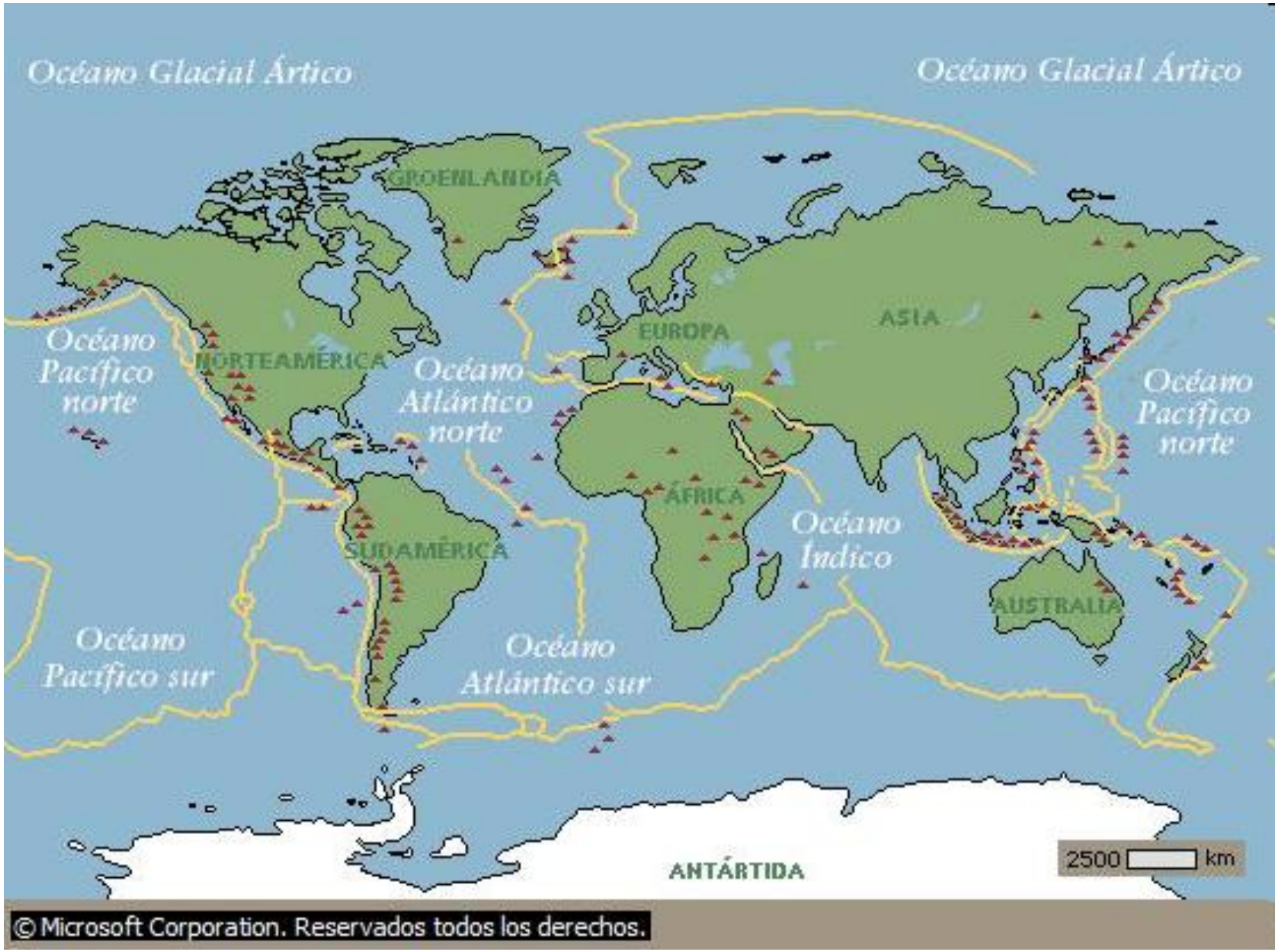
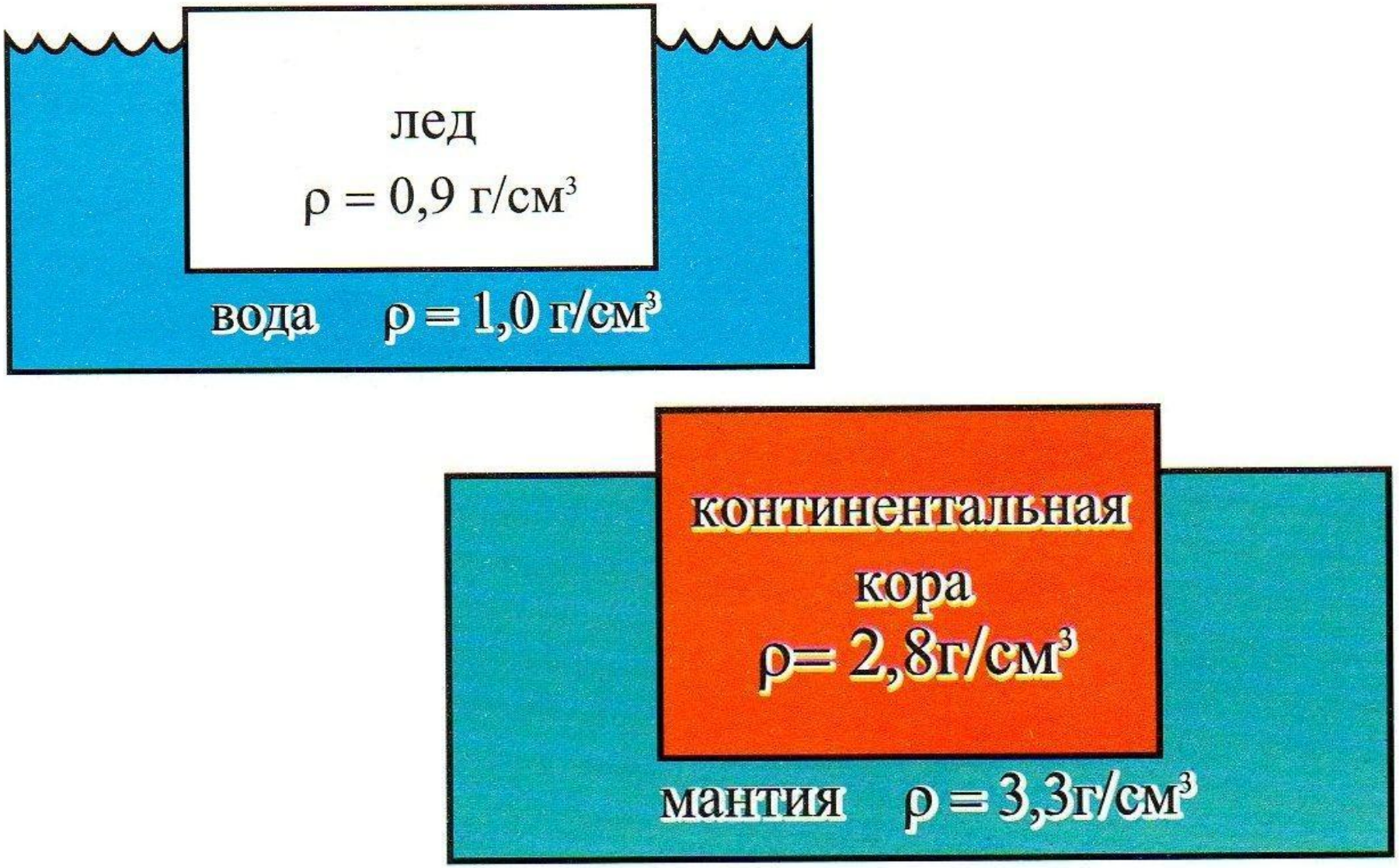
# Тектоника литосферных плит



# Изостатическое равновесие



# Литосферные плиты

Крупные континентальные:

1. Африканская
2. Антарктическая
3. Евразийская
4. Индийская
5. Северо-Американская
6. Южно-Американская
7. Австралийская

Крупные океанические:

1. Тихоокеанская
2. Кокос
3. Филиппинская
4. Наска

Средние континентальные

1. Аравийская
2. Карибская
3. Сомалийская
4. Китайская

# Границы литосферных плит

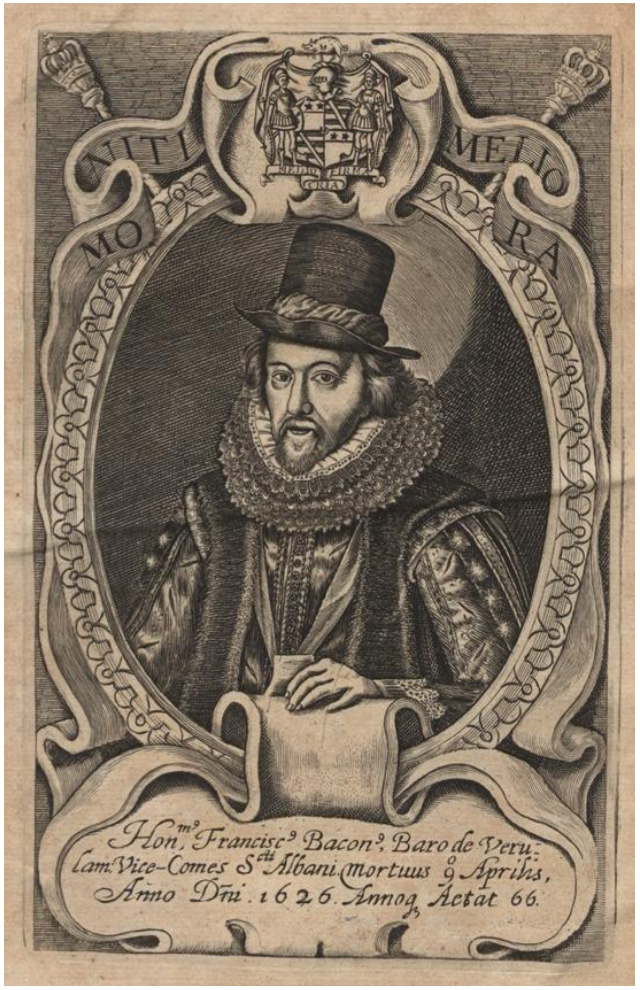
В 1965 г. *Дж. Вилсон (Канада)* сформулировал идею о существовании литосферных плит

Нижняя граница литосферной плиты =

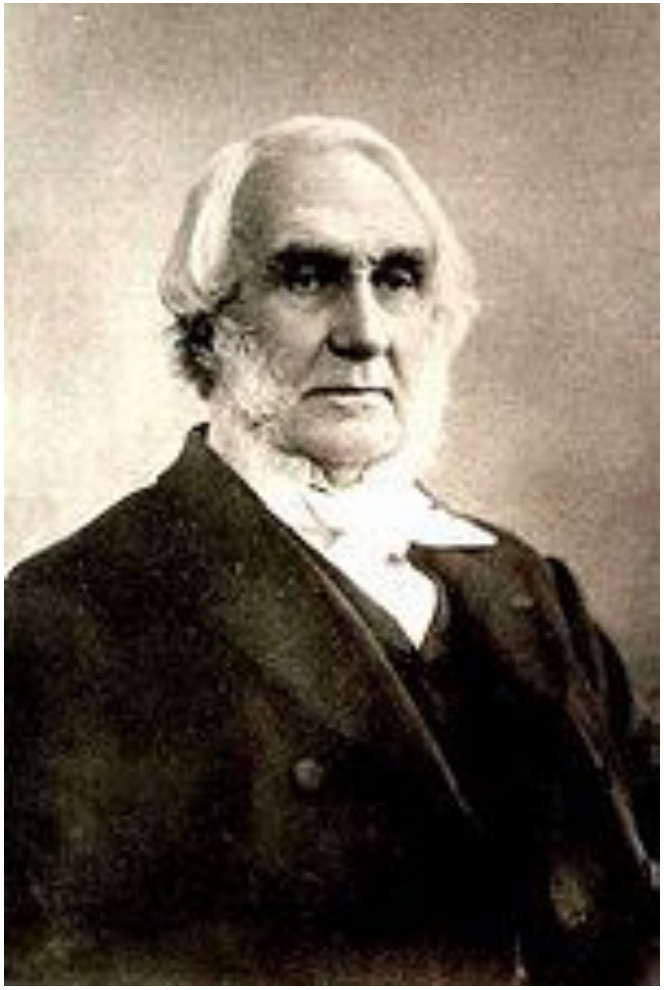
= верхняя граница астеносферы.

В 1968 г. определены границы крупных литосферных плит Земли, рассчитаны параметры их движения по поверхности земного шара.
(*Джасон Морган*, США
*Ксавье Ле Пишон, Ф*ранция)

# Геодинамическая модель развития земной коры




Фрэнсис Бэкон
1561 – 1626



Осмонд Фишер
1817 – 1914

# Геодинамическая модель развития земной коры

1620 г Фрэнсис Бэкон

Sylva sylvarum: or a Naturall Historie in ten centuries. – London : printed by J. H. for William Lee, 1631, 258 p

1830г. *Эли де Бомона*

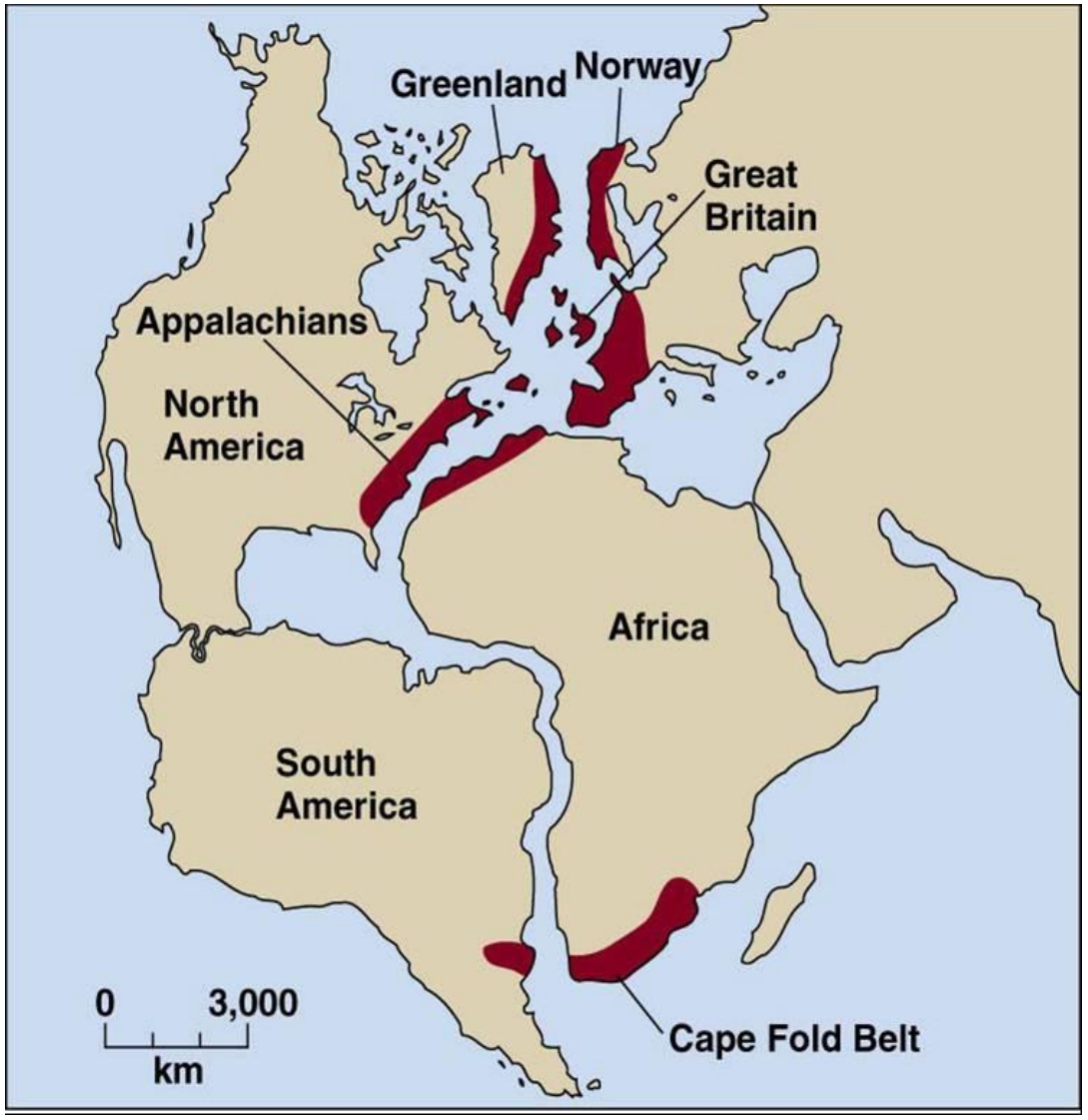
**Осмонд Фишер** *(*Англия). 1889 г.

