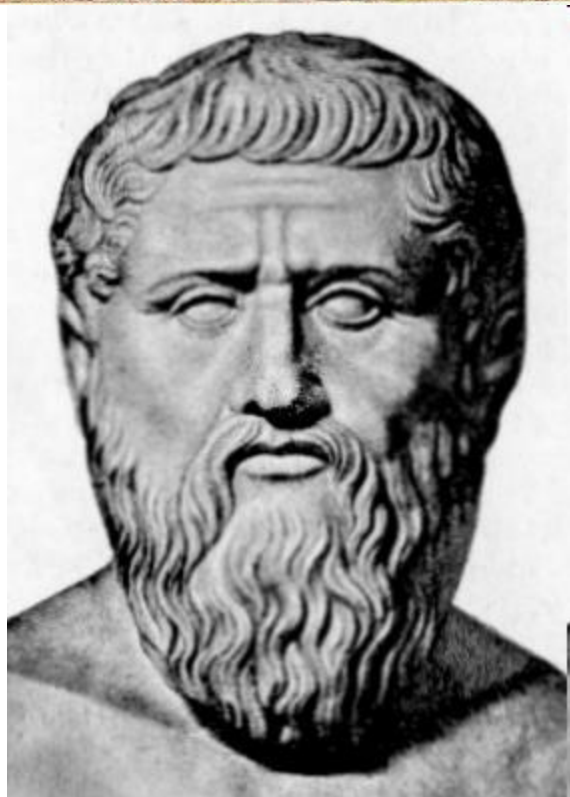


Наскальный рисунок в Çatalhöyük (Анатолия, Турция) – первая карта и первое изображение вулкана, неолит, 6.2 тыс. до н.э.

Диалоги Платона



Фрески в
Акrotири,
минойская
культура



Санторини

Платон
(428/427–348/347 до н.э.)

Упомянул извержение типа Кракатау, произошедшее в 1600-1630 г до н.э. и вызвавшее цунами в Средиземном море. Современные вулканологи оценили объем в 39-60 км³ DRE (в 3-4 раза больше Кракатау), высоту эруптивной колонны в 30-35 км.



Плиний Старший
(23 – 79, 25 авг.)



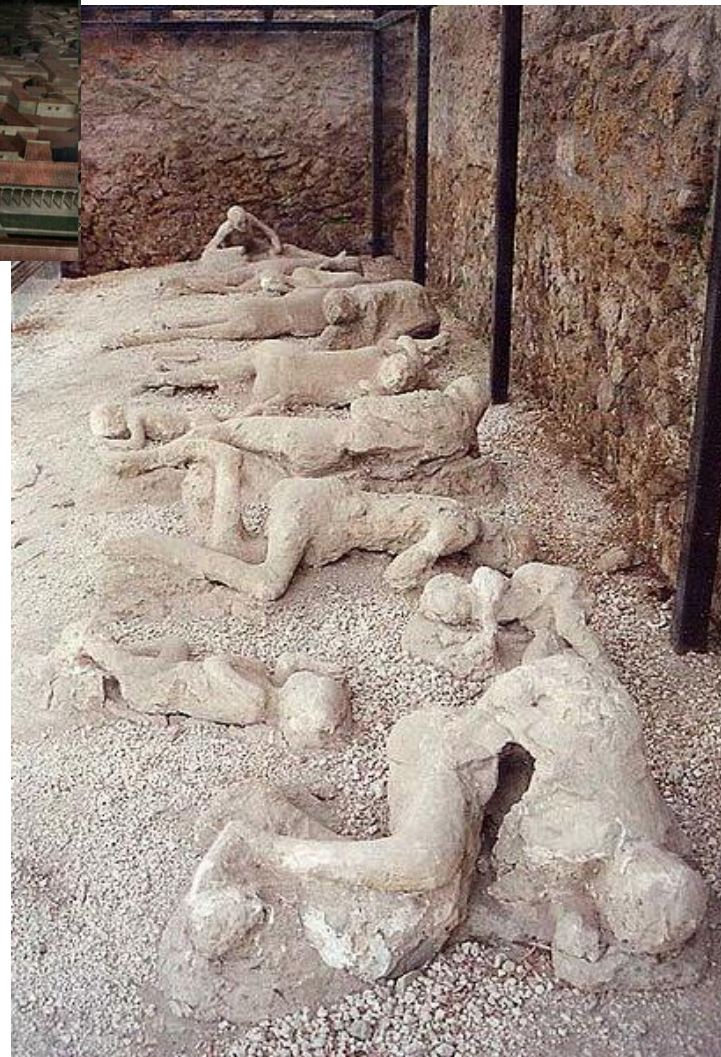
Плиний Младший
(61/63 – ок. 113)
Два письма Тациту



Извержение Везувия, 24-25 авг. 79 г.



Карл Брюлов «Последний день Помпеи»



Первые вулканологи



С.П.Крашенинников
(1711-1755)



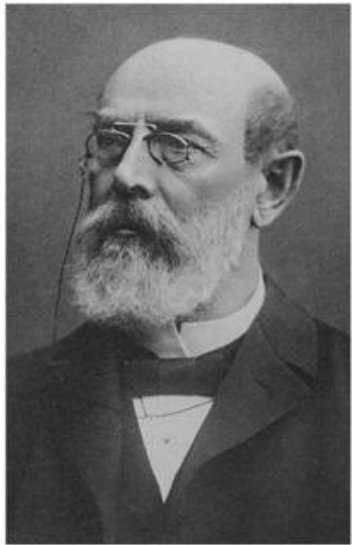
Sir William Hamilton
(1730-1803)



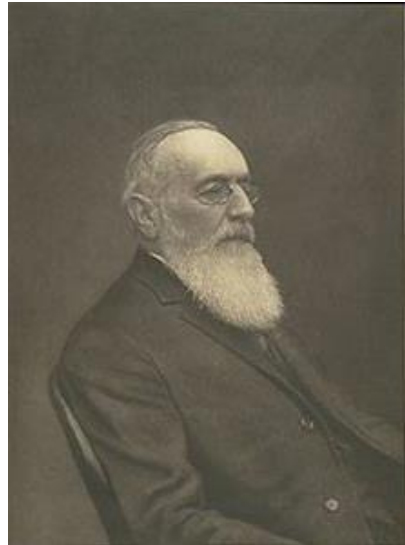
James Dana
(1813-1895)



Henry Sorby
(1826-1908)



Г. Розенбуш
(1836-1914)



А.Лакруа
(1863-1948)

Практически каждый геолог XVIII-XIX века посещал и описывал вулканы и вулканические породы.

Этот период характеризуется переходом от мистических к научным представлениям о природе вулканов. Среди первых вулканологов преобладали петрографы



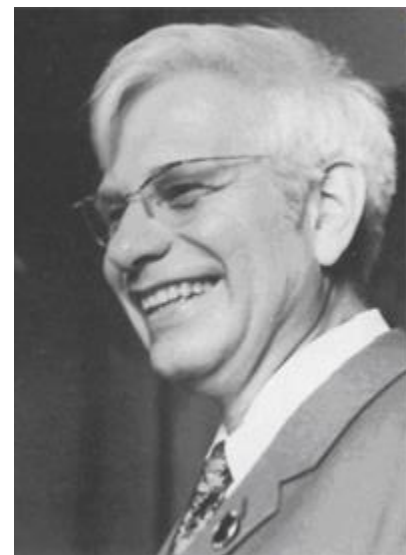
Гарун Тазиев
(1914-1998)



Александр Николаевич
Заварицкий (1884-1952)



Владимир Иванович
Влодавец (1893-1993)



Георгий Степанович
Горшков (1921-1975)



Хисаши Куно
(1910-1969)



Борис Иванович Пийп
(1906-1966)



Татьяна Ивановна
Фролова (1922-2007)



Олег Назарович
Волынец (1937-1998)