Основа: наблюдения за процессами застывания лавы в лавовых озерах Гавайских островов,

предположение конвекции мантийного вещества

# Гипотеза «дрейфа континентов», 1912 г

Альфред Лотар Вегенер
(1880-1930)



# Основы гипотезы Вегенера

1. Контуры континентальных глыб хорошо подходят друг к другу,
2. Общность геологического строения смежных материков,
3. Общность древней палеозойской и мезозойской фауны и флоры на смежных материках
4. Следы одновременного позднепалеозойского покровного оледенения в Юж. Америке, Африке, Индии и Австралии

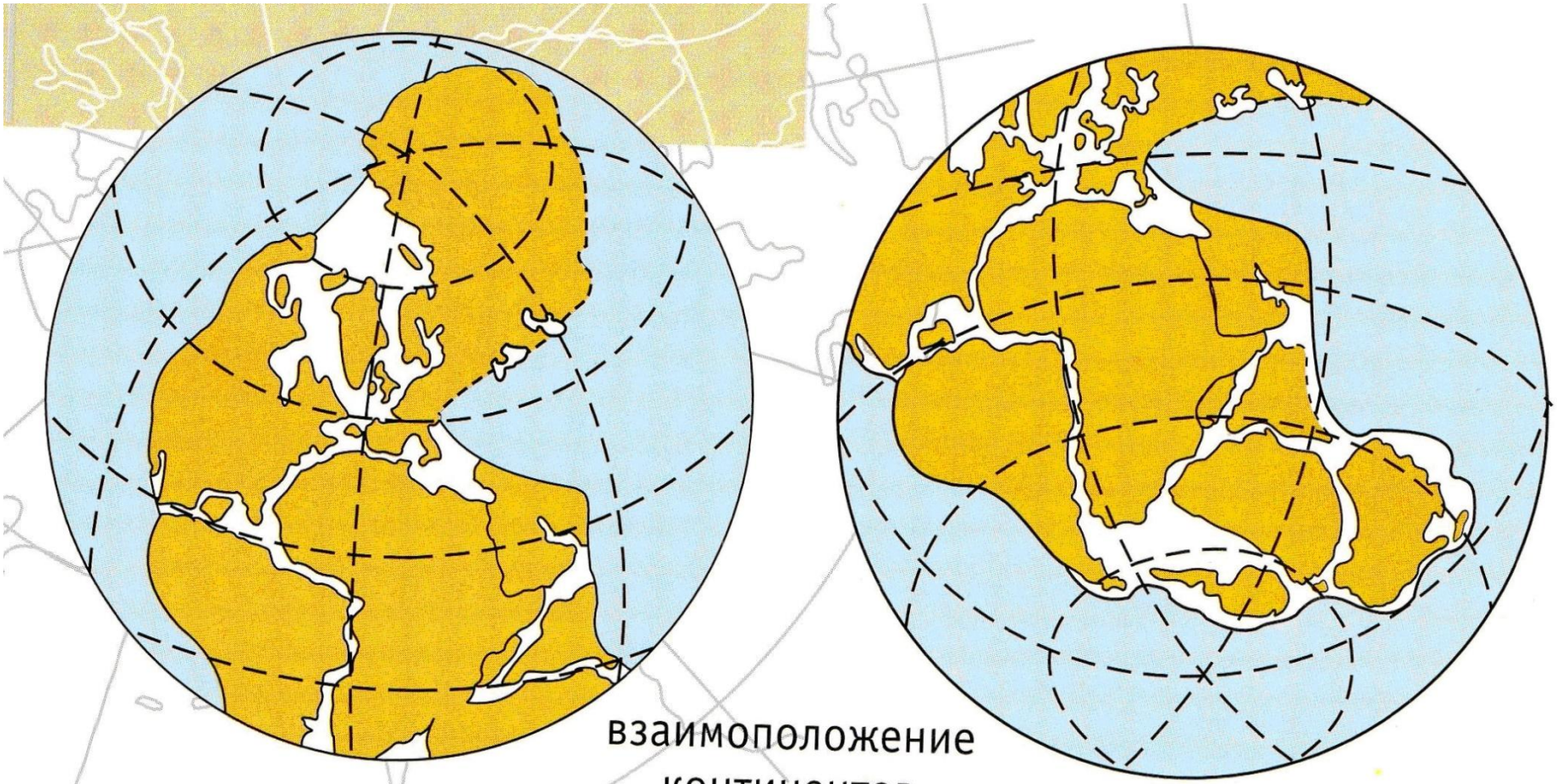
# Движущие силы «дрейфа» континентов

Вегенер предположил существование суперконтинента  Пангея, который раскололся на несколько частей,

отдельные континентальные глыбы “поплыли” по поверхности планеты, образовались современные материки

Движущие силы (по Вегенеру):
ротационные силы, связанные с вращением Земли,
приливные взаимодействия Земли с Луной

# Пангея



взаимоположение
континентов
180 млн. лет назад
**(Юрский период)**

# Возражения против теории Вегенера

1. Движущие силы недостаточны

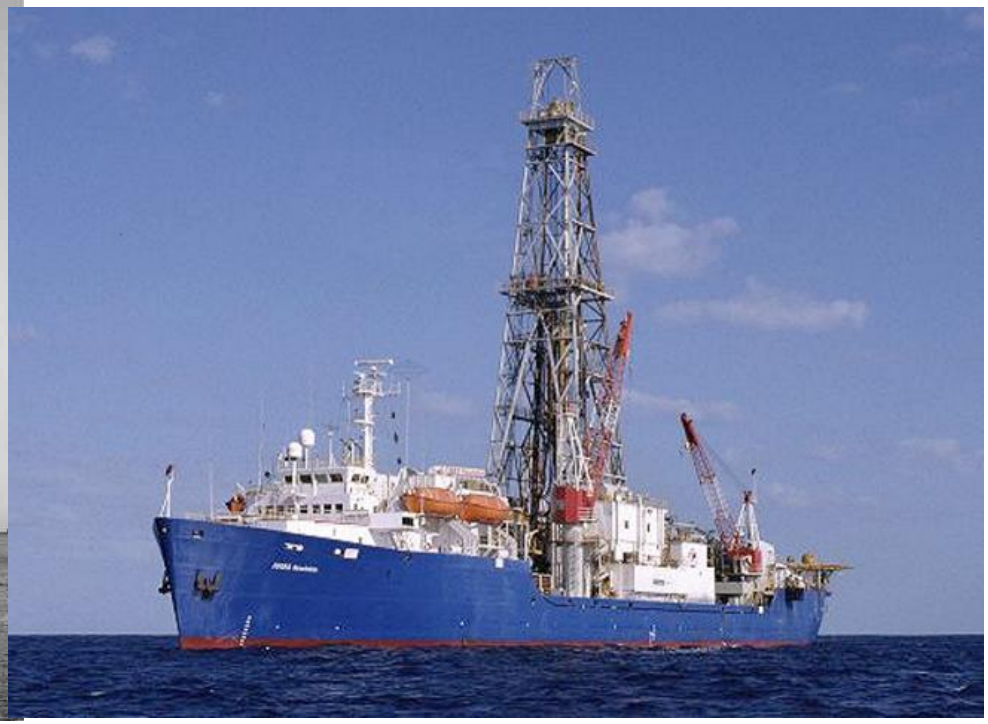
2. Твердые блоки не могли бы двигаться без «смазки» из-за трения

3. Глубина некоторых очагов землетрясений достигает 700 км

4. Должен возникнуть «бульдозерный» эффект – сдвигание осадочных пород перед движущейся плитой

# Подводное бурение

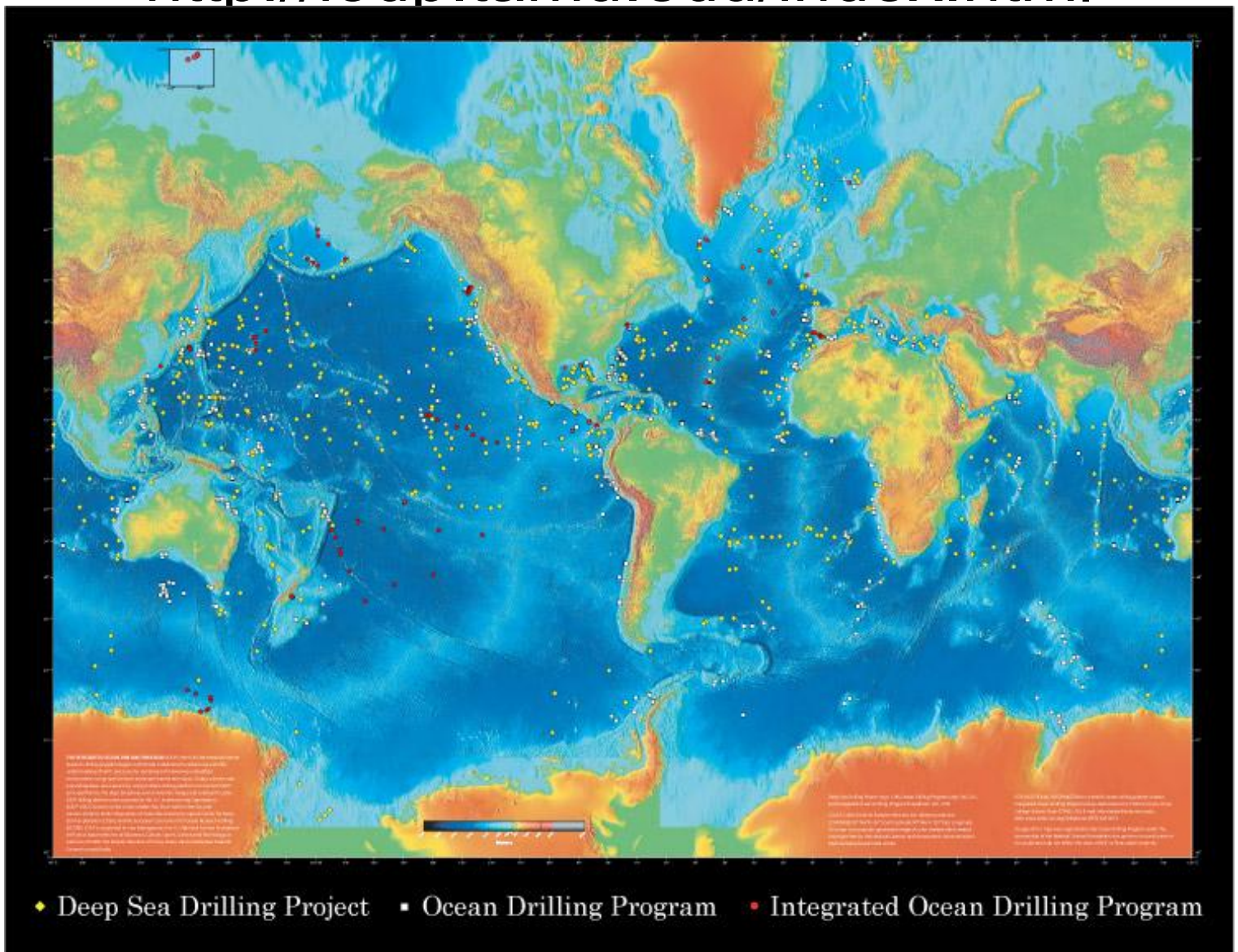
Первое исследовательское судно «Glomar Challenger», глубина взятия образцов до 1000 м от дна



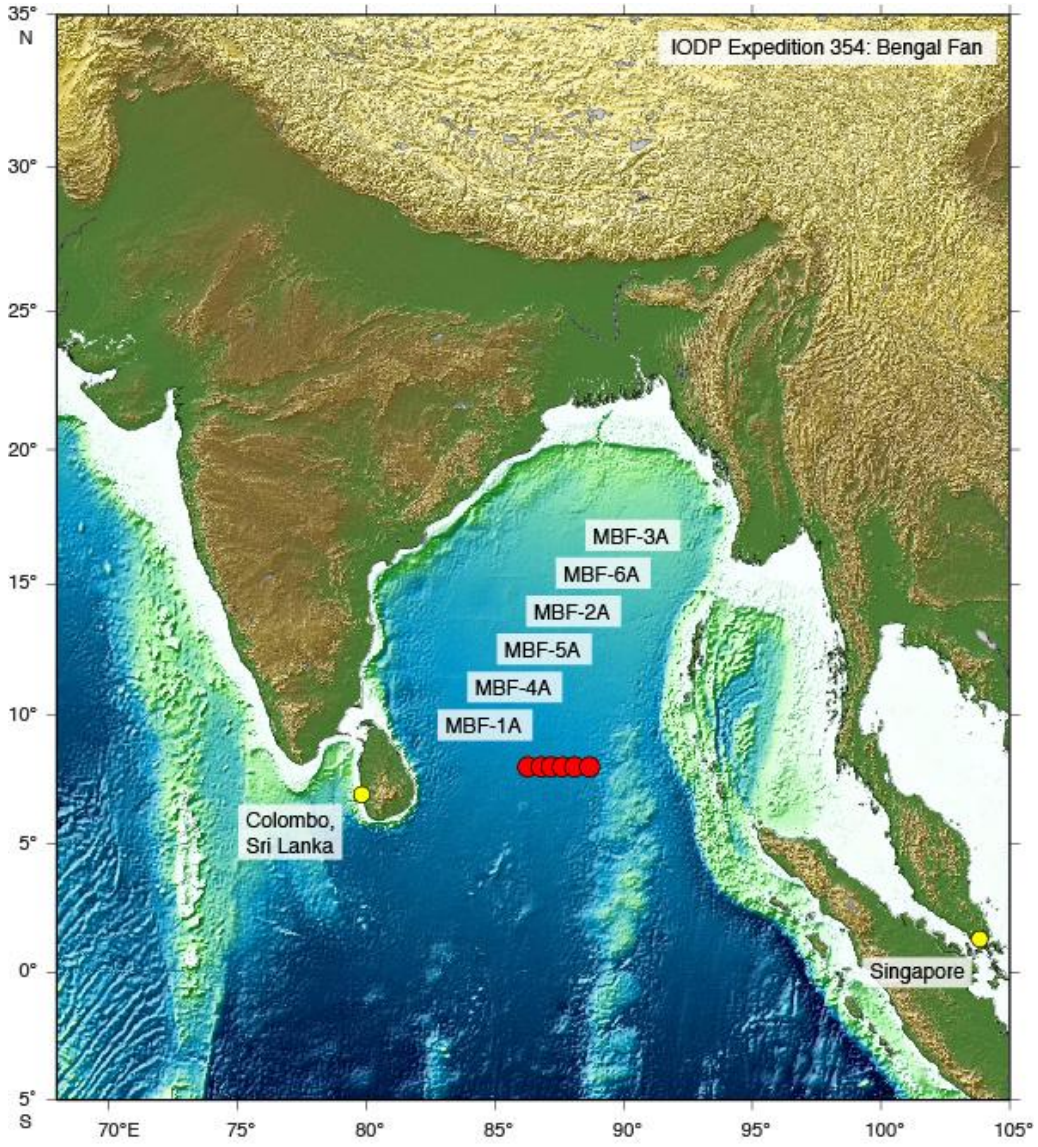
Современное исследовательское судно «Joides Resolution»

# THE INTEGRATED OCEAN DRILLING PROGRAM (IODP)

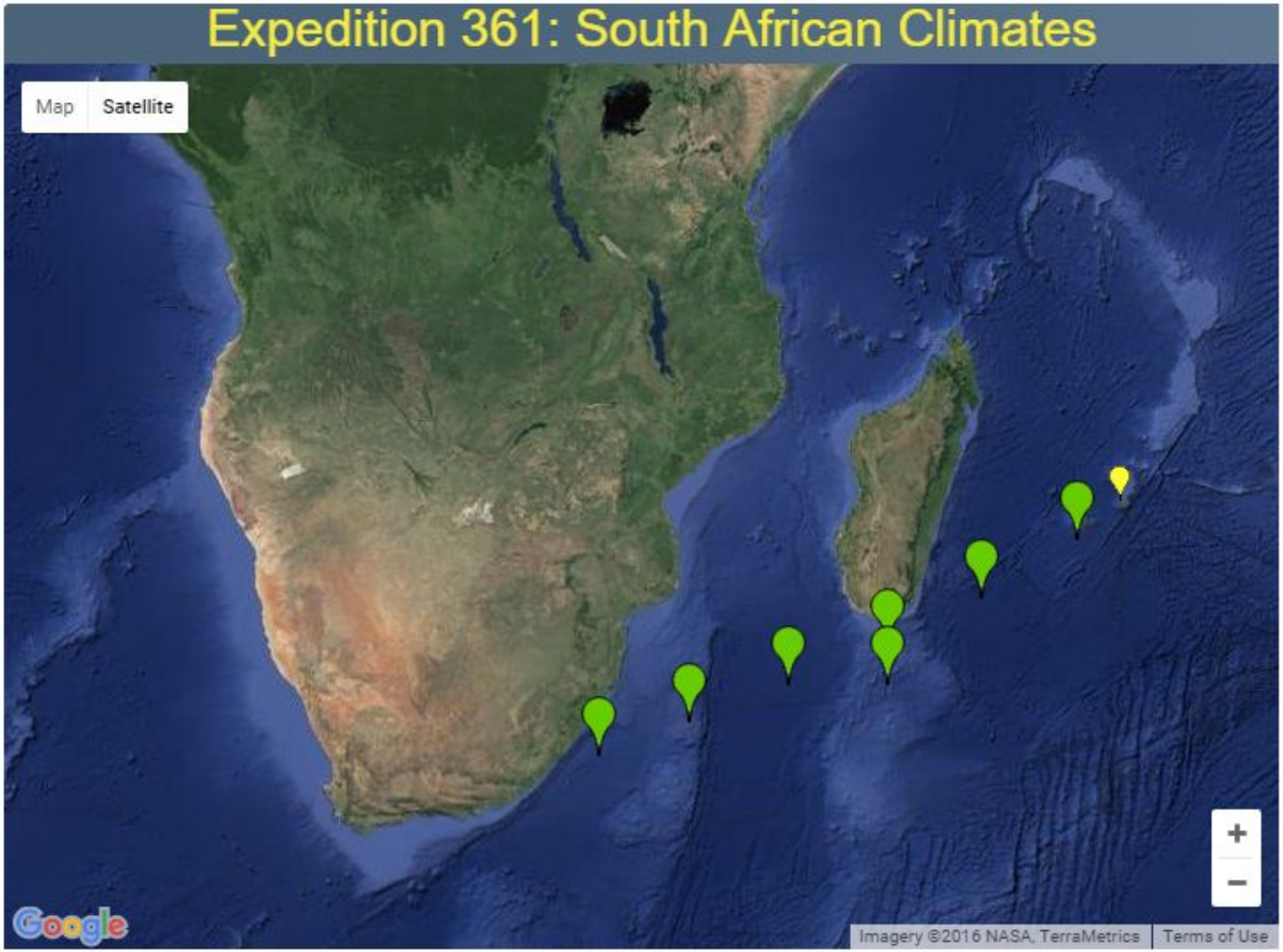
http://iodp.tamu.edu/index.html



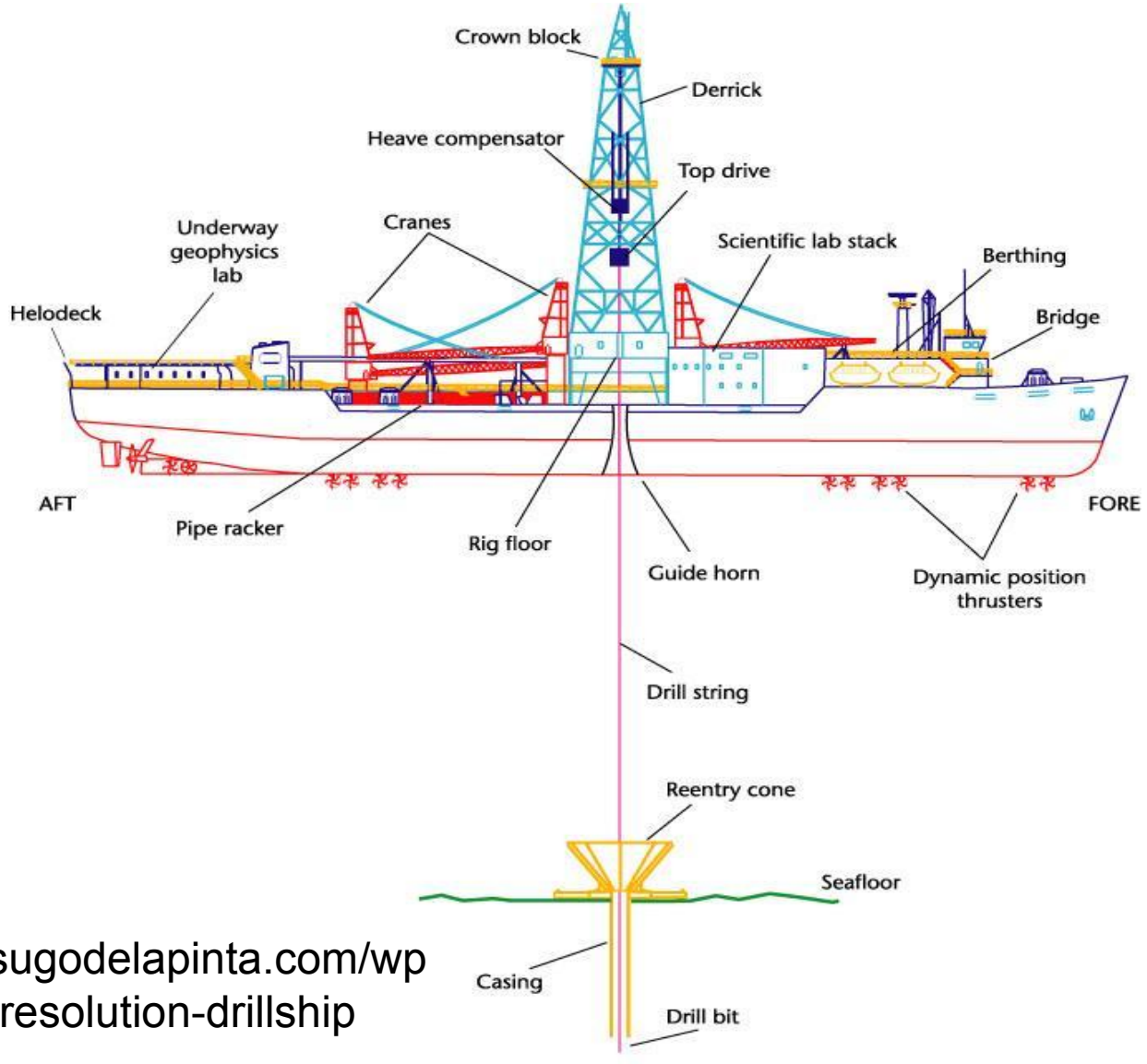
# Bengal Fan, Expedition 354, 2015
# International Ocean Discovery Program



# Экспедиция 361, 2016

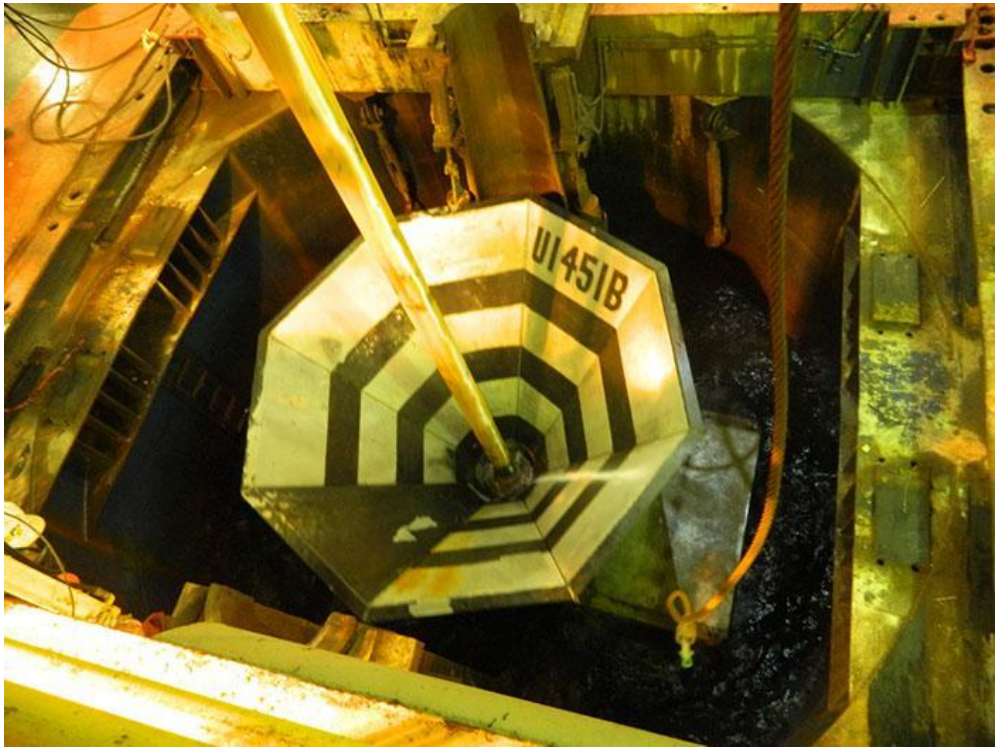


# Схема буровой установки «Joides Resolution»

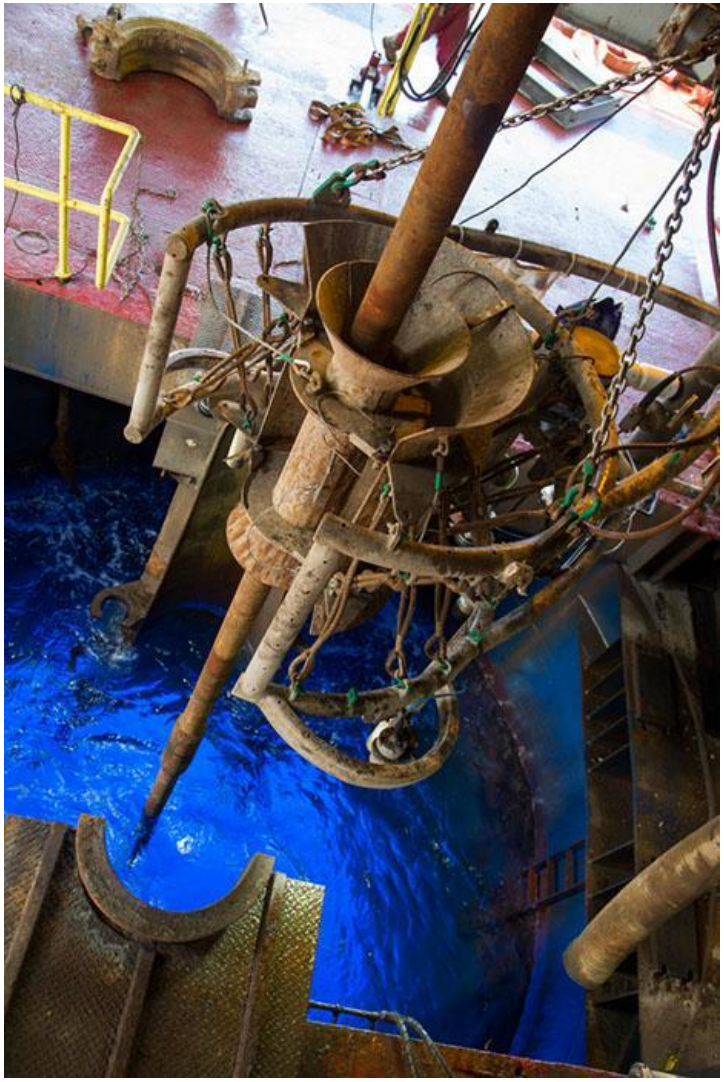



http://www.besugodelapinta.com/wp-admin/joides-resolution-drillship

# Экспедиция 354, январь – март 2015, Бенгальский залив




The reentry cone for Hole U1451B is lowered through the moonpool. (M.C. Manoj & IODP) [Photo ID: exp354_070]



Deployment of the subsea camera system at Hole U1451B. (Credit: Tim Fulton, IODP JRSO) [Photo ID: exp354_064]

# Экспедиция 354, январь – март 2015, Бенгальский залив

The technicians carry a core (Credit: James Gleason & IODP) [Photo ID: exp354_056]

Sonja Storm (Marine Laboratory Specialist, IODP JRSO) works in the Chemistry Laboratory. (Supriyo Das & IODP) [Photo ID: exp354_054]

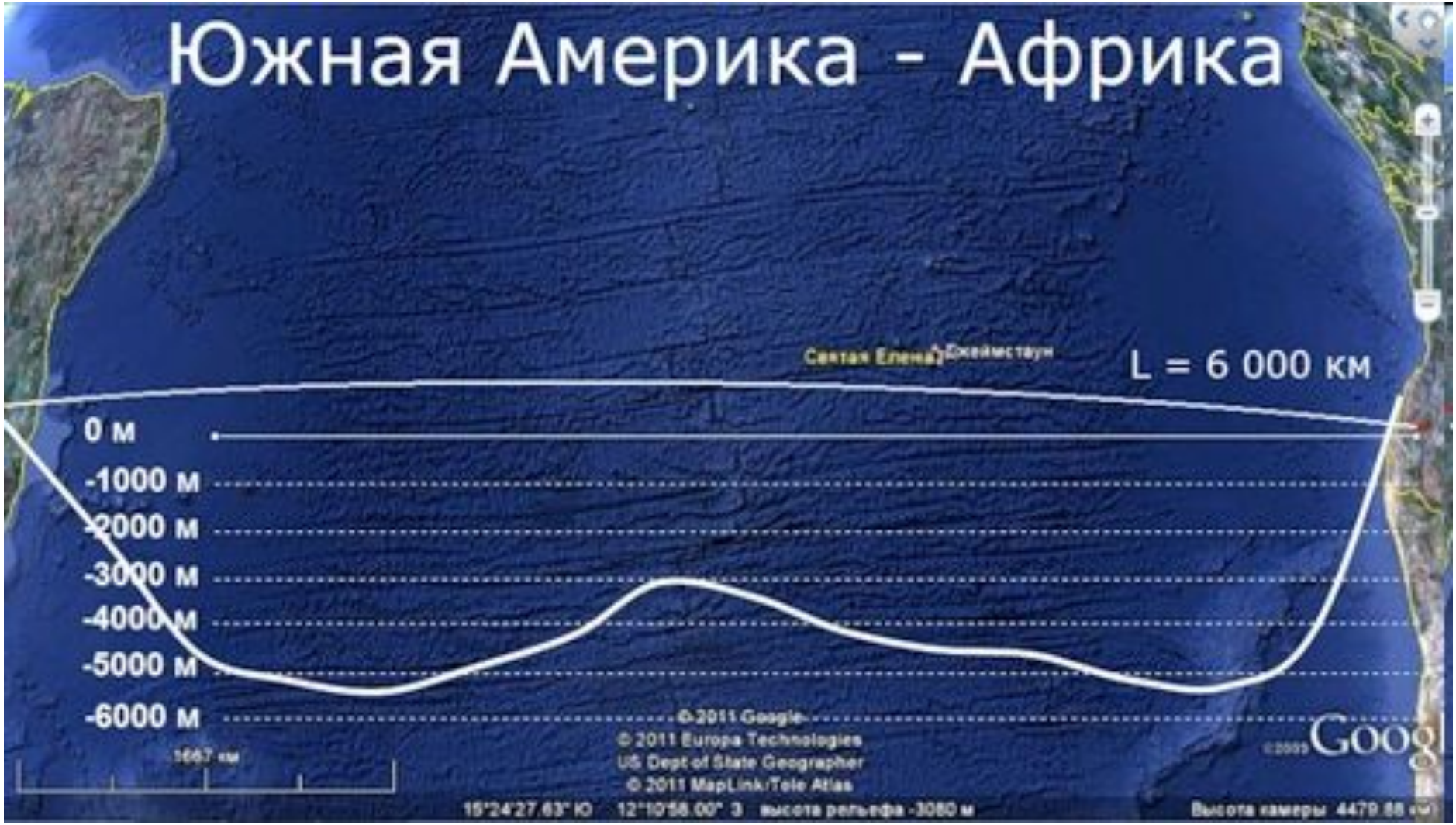
# Chikyu (Япония), 2005 г

Возможность глубокого бурения – до 10000 от уровня моря

# Chikyu (Япония), 2005 г

# Chikyu (Япония), 2005 г

# Срединно-океанические хребты (СОХ)



# Палеомагнитные исследования

Минерал магнетит ($FeFe_2O_4$) – постоянный магнит, намагничивается внешним магнитным полем и сохраняет («запоминает») его направление.