Харальдур
Сигурдссон



Том Симкин
1934-2009



Сетси Накада



Иван Васильевич
Мелекесцев



Джон
Эйхельбергер



Стив Спаркс



Юрий Борисович
Слезин



Место для Вашей
фотографии

Лекция 1

Глубинное строение Земли, геодинамика и вулканизм

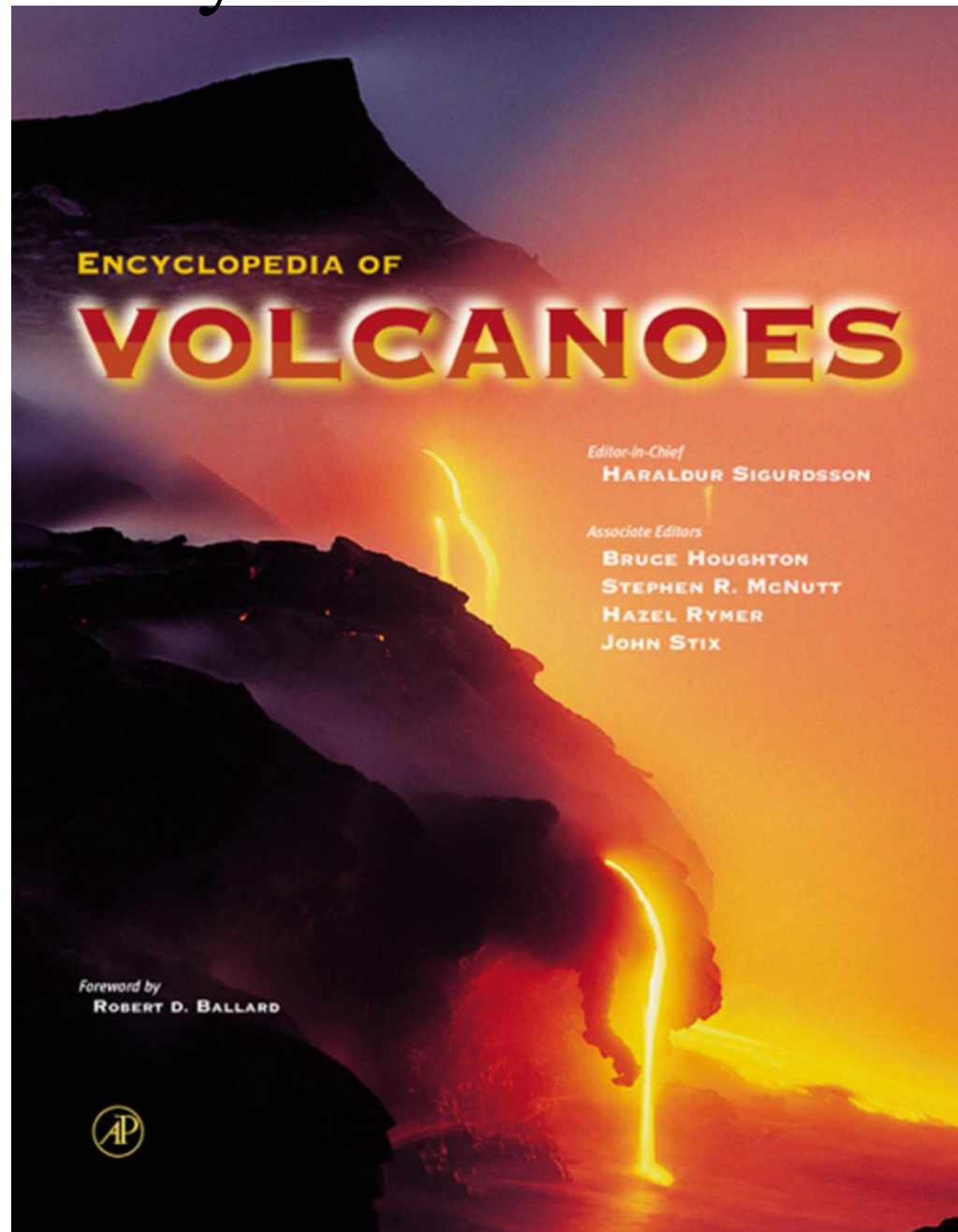
Давайте возьмем и рассмотрим внутреннее строение Земли



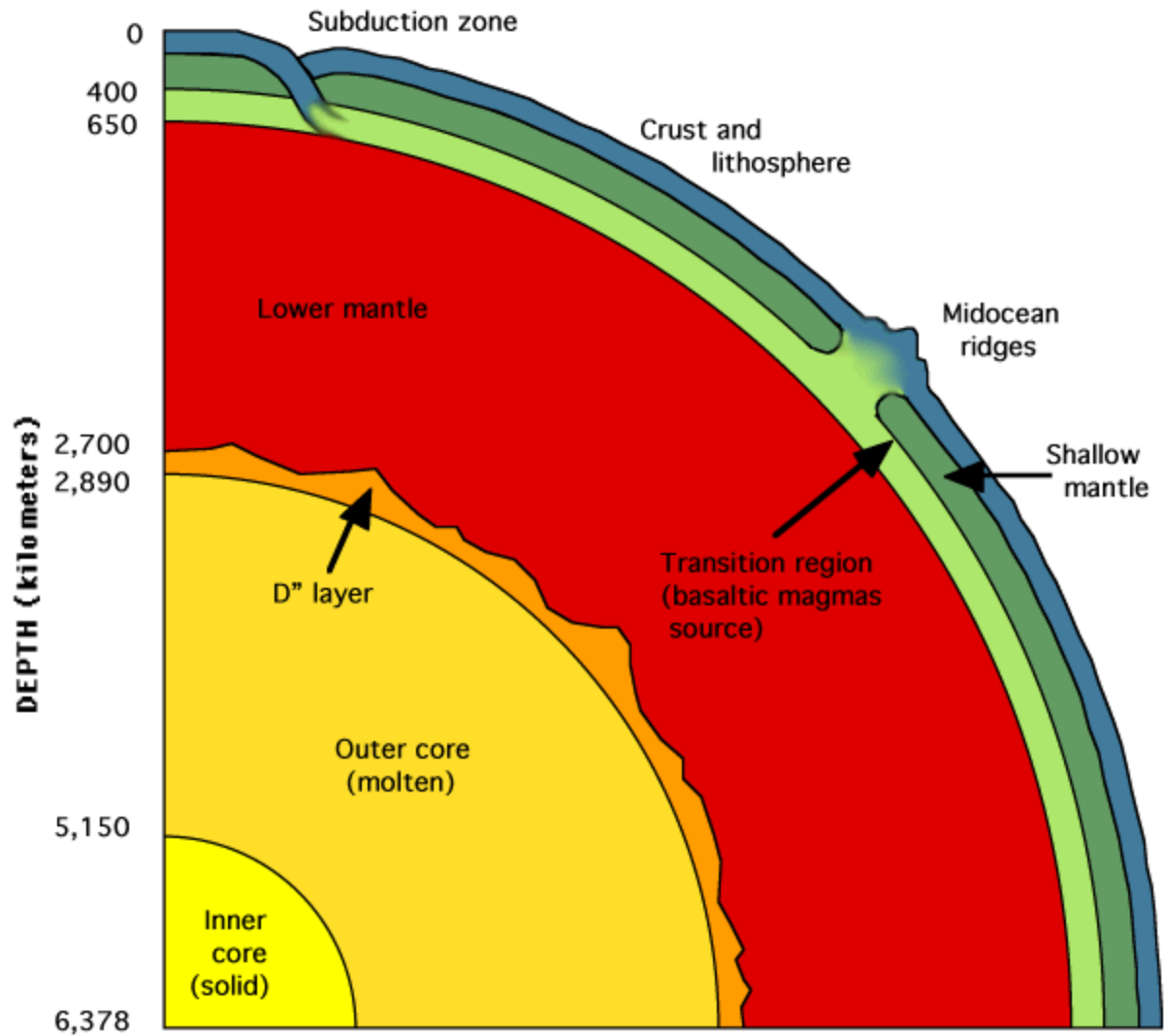
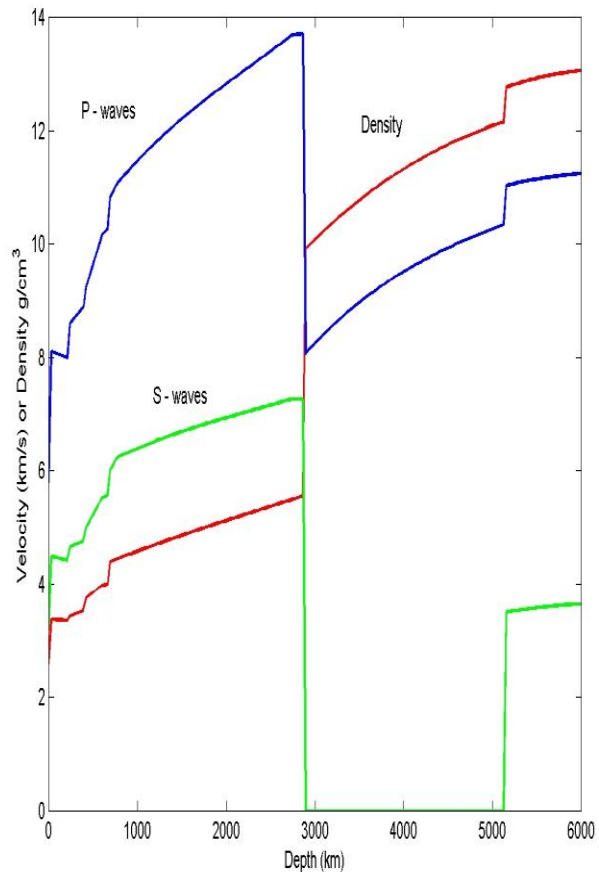
Определения и учебники

Мантийная конвекция – процесс, благодаря которому Земля освобождается от тепла, производя потоки твердого вещества, способного к деформации, которое поднимается к поверхности и обеспечивает движение плит.