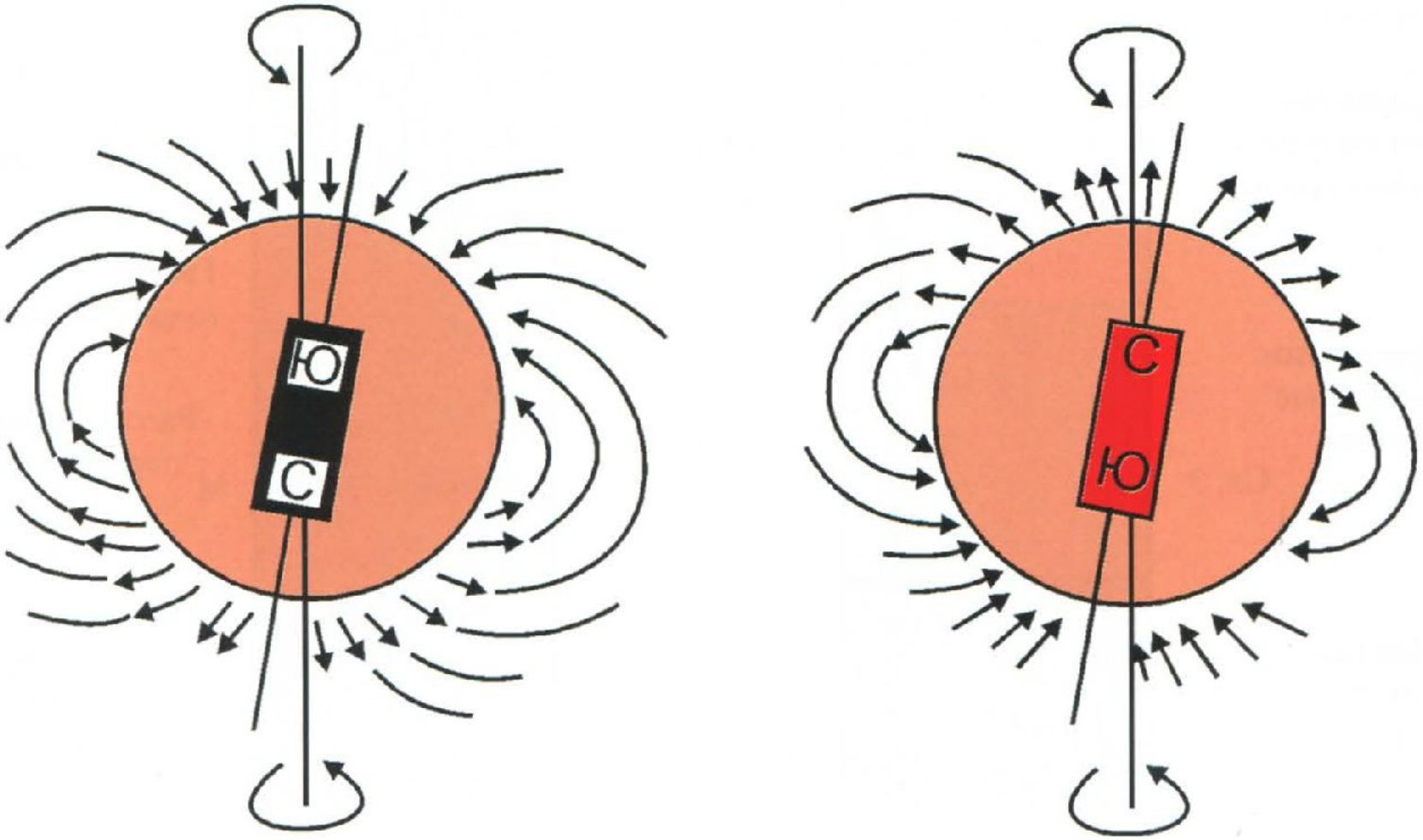
По магнитной памяти можно определить:

1. Положение географических полюсов в древние геологические эпохи в соответствии с дрейфом магнитного поля

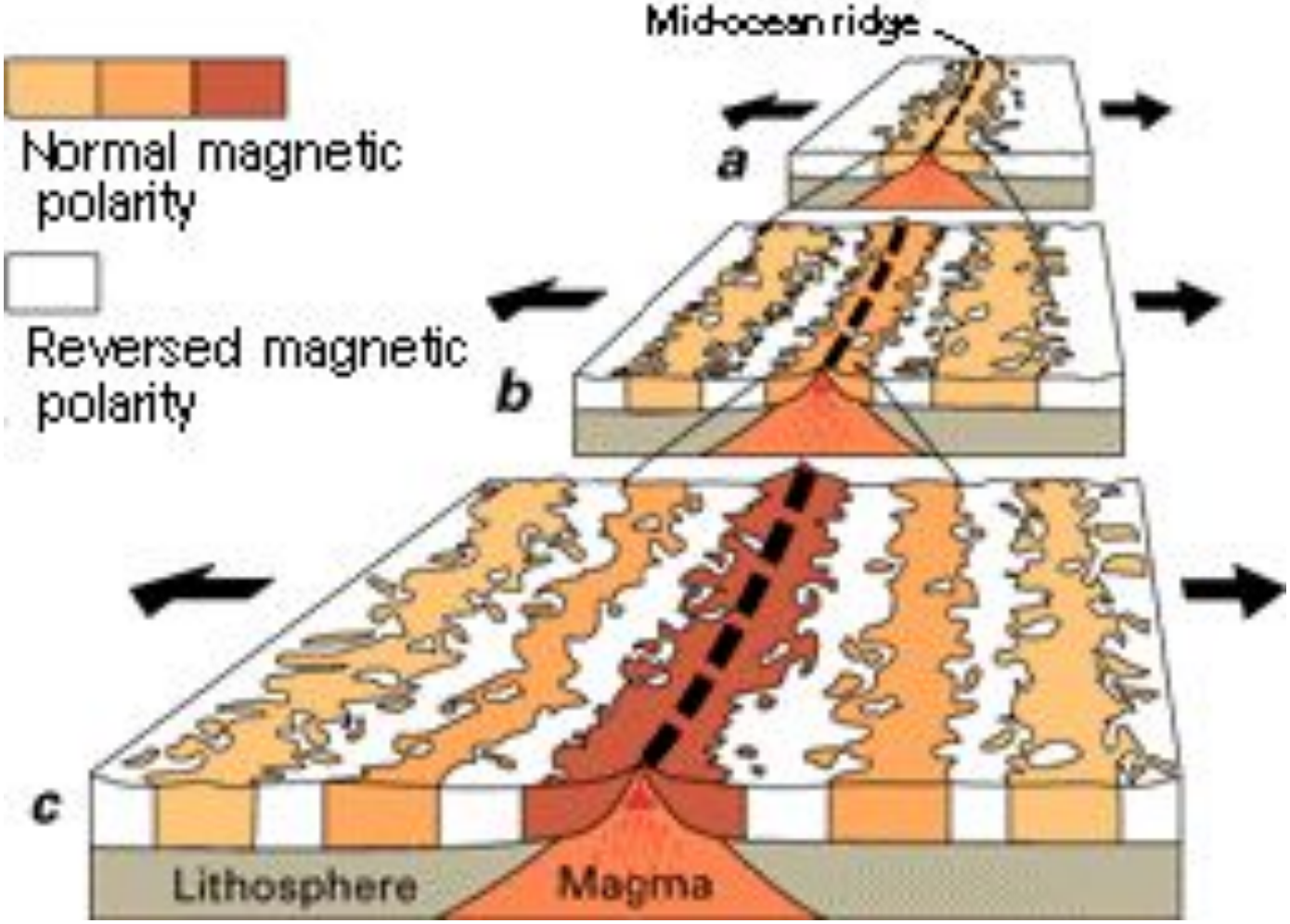
2. Инверсия магнитного поля на протяжении геологического времени – изменение направлений линий напряженности магнитного поля

Чередование прямо и обратно намагниченных базальтов в виде полос, параллельных срединно-океаническим хребтам

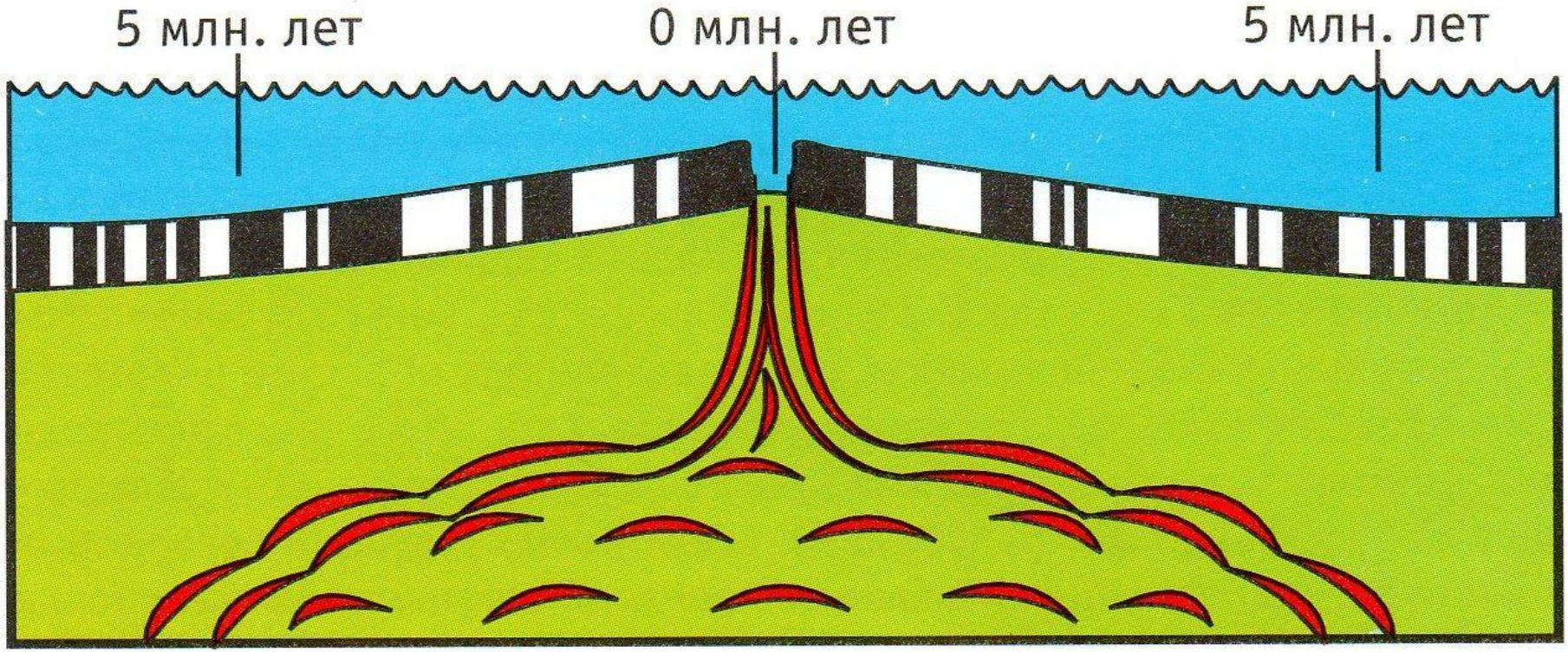
# Инверсия геомагнитного поля



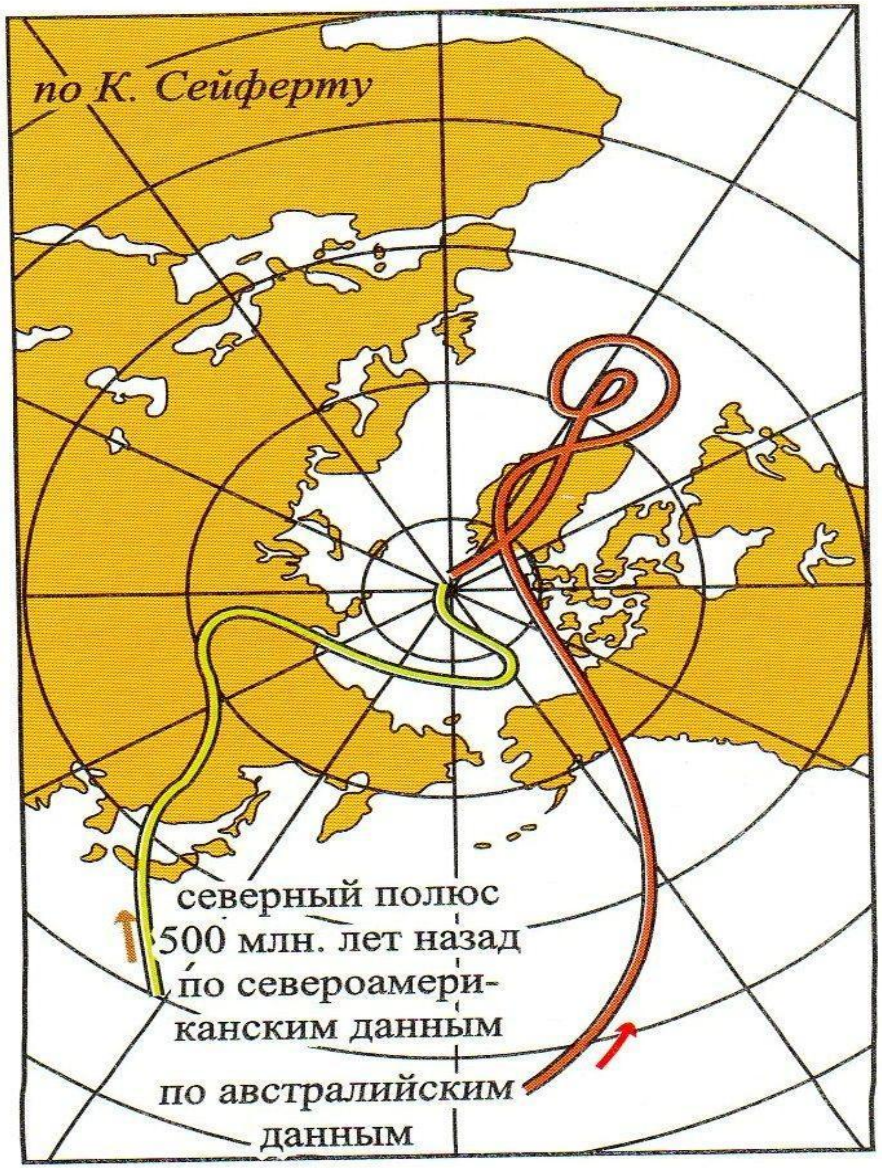
# Изменение вектора намагниченности горных пород – линейные магнитные аномалии

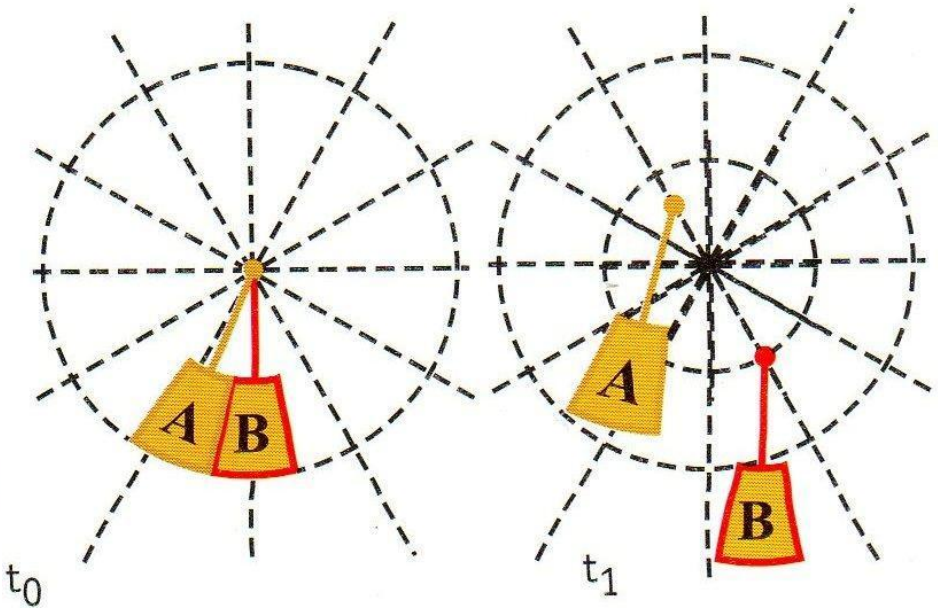


# Линейные магнитные аномалии

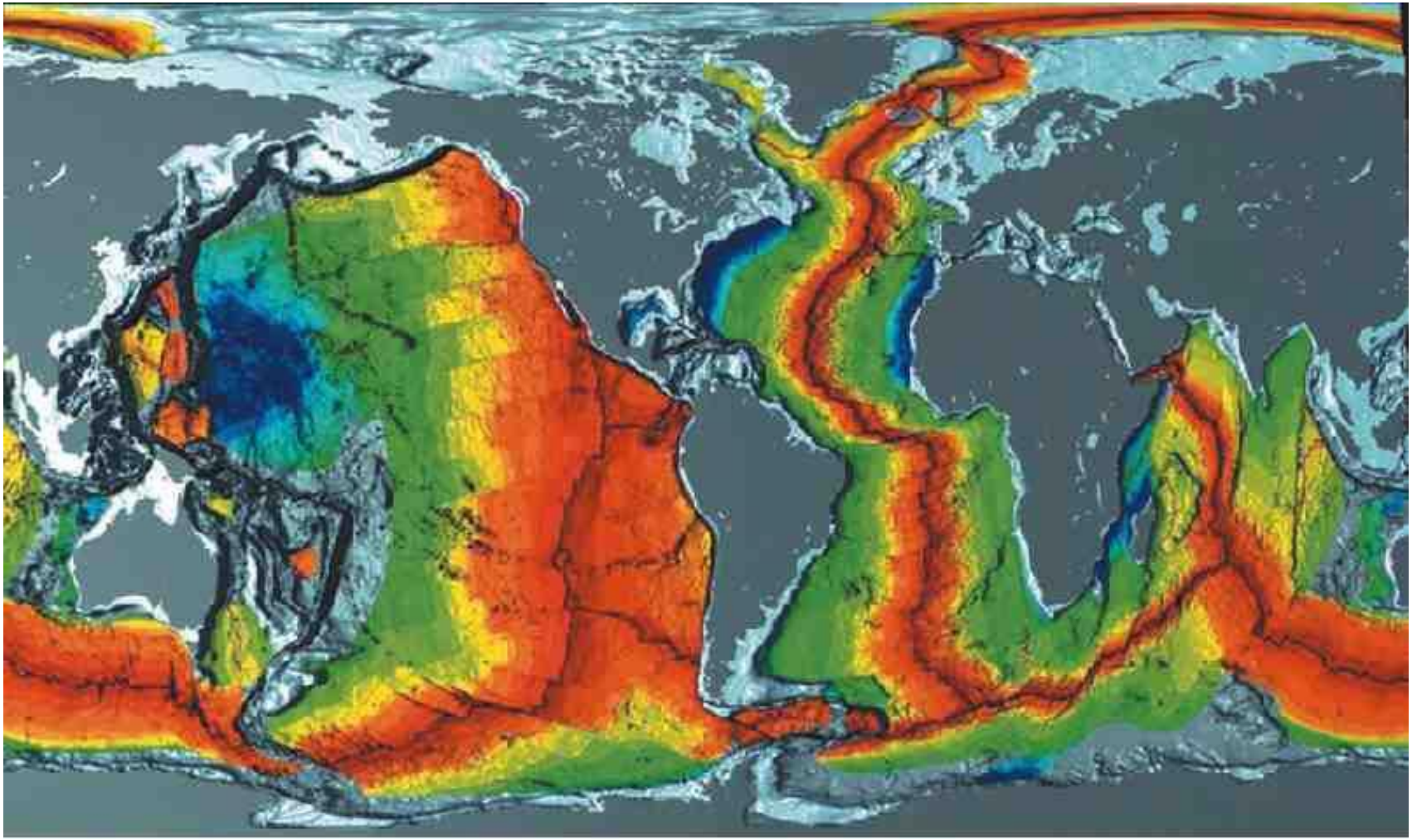


# Перемещения Северного полюса



# Возраст океанической коры

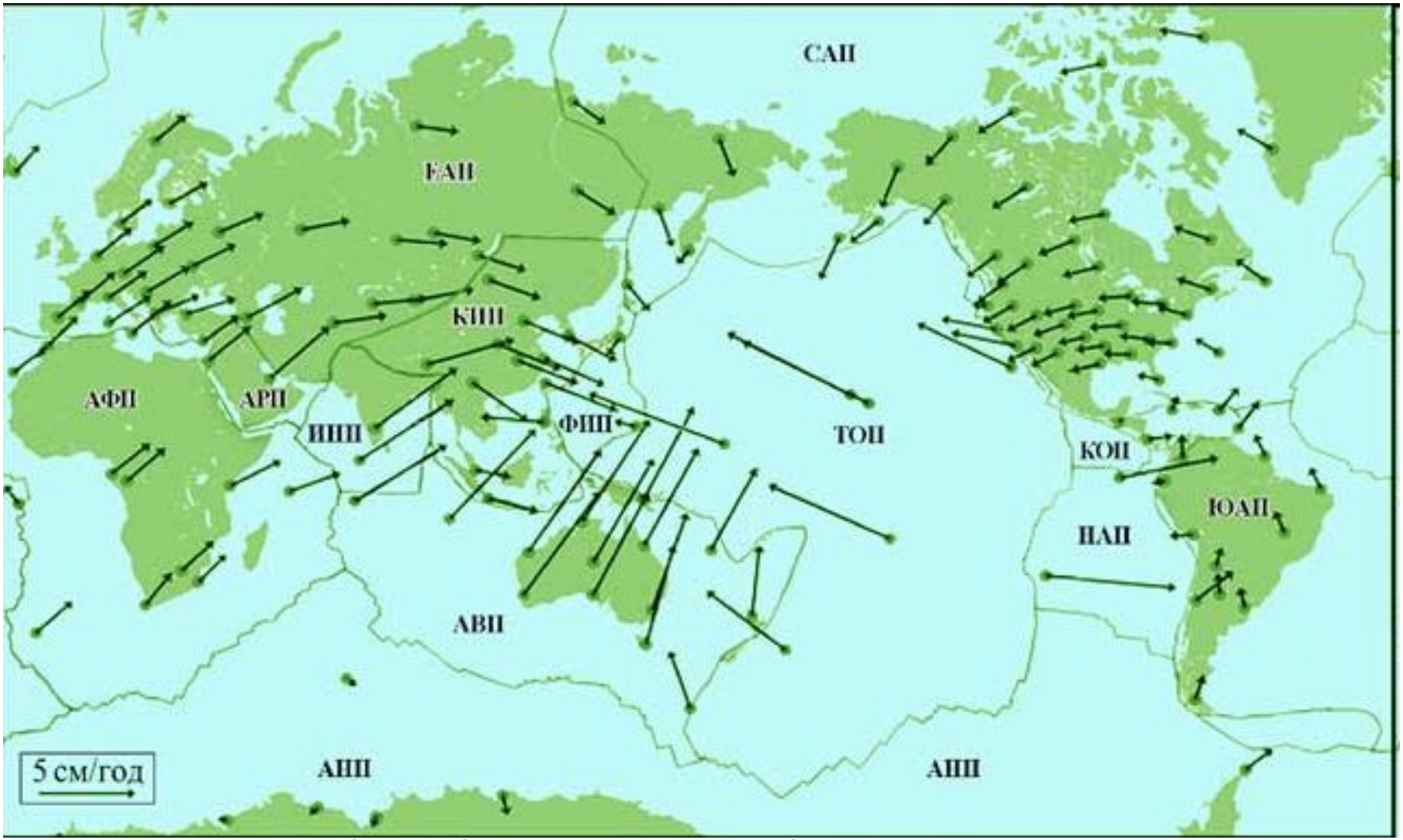


Определен по магнитным аномалиям. Кр.+Ж кайнозой (моложе 65 млн лет), Зеленый – мел (65 – 145 млн лет), Синий – юра (древне 145 млн лет)

# Основы тектоники плит – развитие теории Вегенера

1. Обнаружение срединно-океанических хребтов и рифтовых зон
2. Обнаружение линейных магнитных аномалий и палеомагнитных аномалий океанского дна
3. Установление места и глубин очагов землетрясений
4. Перемещения географических полюсов
5. Возраст пород океанического дна увеличивается от СОХ к континентам
6. Установление разных типов границ литосферных плит.
7. ДЗЗ

# Карта движения плит (по GPS NASA)



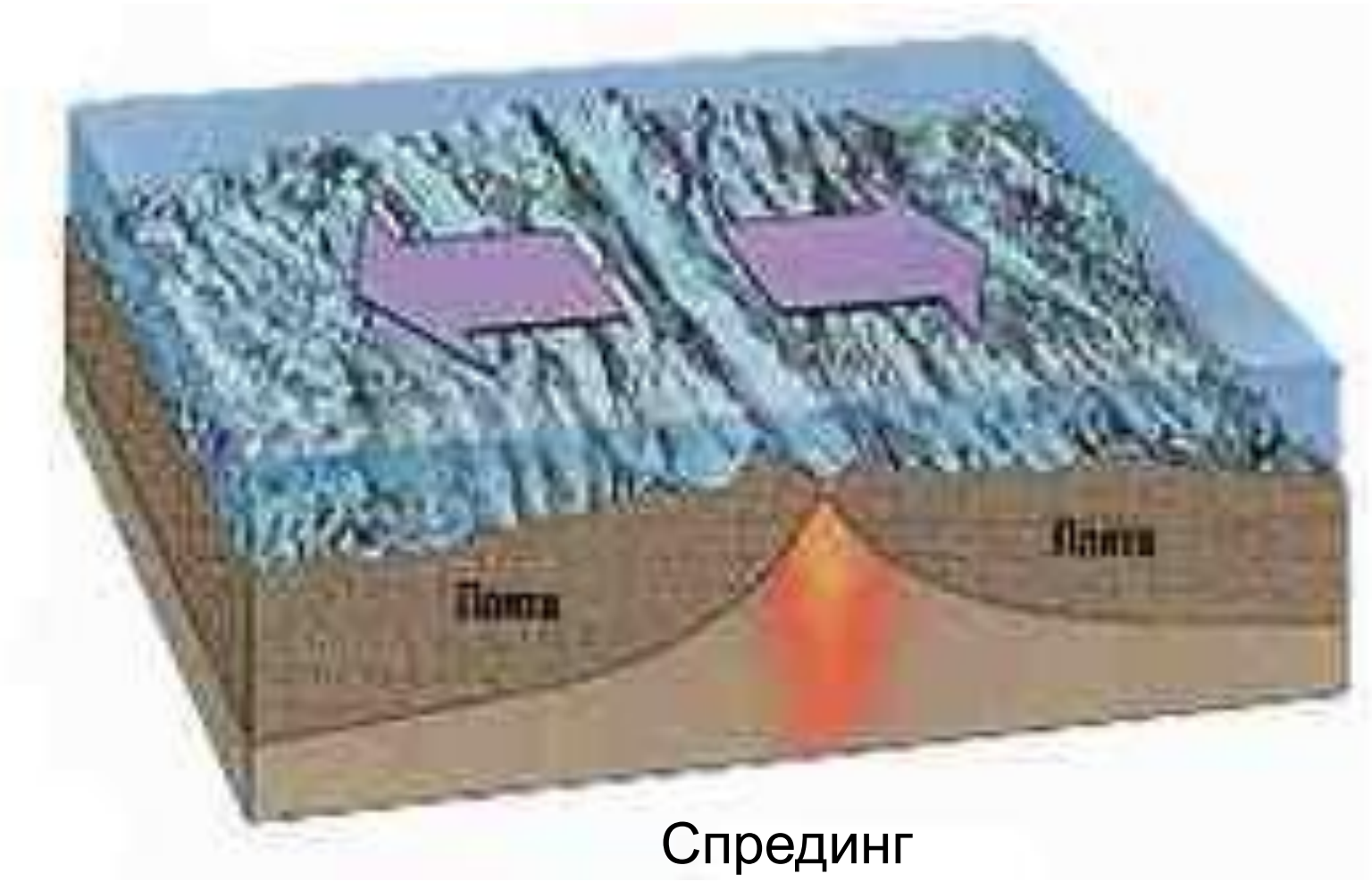

ЕАП - Евроазиатская, САП - С-Американская, ТОП - Тихоокеанская, АФП - Африканская, АРП - Аравийская, ИНП - Индийская, КИП - Китайская, АВП - Австралийская, ФИП - Филиппинская, ЮАП - Ю-Американская, КОП - плита Кокос, НАП - плита Наска, АНП - Антарктическая плита.

# Типы границ литосферных плит

1. Расхождения (дивергентные)
2. Схождения (конвергентные)
3. Скольжения (трансформные)

# Границы плит

1. Дивергентная (граница расхождения)




Спрединг

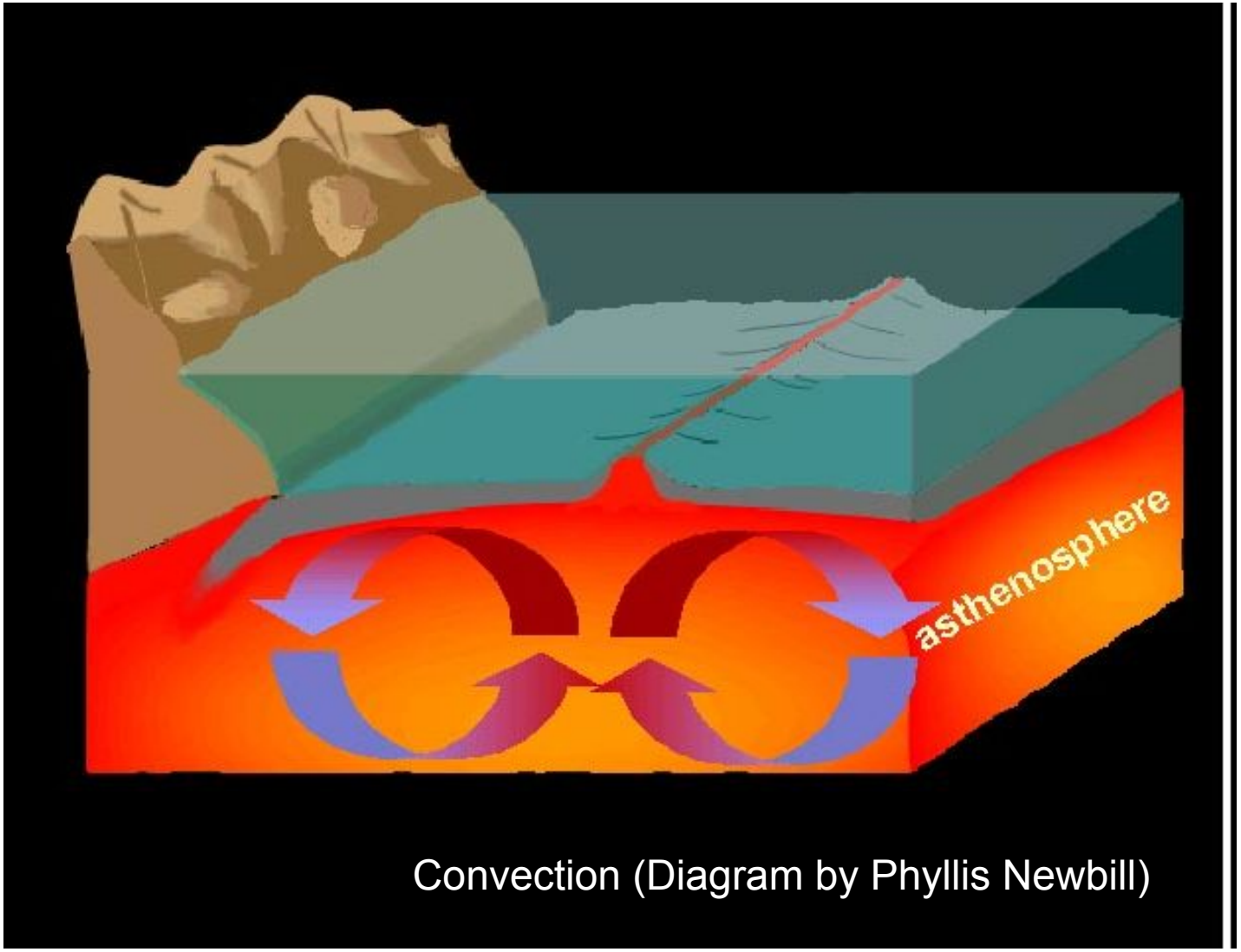
# Спрединг

Разрастание дна океанов в районе срединно-океанических хребтов за счет излияния базальтовой лавы.