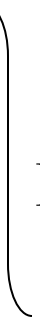
Перидотит – главная порода верхней мантии Земли, состоящая в основном из оливина (по греч. перидот) и в меньших количествах из пироксена, граната или шпинели. Источник базальтовых магм, которые формируются из перидотита за счет частичного плавления



Сейсмическая модель строения Земли



Примерные реперные цифры

- Земная кора (мощность меняется) 0 - 70 км (ср. -24)
-  литосферная мантия 24 - 80 км
- Астеносфера 80 - 220 км
- Верхняя мантия 220 - 400 км
- 400 - 670 км
- **Мантия** 
- 670 - 770 км
- Нижняя мантия 770 - 2740 км D'
- 2740 - 2890 км D''
- Внешнее ядро 2890 - 5150 км
- Внутреннее ядро 5150 - 6370 км



Geologische Vereinigung.

Die Entstehung der Kontinente ¹⁾.

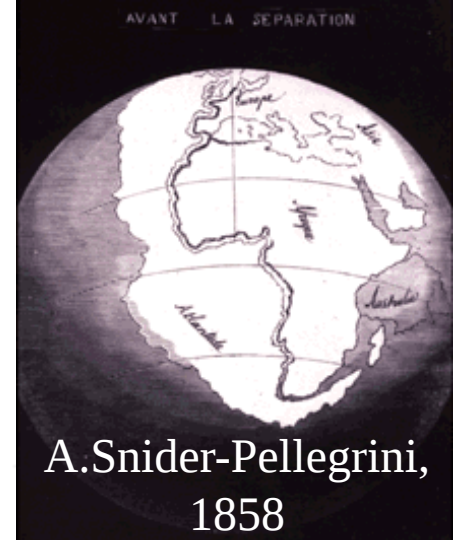
Von Dr. **Alfred Wegener** (Marburg i. H.).

Mit 3 Textfiguren.

(Vortrag gehalten auf der Hauptversammlung zu Frankfurt a. M. am 6. I. 1912.)

I. Vorbemerkung.

Im folgenden soll ein erster Versuch gemacht werden, die Grossformen der Erdrinde, d. h. die Kontinentaltafeln und die ozeanischen Becken, durch ein einziges umfassendes Prinzip genetisch zu deuten. nämlich das der hori-



Альфред Вегенер
(1880-1930)

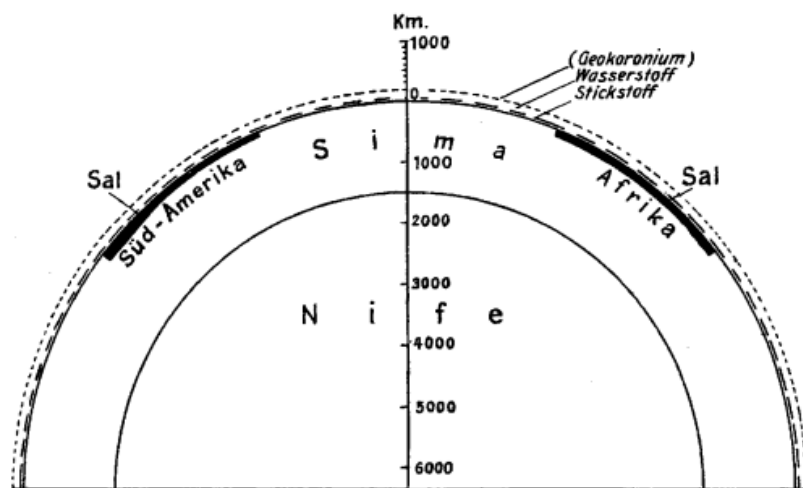
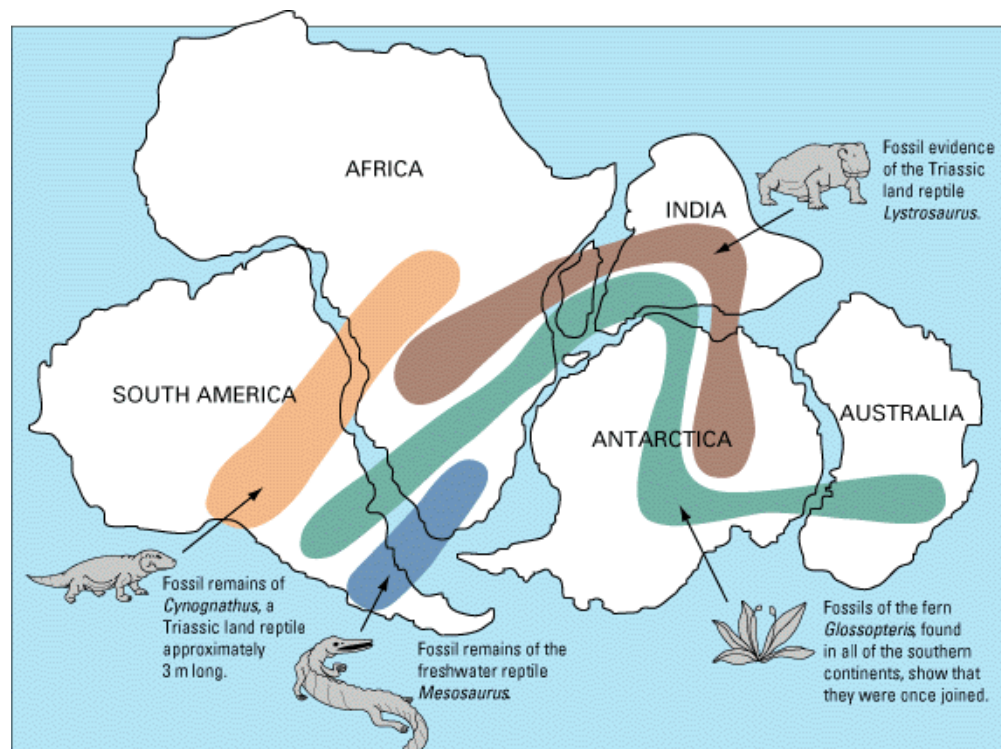


Рисунок А.Вегенера,
демонстрирующий дрейф континентов

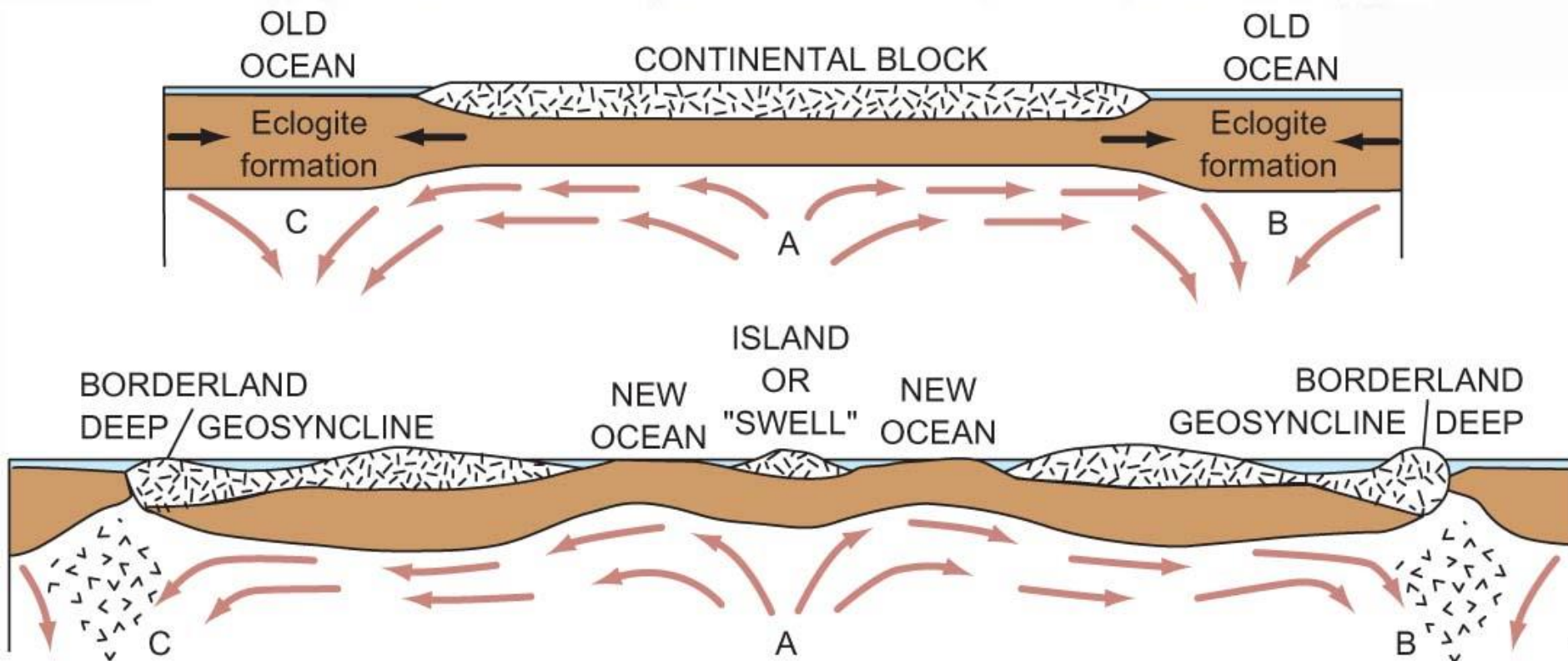


Аргументы существования Гондваны
200 млн.лет назад



Arthur Holmes
в 1928 предположил
существование
мантийной конвекции
как причину дрейфа континентов

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Источники тепла и остывание Земли

- Тепло за счет радиоактивного распада - $2 \cdot 10^{13}$ W.