Причина – конвекция мантийного вещества и горизонтальные подкоровые течения
(Г. Хёсс, 1960г.)

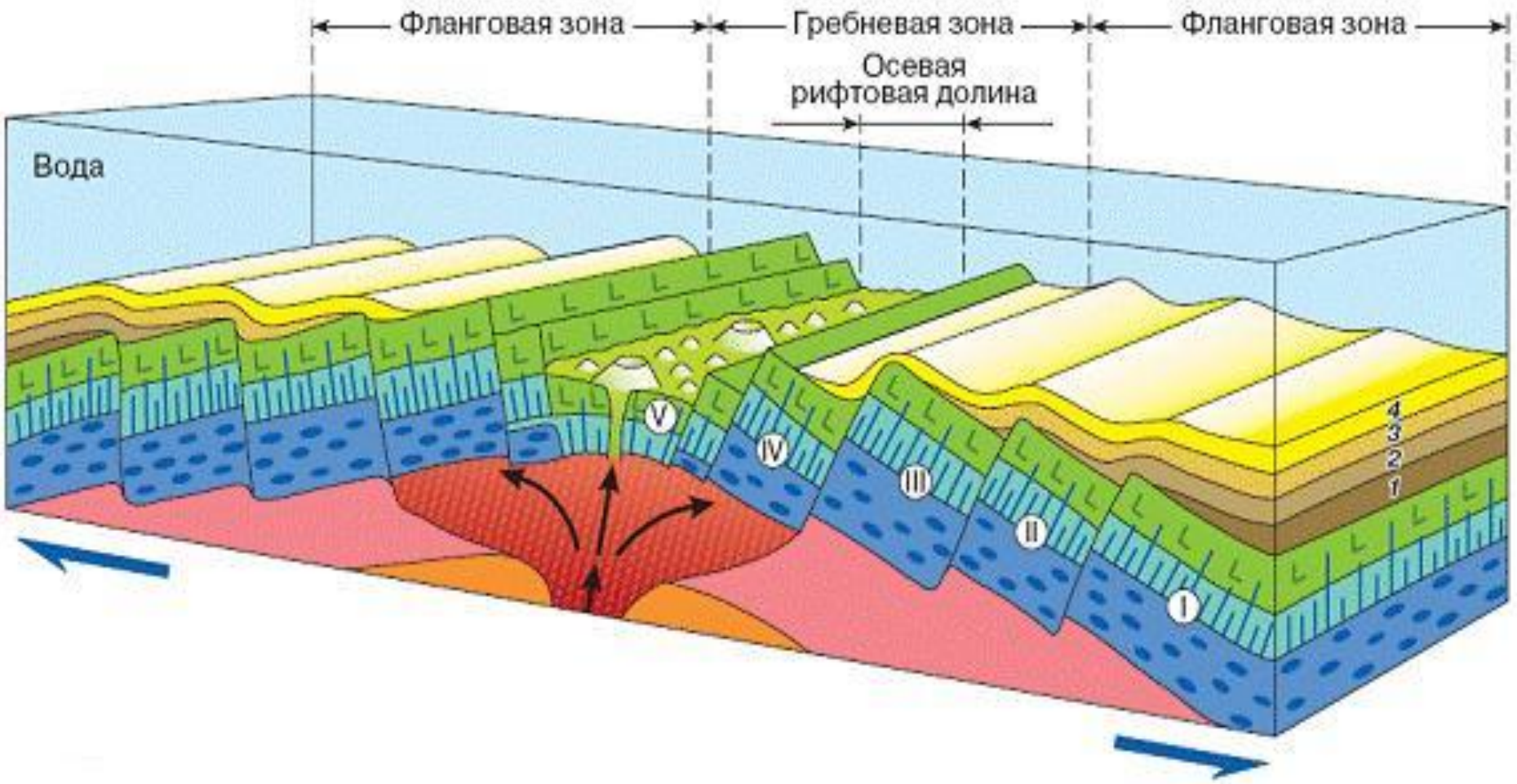
Признак дивергентной границы – разломы и вулканическая деятельность

# Конвекция мантийного вещества




Convection (Diagram by Phyllis Newbill)

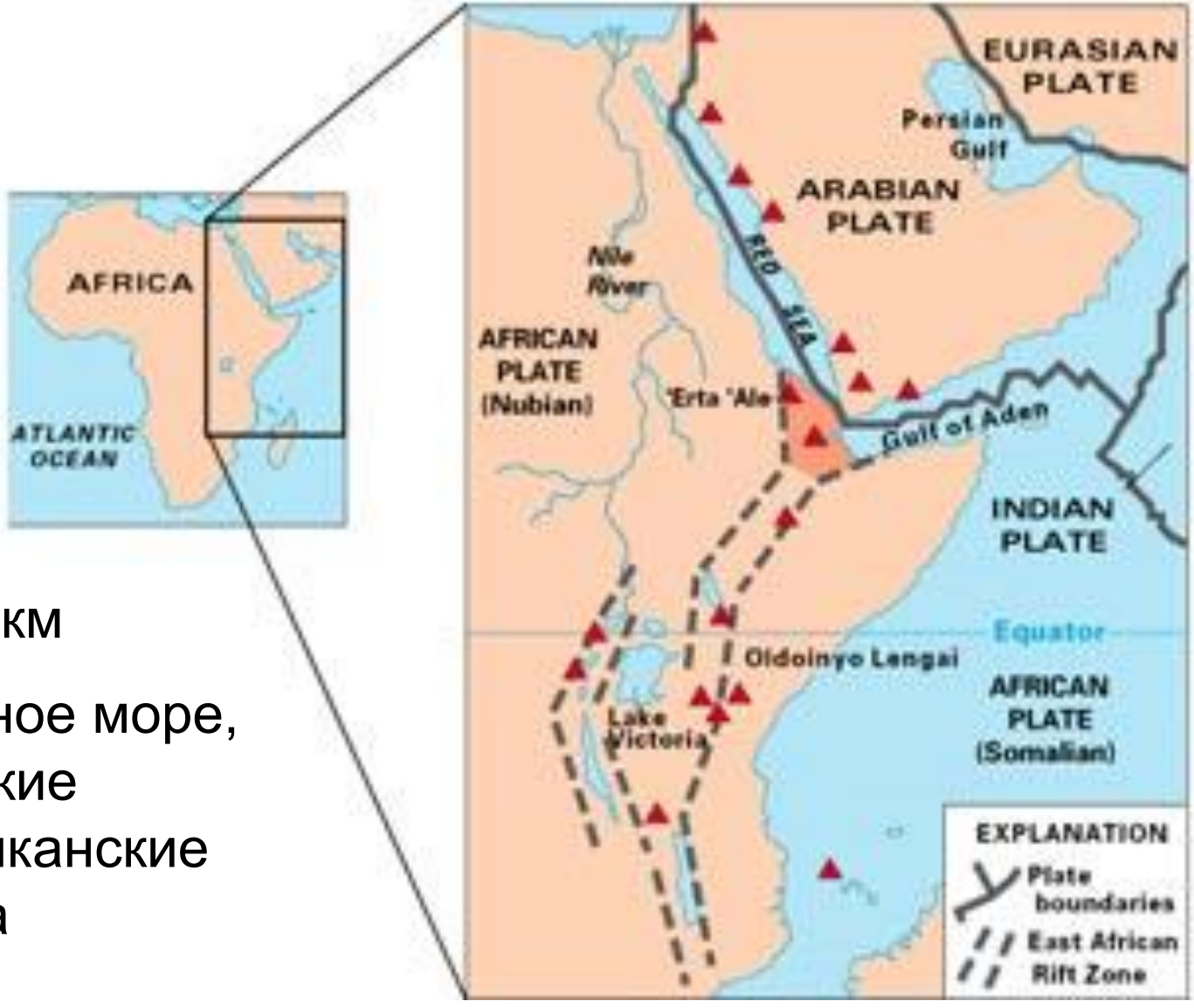
# Рифтовая зона



# Исландия

# Исландия

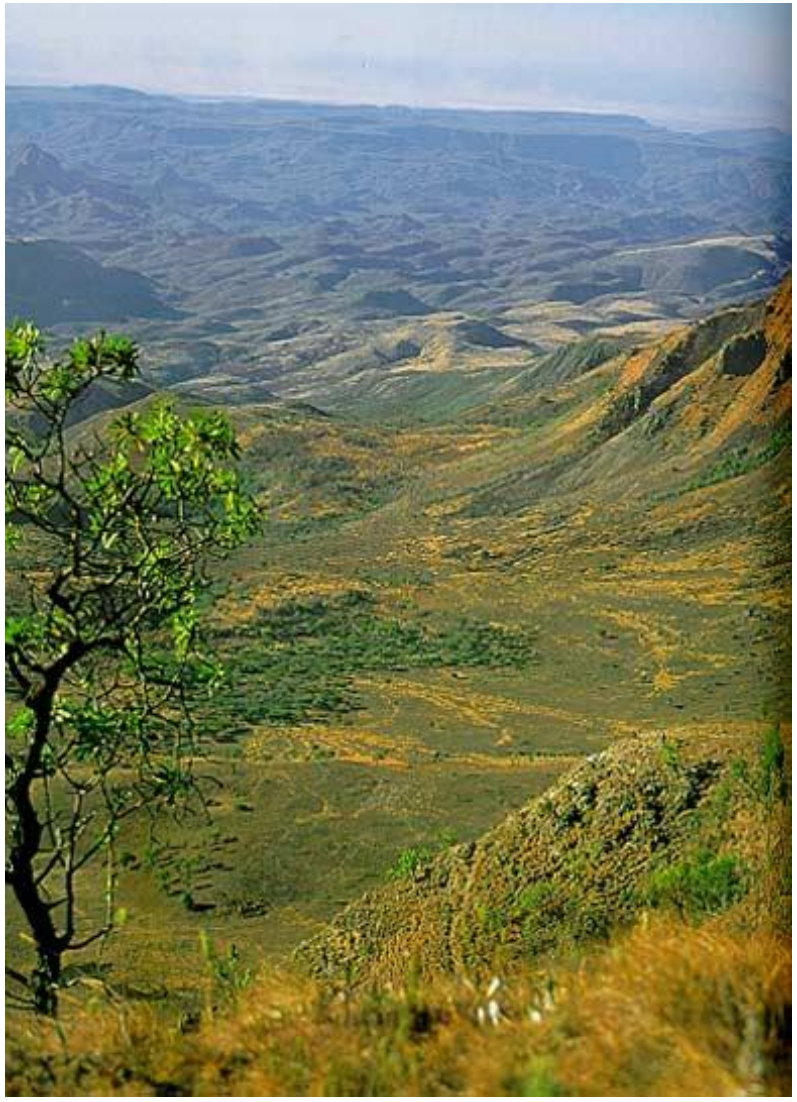
# Дивергентная граница на суше Восточно-Африканский разлом




6000 км

Красное море, Великие Африканские озера

# Ландшафт рифтовой зоны (Кения)

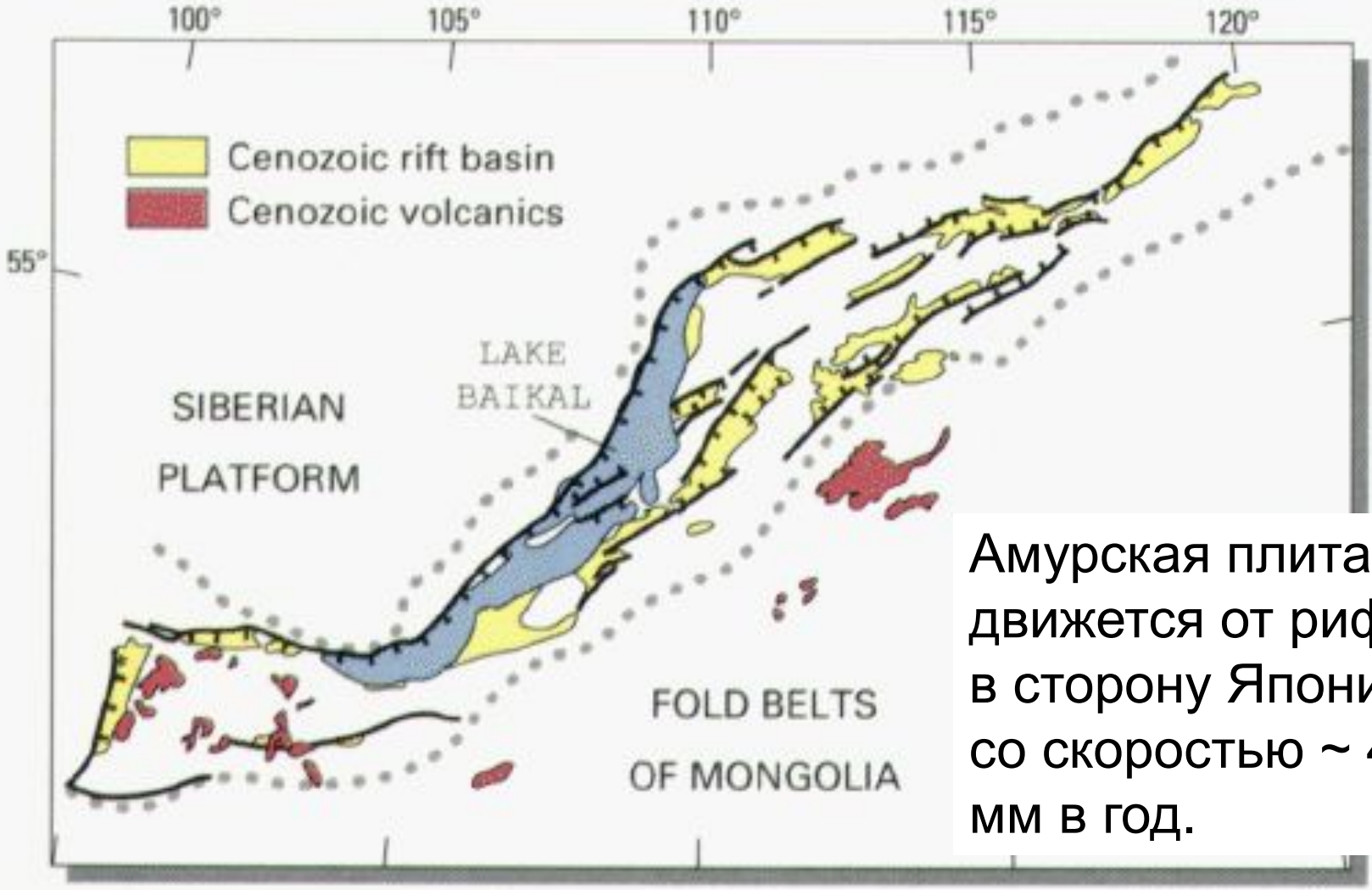


# Вулканы Восточно-Африканского разлома

Килиманджаро – считается спящим,

Набро – извержение в июне 2011

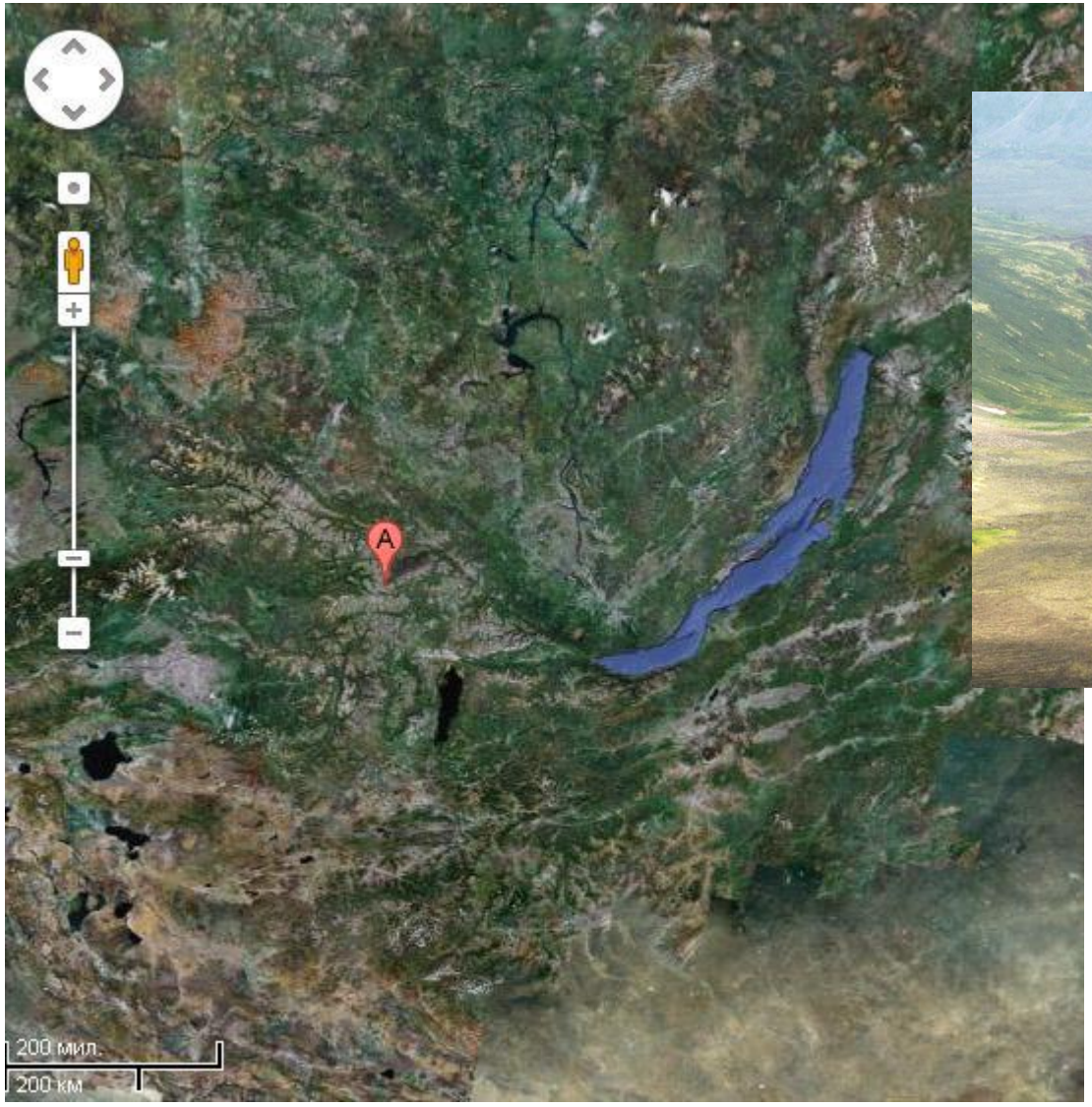
# Байкальская рифтовая зона




Амурская плита движется от рифта в сторону Японии со скоростью ~ 4 мм в год.

*Map showing location of Lake Baikal and associated rift basins.*

# Вулканы Байкальской рифтовой зоны



Вулкан Кропоткина

# 2. Конвергентная (граница схождения)

Океаническая плита погружается под континентальную - субдукция

# Глубина очагов землетрясений в зоне субдукции до 700 км

# Спрединг и субдукция

Поток тепла Конвективная ячейка

Причина субдукции – собственный вес плиты

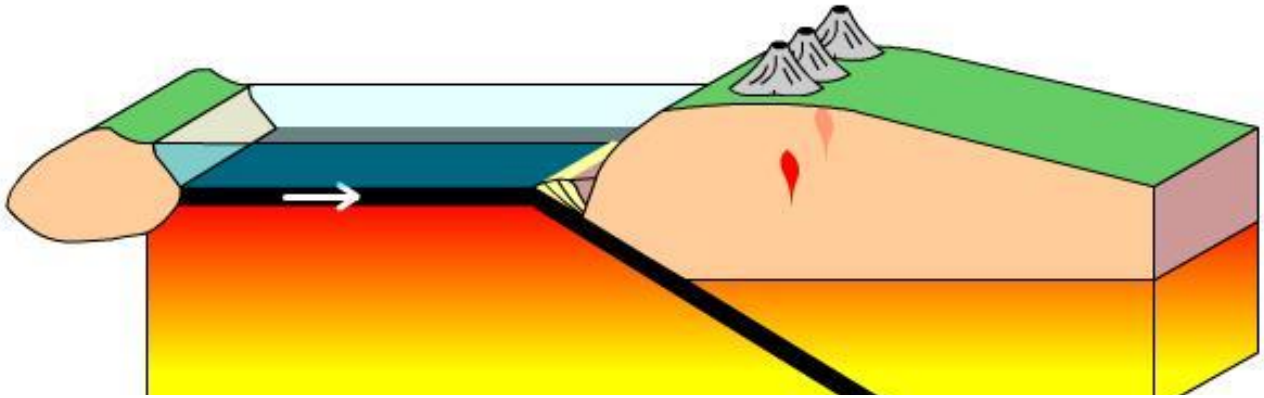
# Анды

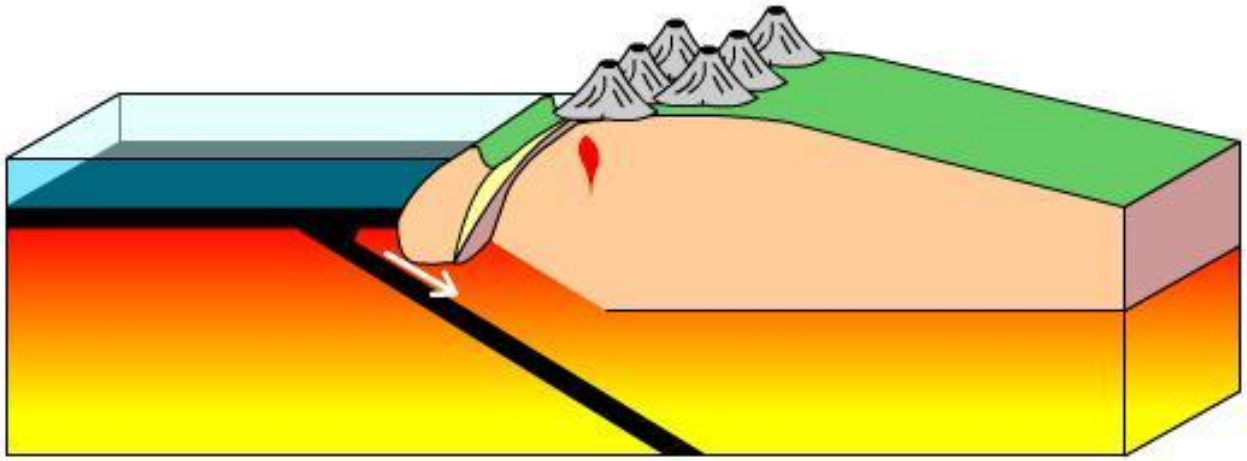
Океаническая плита погружается под континентальную

# Островные дуги

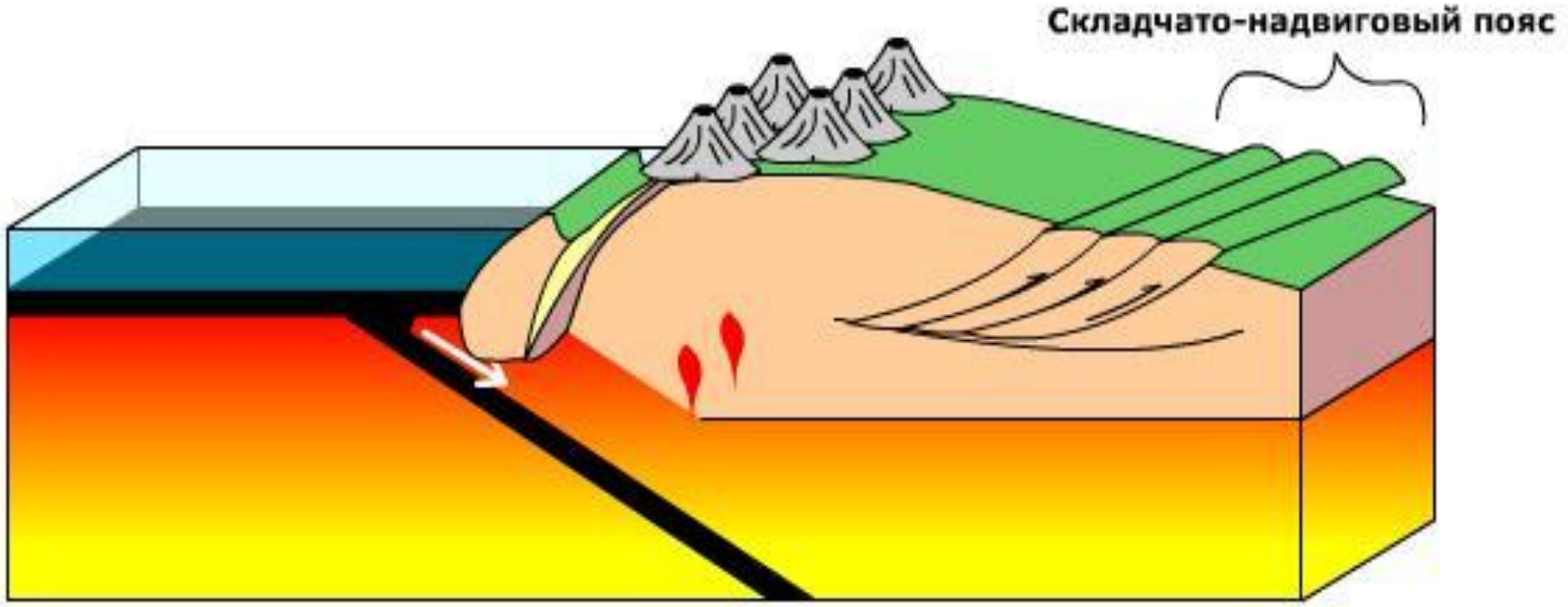
2б. Океаническая плита погружается под океаническую