от времени полураспада $Q \sim (t)^{1/2}$

времена полураспада для природных изотопов:

$$^{238}\text{U} = 4,498 \cdot 10^9$$

$$^{232}\text{Th} = 1,389 \cdot 10^{10}$$

$$^{40}\text{K} = 1.250 \cdot 10^9$$

- Гравитационная энергия за счет перераспределения масс
- Приливная энергия за счет взаимодействия с Солнцем и Луной

- Суммарная тепловая потеря – $4.4 \cdot 10^{13}$ W.

Исходя из этого баланса Земля должна остывать на 1 градус в миллион лет

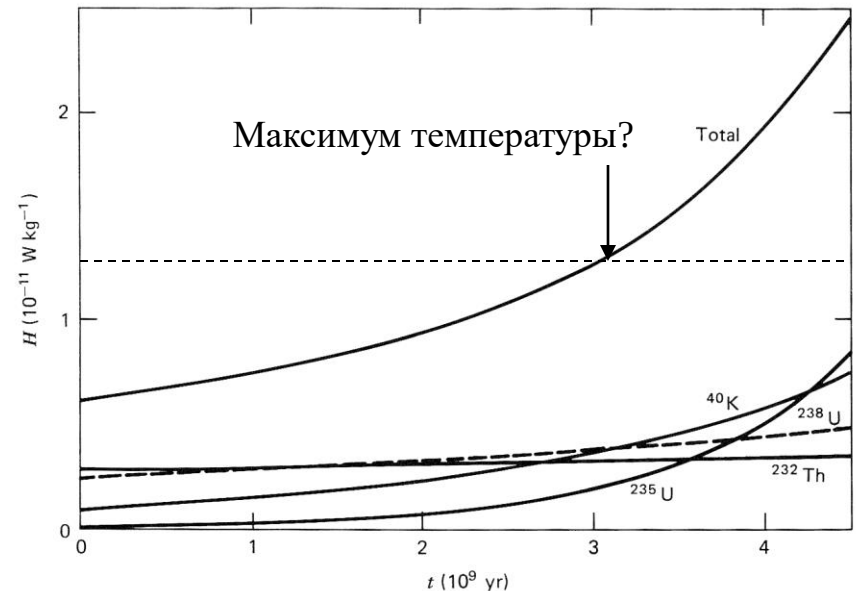
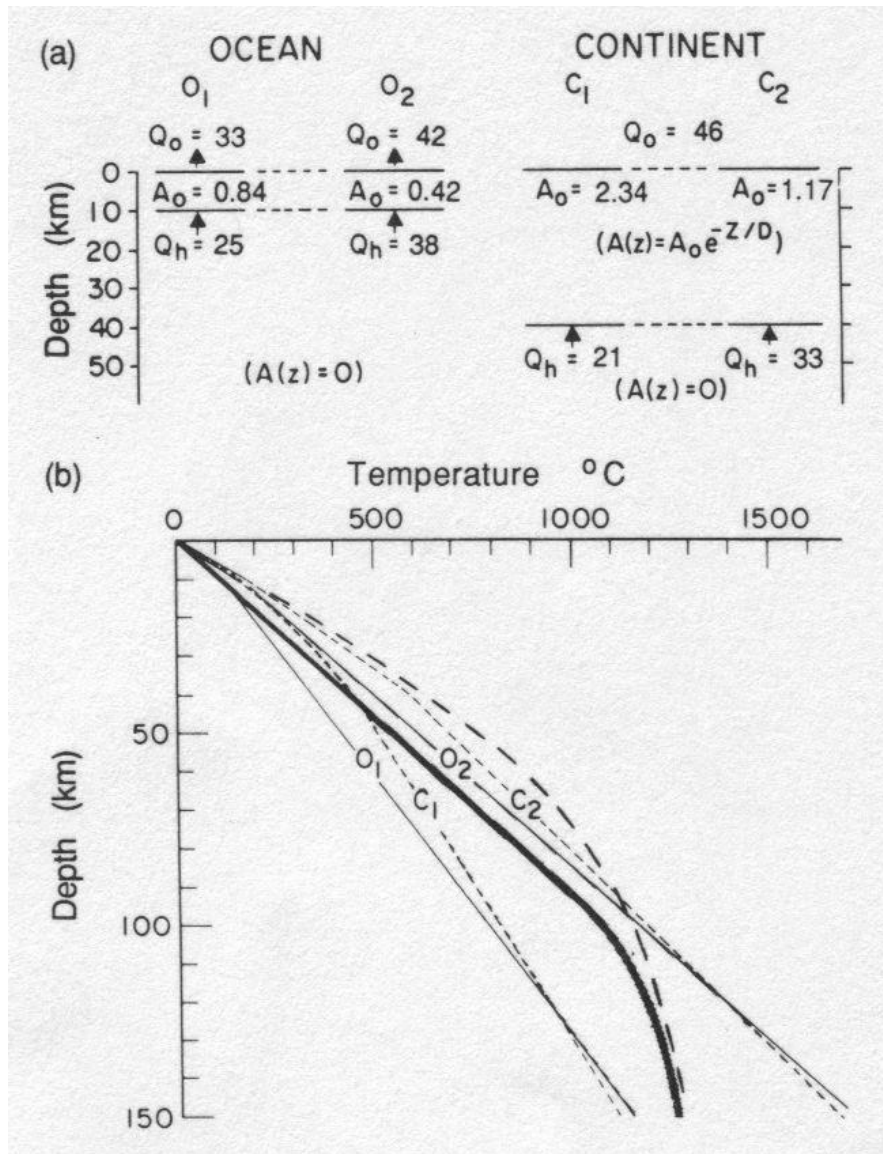


Figure 4-4 Mean mantle heat production rates due to the decay of the radioactive isotopes ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , and ^{40}K as functions of time measured back from the present.

Тепловой поток и геотерма



$$\frac{d^2 T}{dz^2} = -\frac{A}{k}$$

$$T(z) = -(A/2k) z^2 + (Q_0/k) z + T_0$$

A – тепло, выделяемое внутри вещества

k – коэффициент теплоемкости

Z – глубина

Q₀ – тепловой поток на поверхности

T₀ – температура на поверхности



Возможность конвекции

$$Ra = \frac{g\beta\Delta T d^3}{\nu\alpha}$$

* Ra = число Релея

* g = ускорение свободного падения

* d = характеристический размер области жидкости

* ΔT = разность температур между стенками жидкости

* ν = кинематическая вязкость жидкости

* α = температуропроводность жидкости

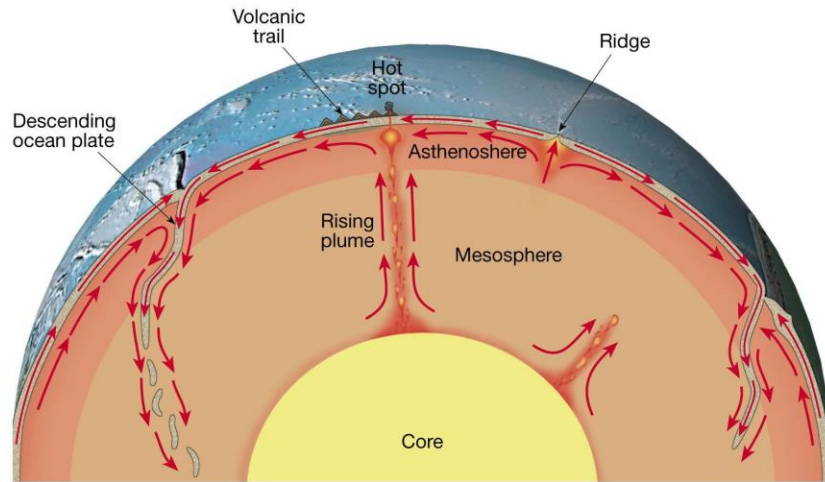
* β = коэффициент теплового расширения жидкости

- *Критическое число Релея лежит в пределах 678-2772 в зависимости от граничных условий.*
- Для верхнемантийной конвекции $Ra = \sim 10^6$
- Для конвекции всей мантии $Ra = \sim 10^7$

Если существует выделение тепла внутри слоя, то

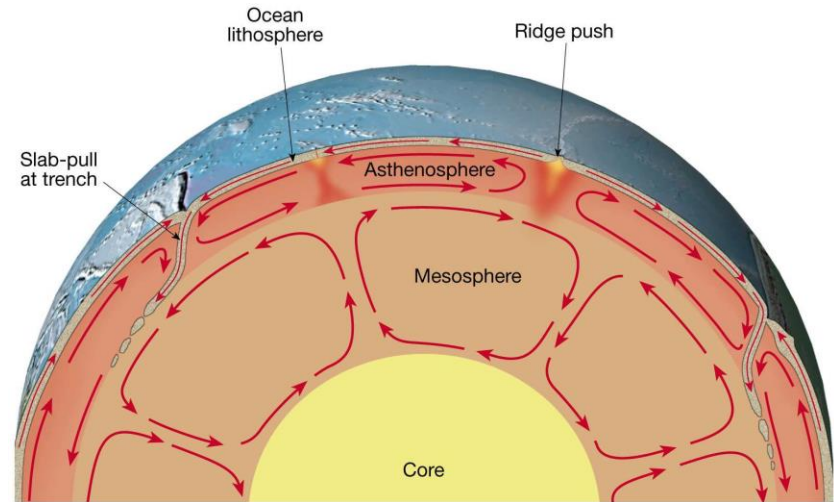
$Ra = g\alpha A * d^5 / \kappa \nu$, то есть число Рэлея будет еще больше

Три возможных сценария конвекции



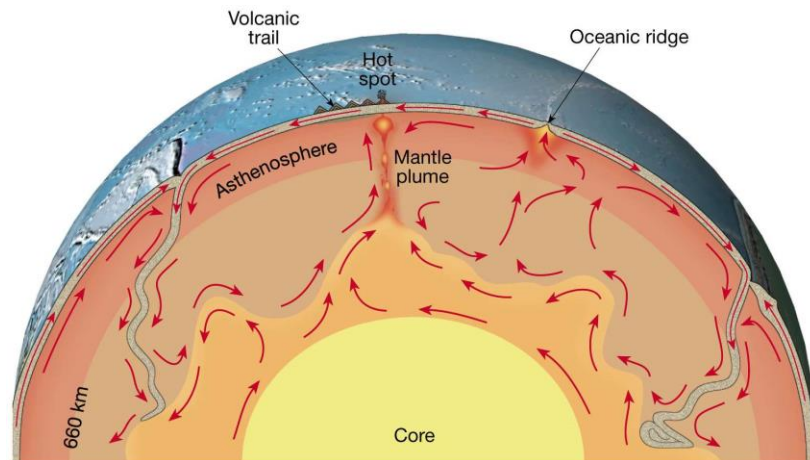
B. Whole-mantle convection

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



A. Layering at 660 kilometers

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



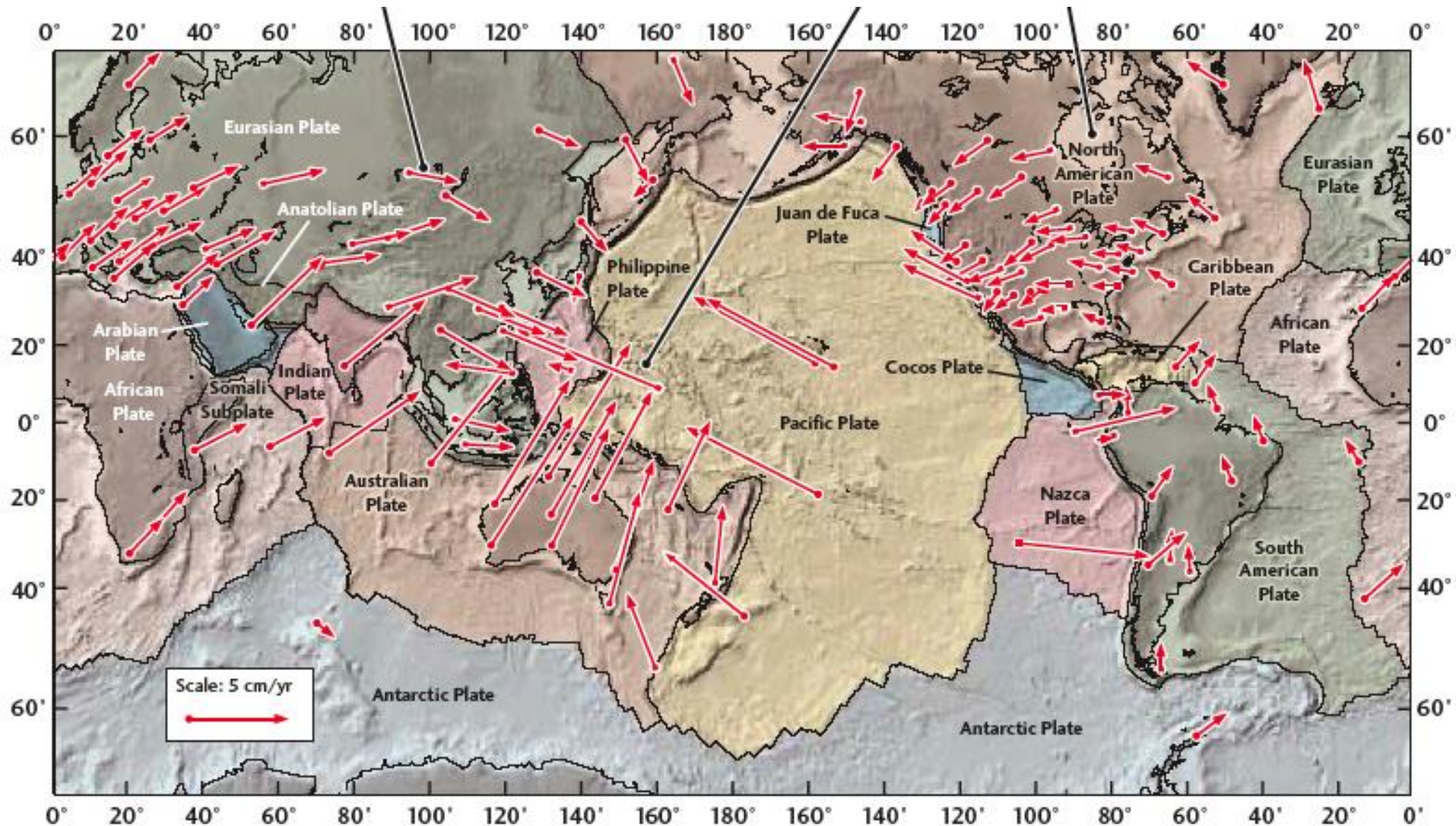
C. Deep-layer model

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

Проверочные наблюдения:

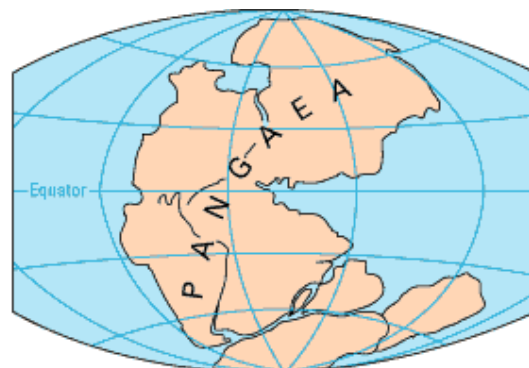
- 1) Сейсмические данные и тепловые потоки
- 2) Размеры ячеек и вулканизм
- 3) Изменение вулканизма во времени, дрейф континентов и складчатость

Схема современного движения тектонических плит



Суперконтиненты:

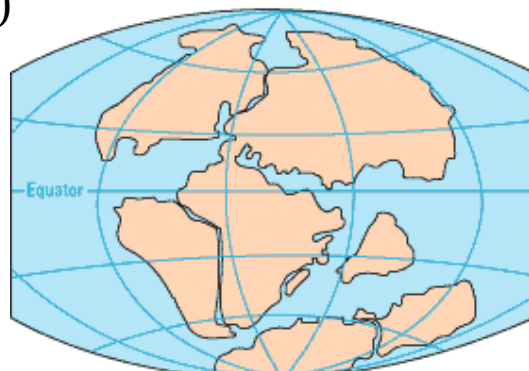
- Ур – 3 млрд. л.н.
(Rogers, 2002)
- Кенорленд – 2.7 млрд.л.н.
(Williams et al., 1991)
- Нуна (Коламбия) – 1.8-1.5 млрд.л.н.
(Rogers & Santosh, 2002)
- Родиния – 1.1-0.7 млрд.л.н.
(Dalziel, 1991)
- Паннотия – 600-540 млн. л.н.
(Dalziel, 1997)
- Пангея – 250 млн.л.н.
(Wegener, 1920)



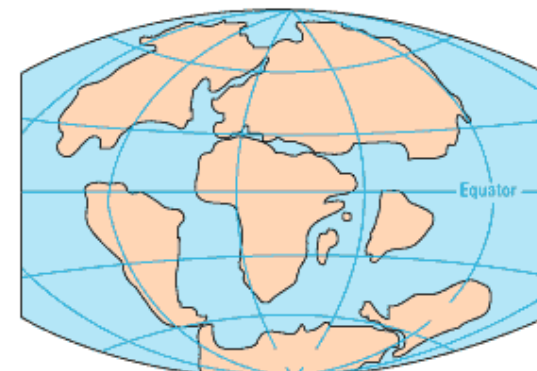
PERMIAN
225 million years ago



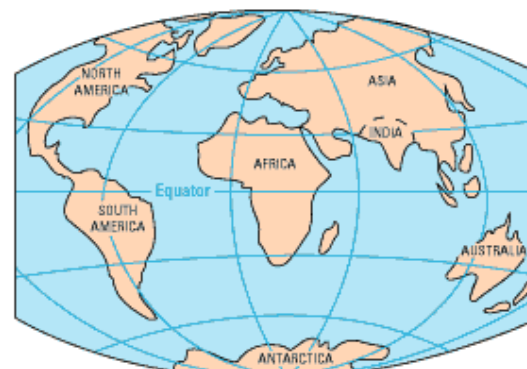
TRIASSIC
200 million years ago



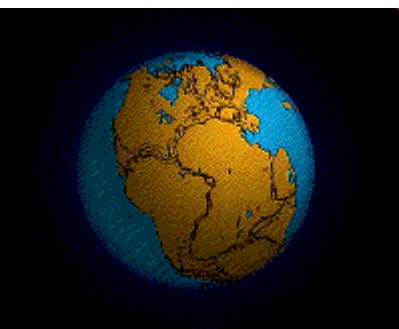
JURASSIC
135 million years ago



CRETACEOUS
65 million years ago



PRESENT DAY





0 %

Loading

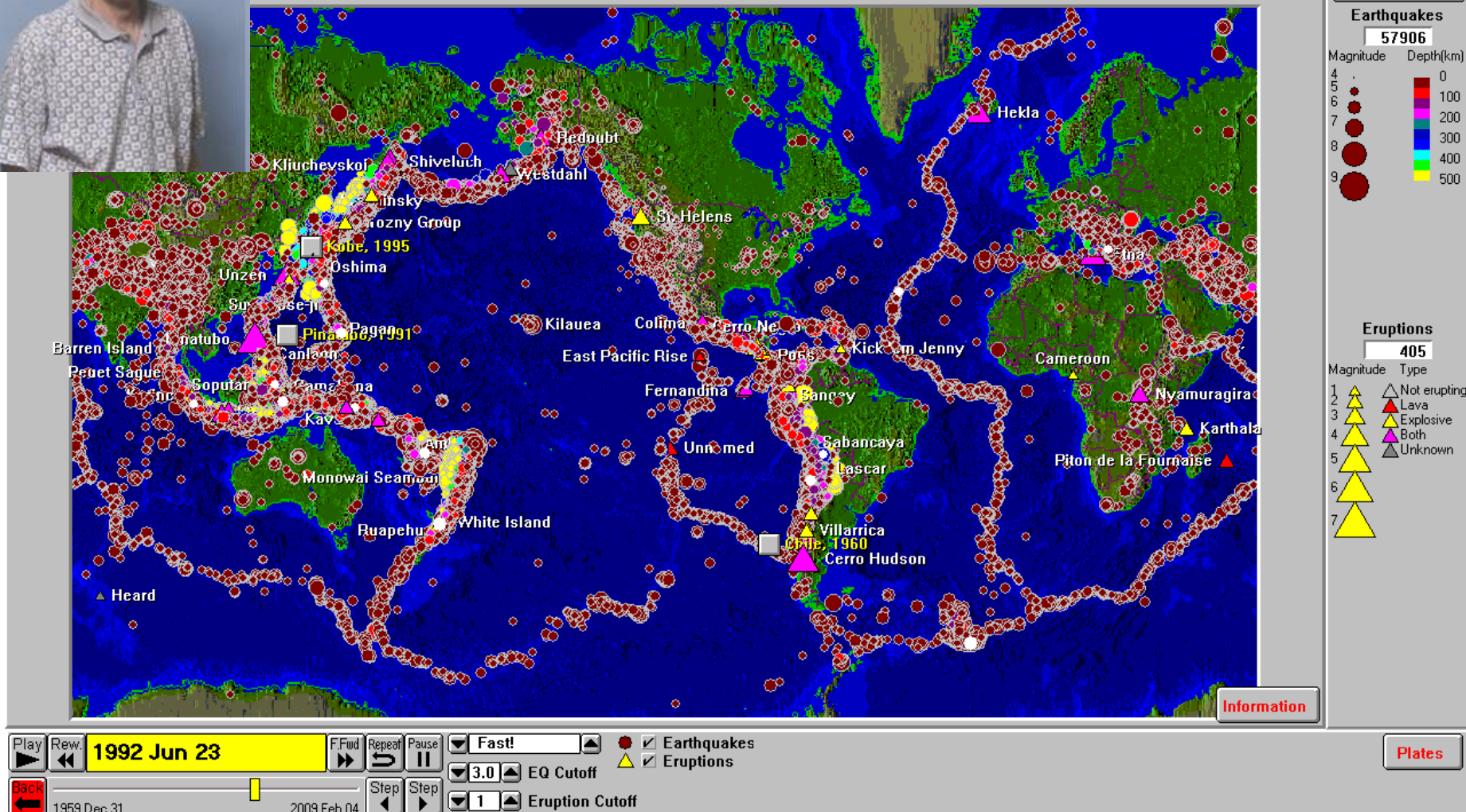
Связь землетрясений и извержений

Alan L. Jones,
Purdue University

Скачать программу:

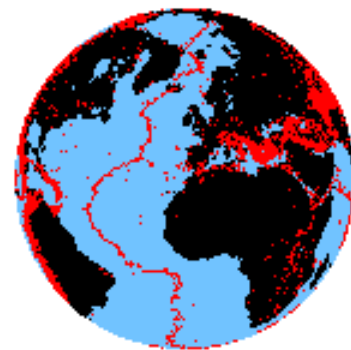
<http://bingweb.binghamton.edu/~ajones/>

World Earthquakes & Volcanic Eruptions, 1960 to present

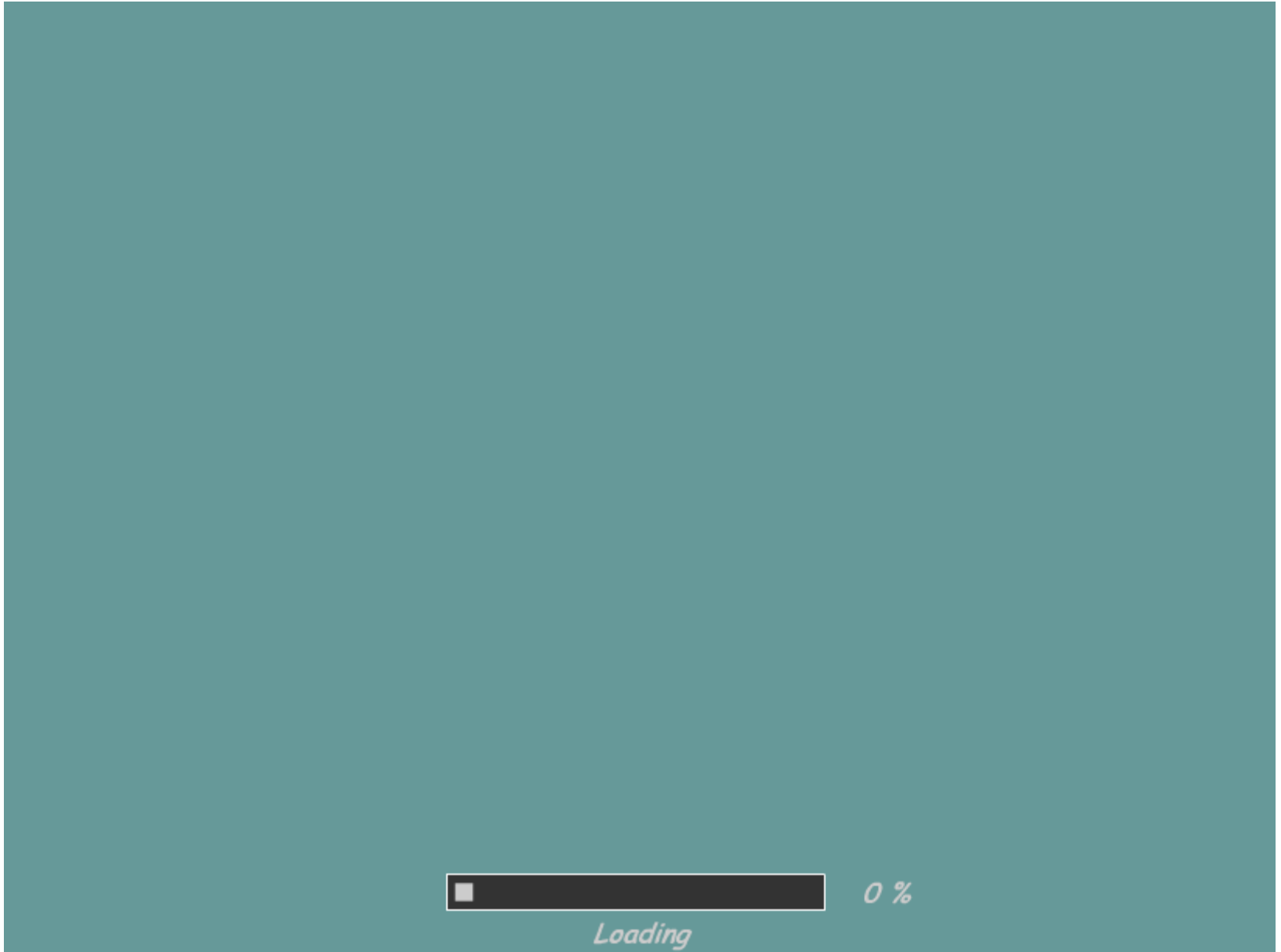


Связь землетрясений и извержений

- Землетрясения и вулканизм приурочены к границам тектонических плит
- Не выявлено пространственно-временной связи между крупными землетрясениями и извержениями
- Мелкофокусные землетрясения являются предвестниками извержений

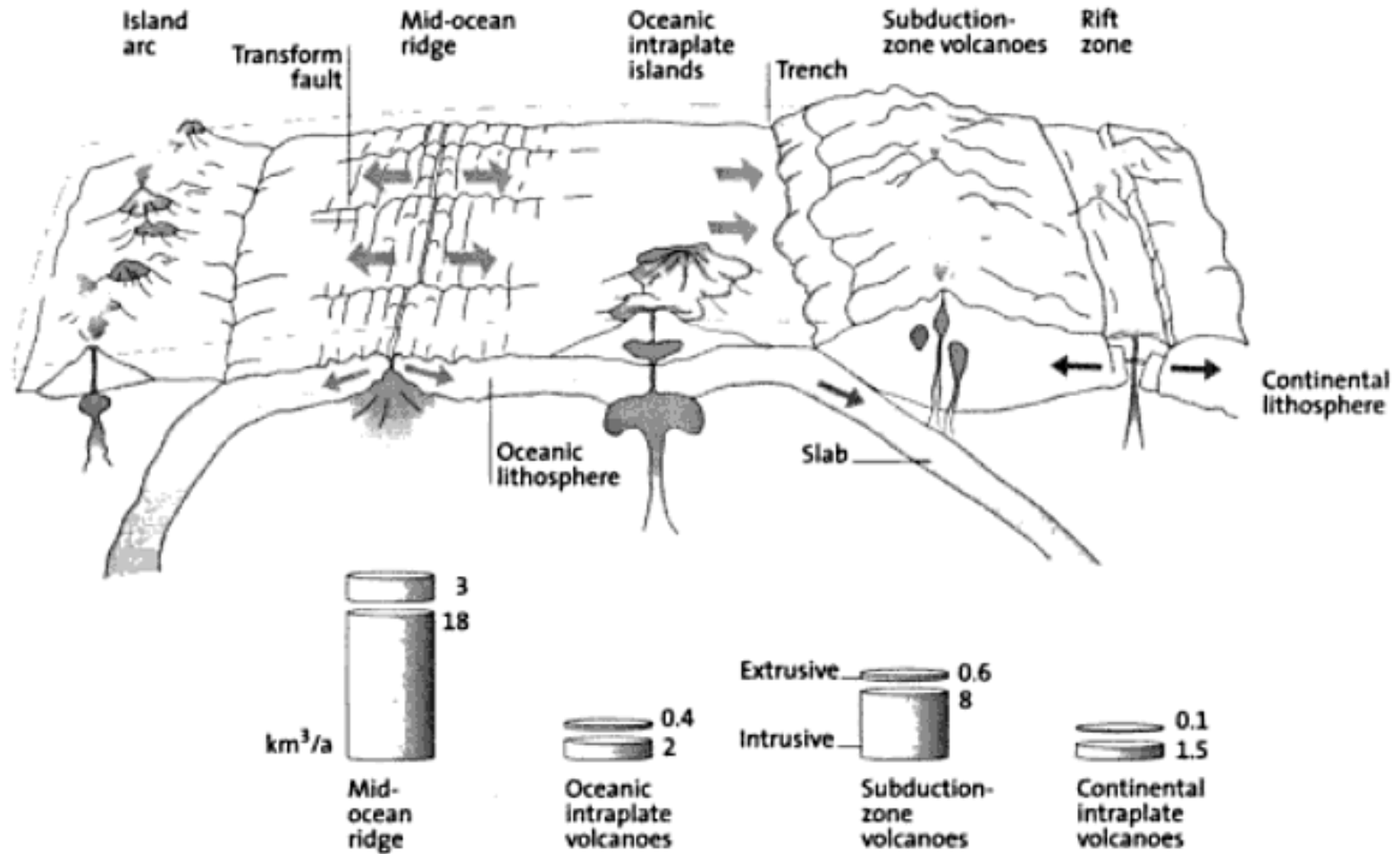


Движение океанической плиты от рифтовой зоны к континентальной окраине



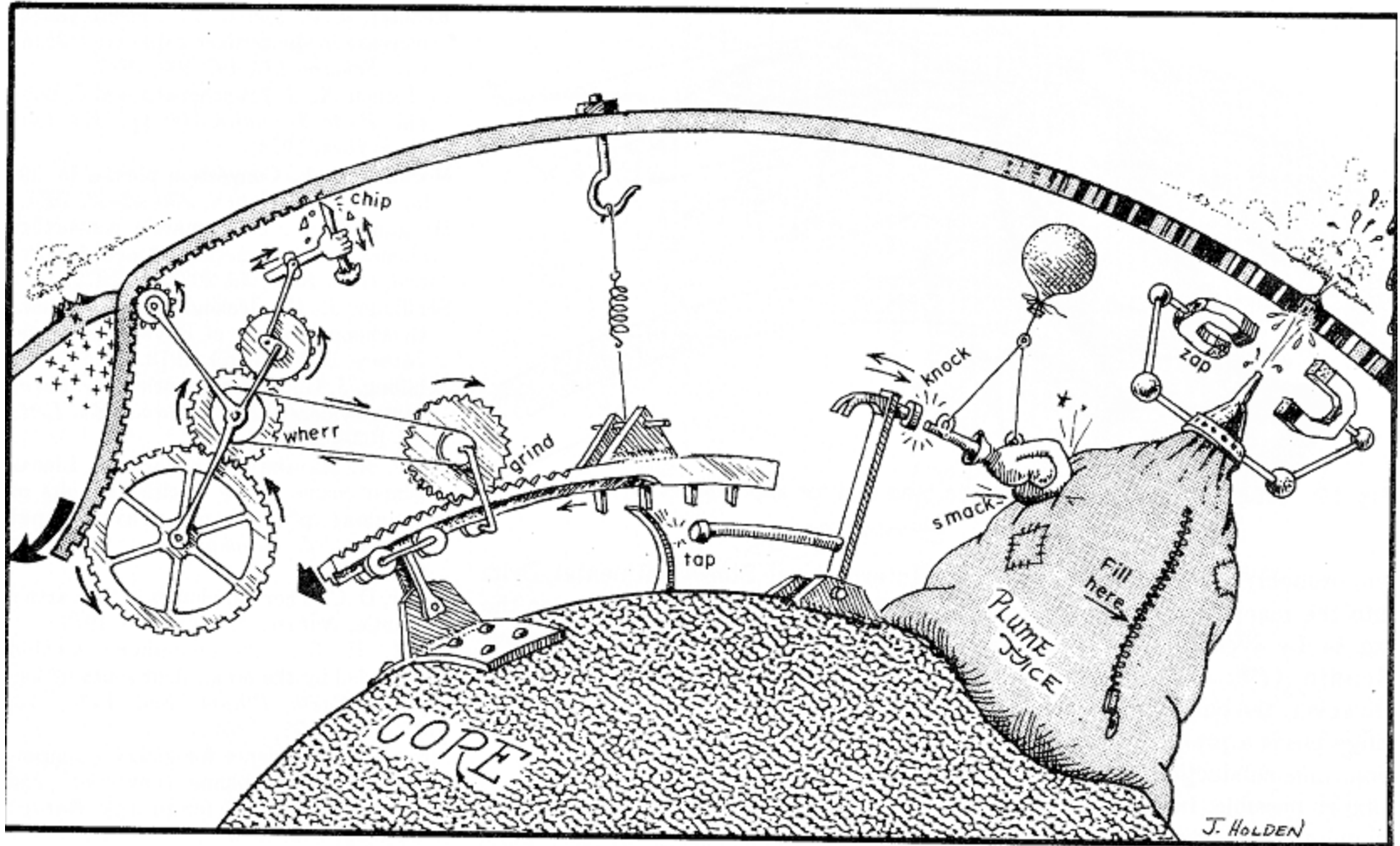
Мощность океанических плит 80-100 км, они включают в себя кору и литосферную мантию

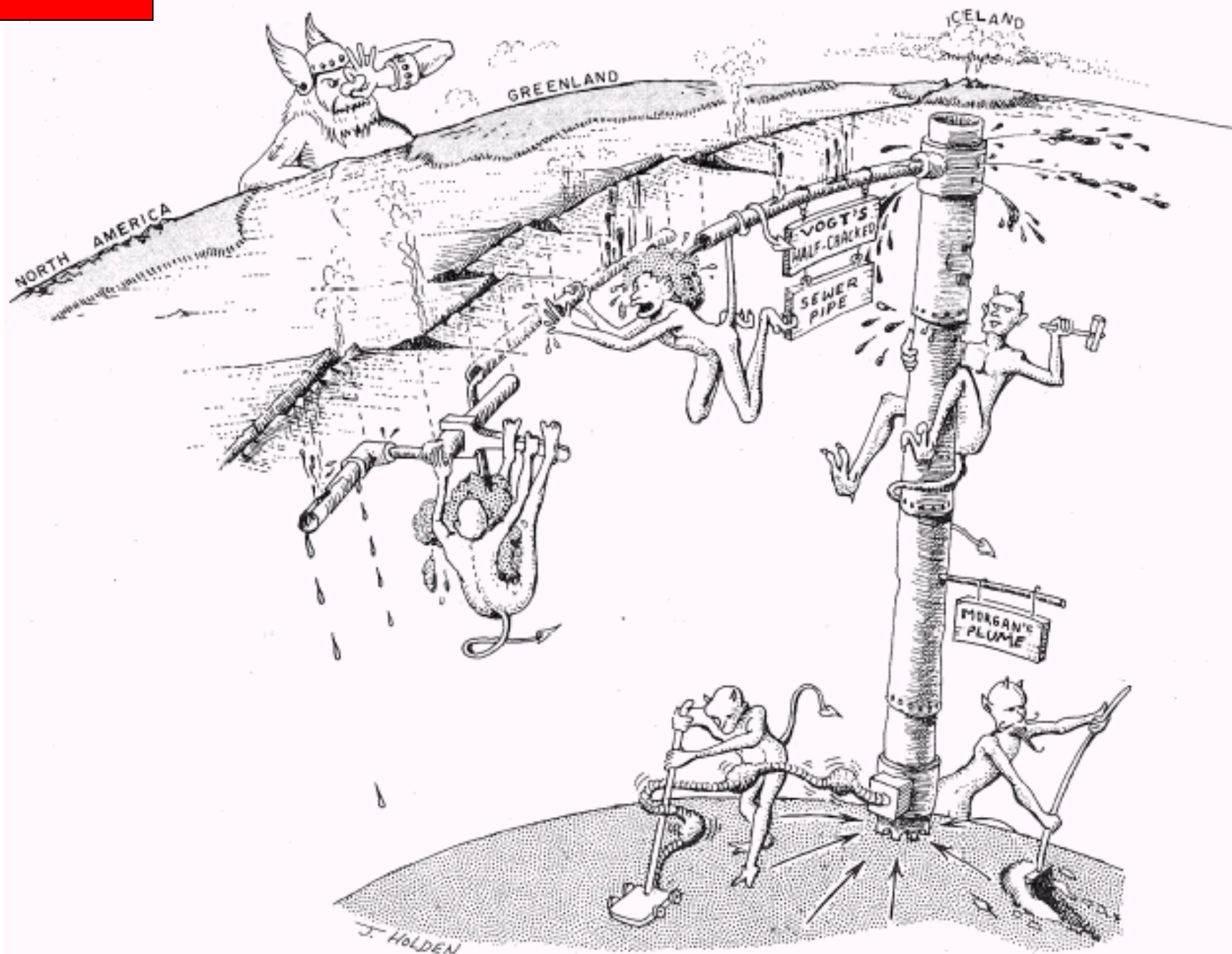
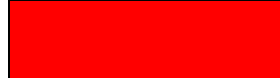
Усложнение до 4 типов позиций вулканов



Общая взаимосвязь различных обстановок современного вулканизма

Holden, J.C. & P.R. Vogt,
EOS Trans. AGU, 56,
573-580, 1977.





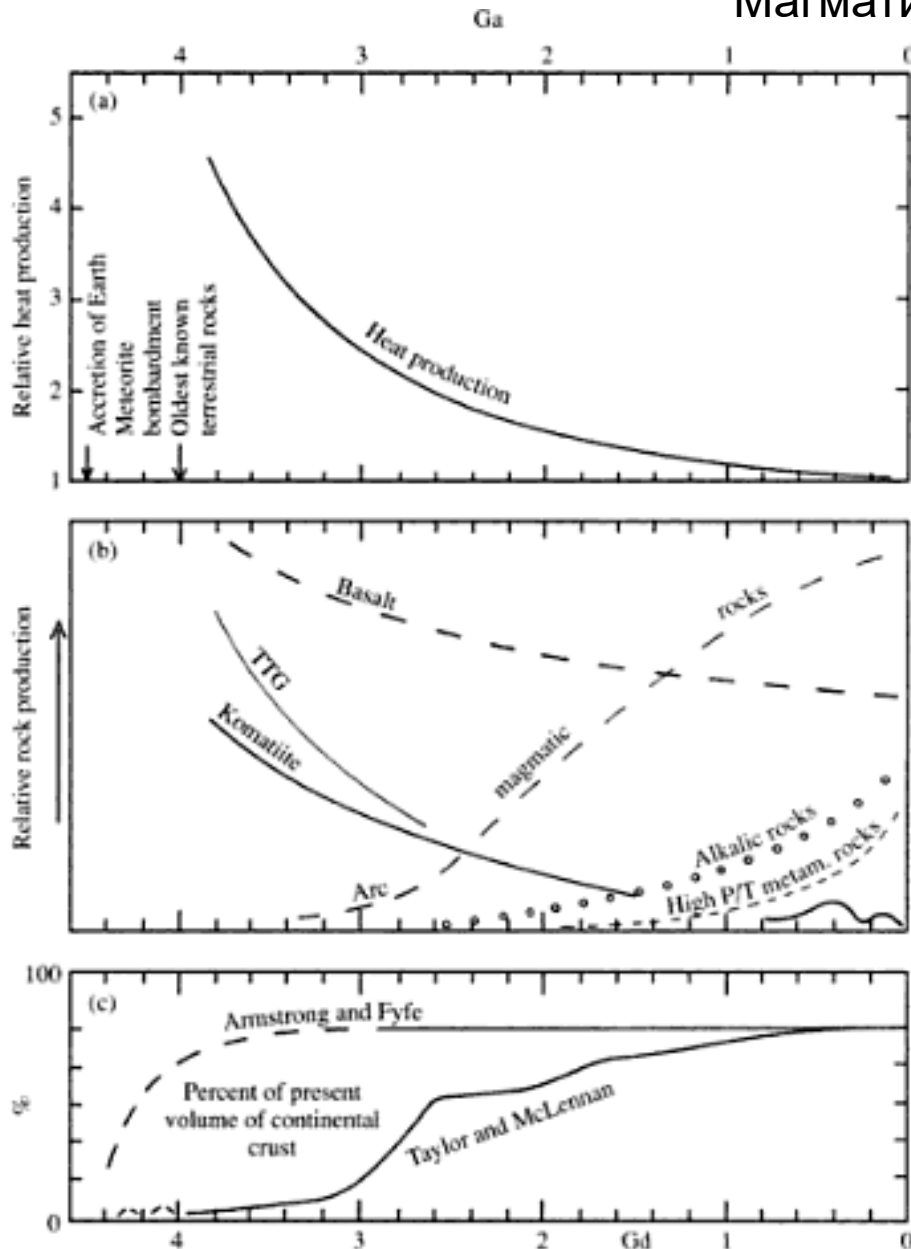
Igneous and Metamorphic Petrology

Myron G. Best, 2003

А) Теплоотдача Земли по Windley, 1995

Б) Схематическое соотношение продуктивности (или степени сохранности) некоторых важнейших типов магматических формаций. Коматииты приведены по deWitt, Ashwall, 1997

С) Рост континентов по различным моделям



Время, млрд. лет

Взаимосвязь геологических процессов на Земле

Основной причиной процессов, происходящих на поверхности Земли является ее остывание и мантийная конвекция как эффективный механизм теплоотдачи.

Основной причиной вулканизма является перемещение вещества внутри Земли. Вулканизм является проявлением различных процессов, связанных с мантийной конвекцией и движением плит.

Основной причиной землетрясений является перемещение вещества внутри Земли. Землетрясения являются проявлением различных процессов, связанных с мантийной конвекцией и движением плит.

Вулканизм и землетрясения имеют общую глобальную причину. Поэтому они связаны в пространстве (но не во времени). Наличие вулканизма и землетрясений отличает «живую» планету от «мертвой».