# Островная дуга в зоне субдукции



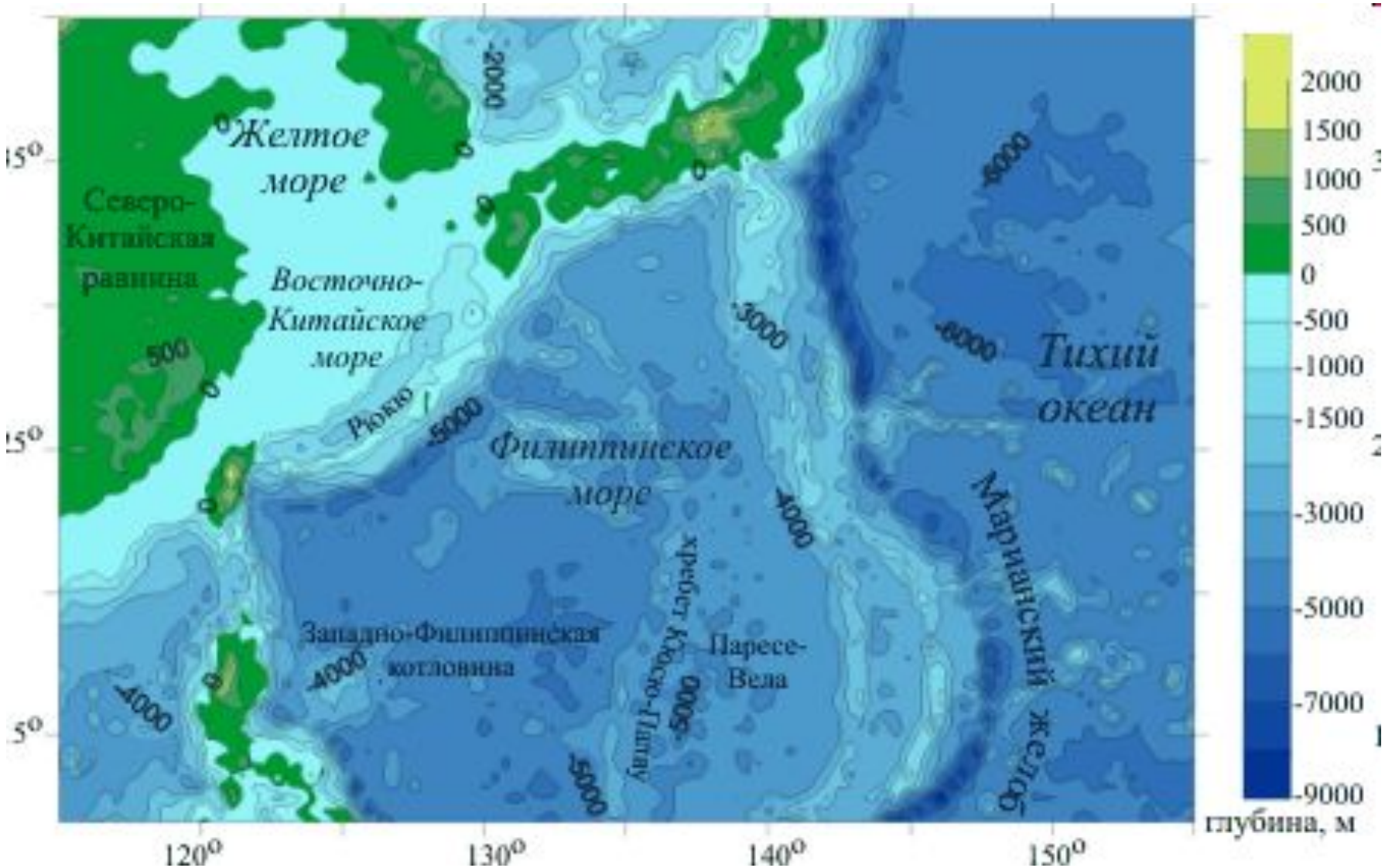


# Формирование складчатого пояса

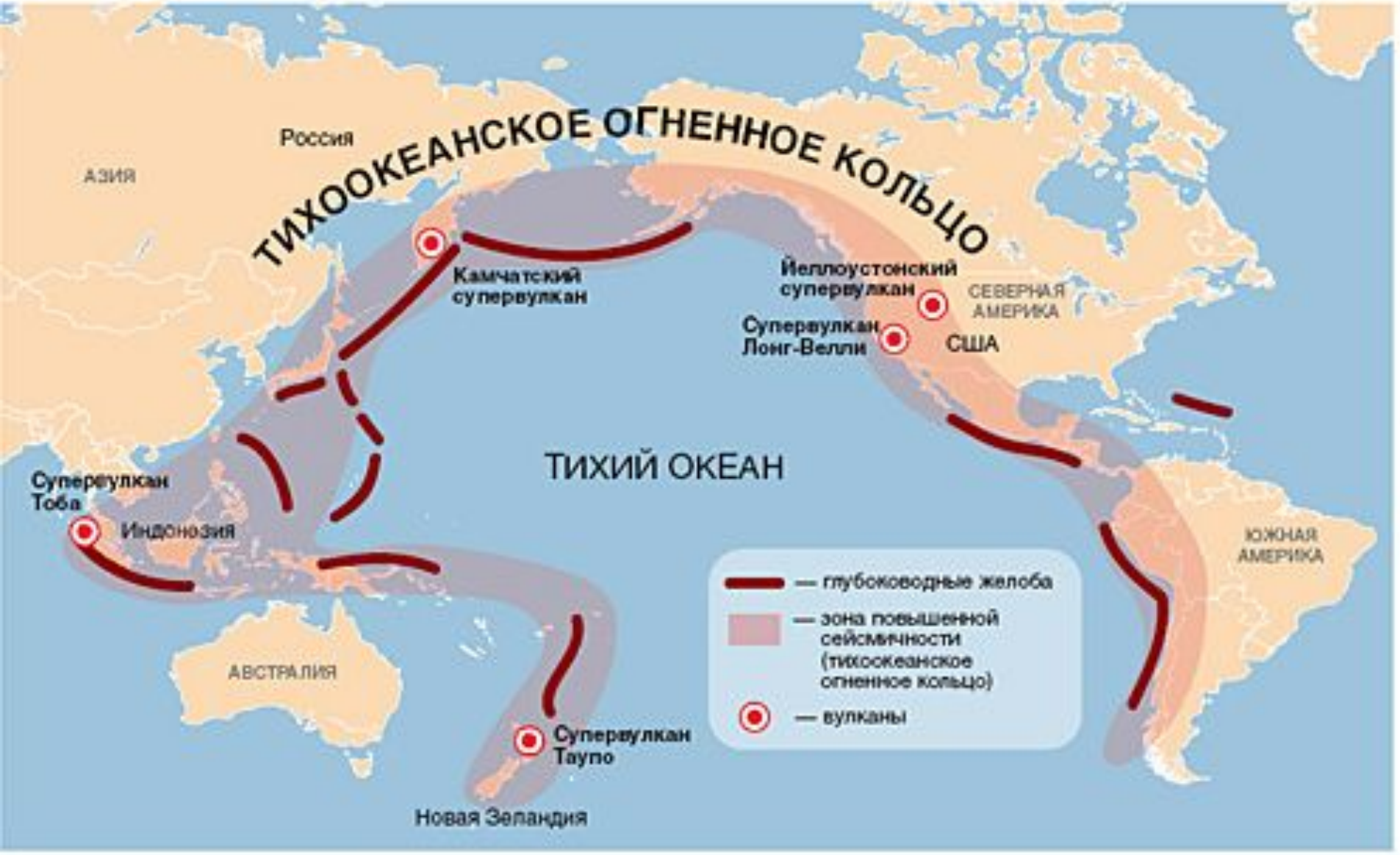


# Островные дуги

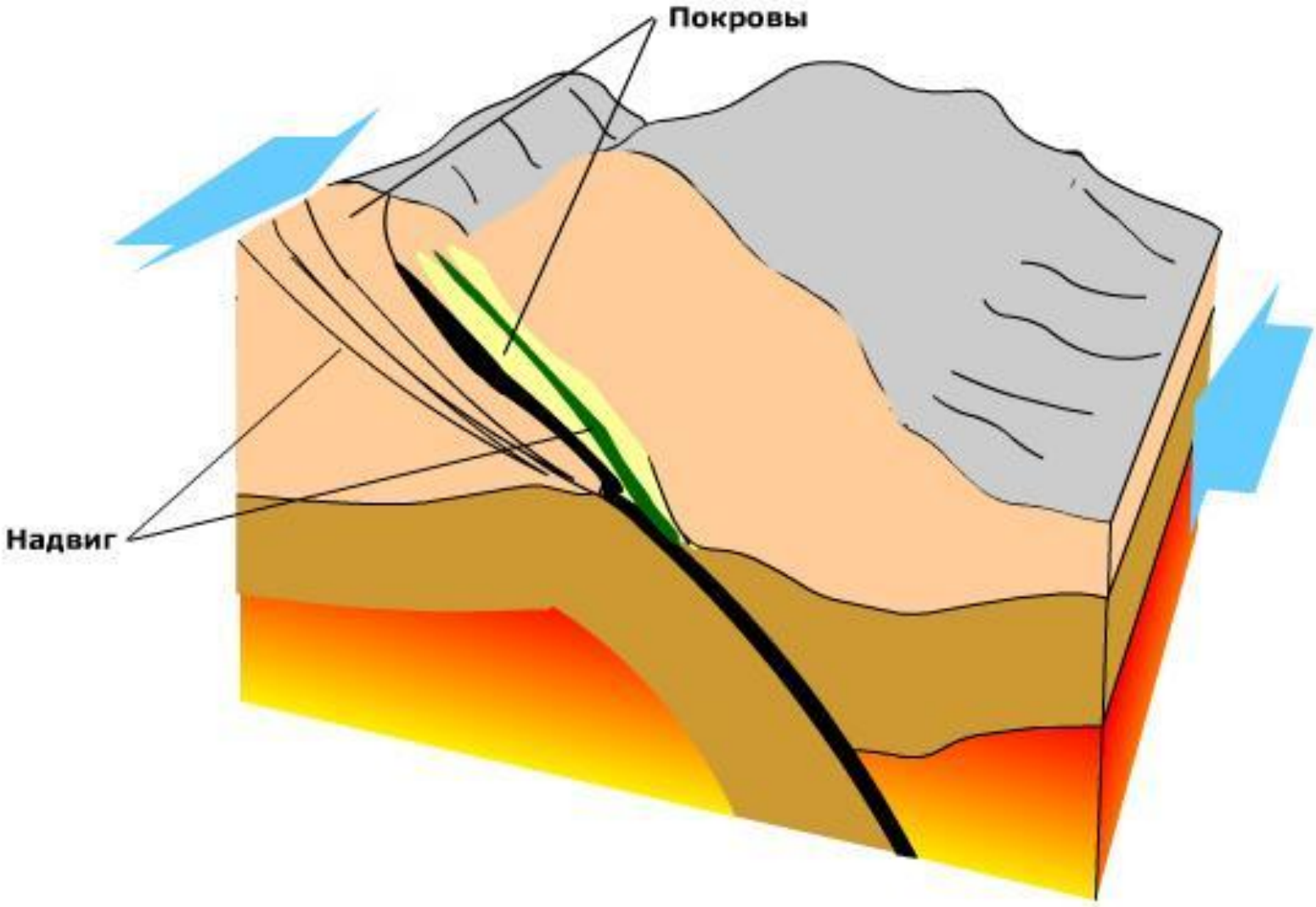
2б. Океаническая плита погружается под океаническую



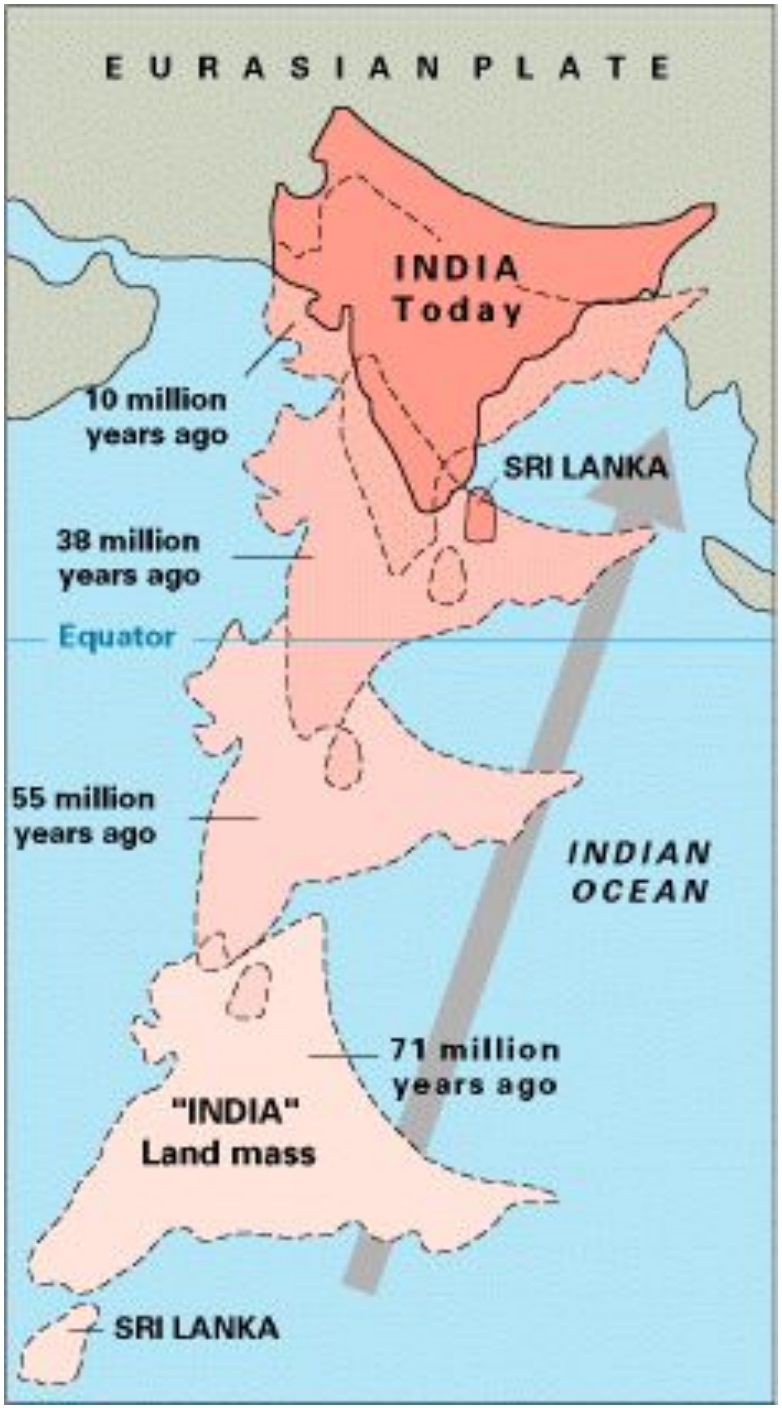
# Зоны активного вулканизма – Тихоокеанское огненное кольцо



# 2в. Сближение континентальных плит (коллизия)



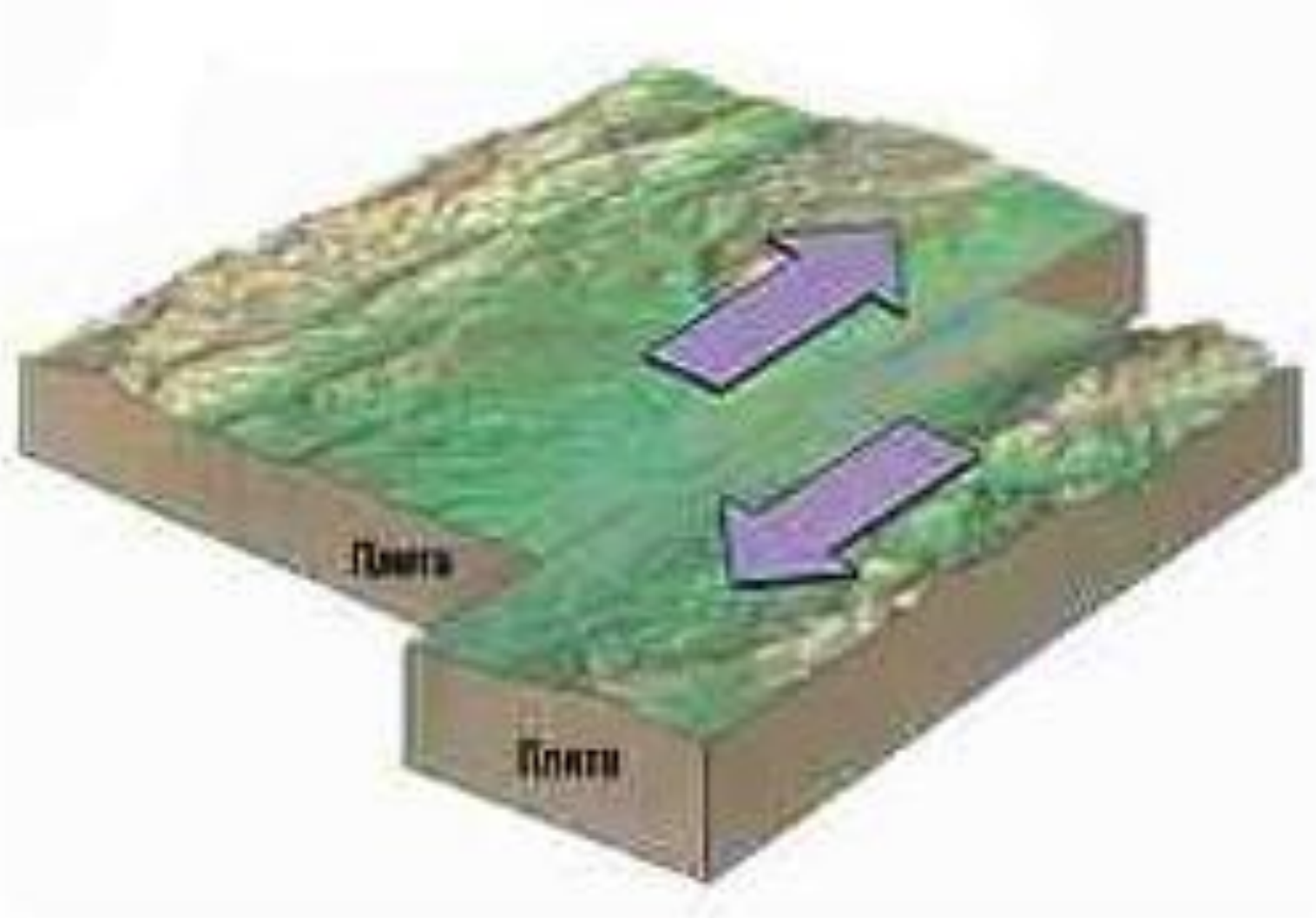
# Индостан



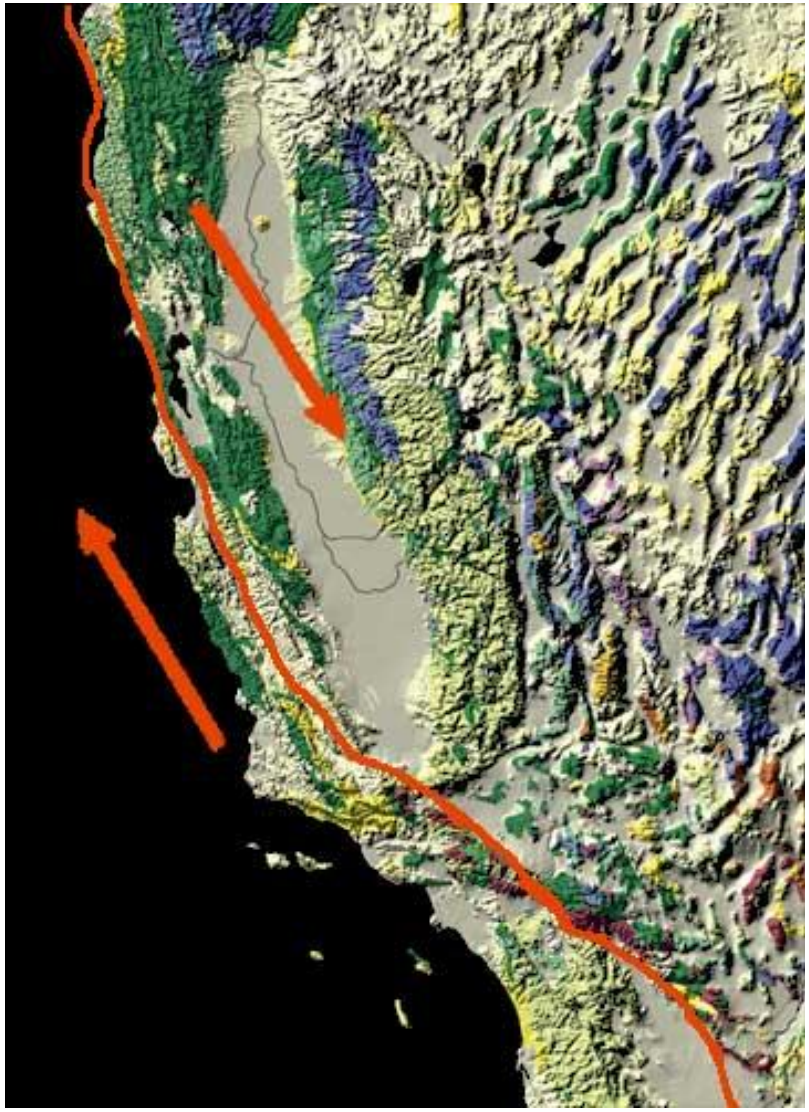
Тибет

# Гималаи

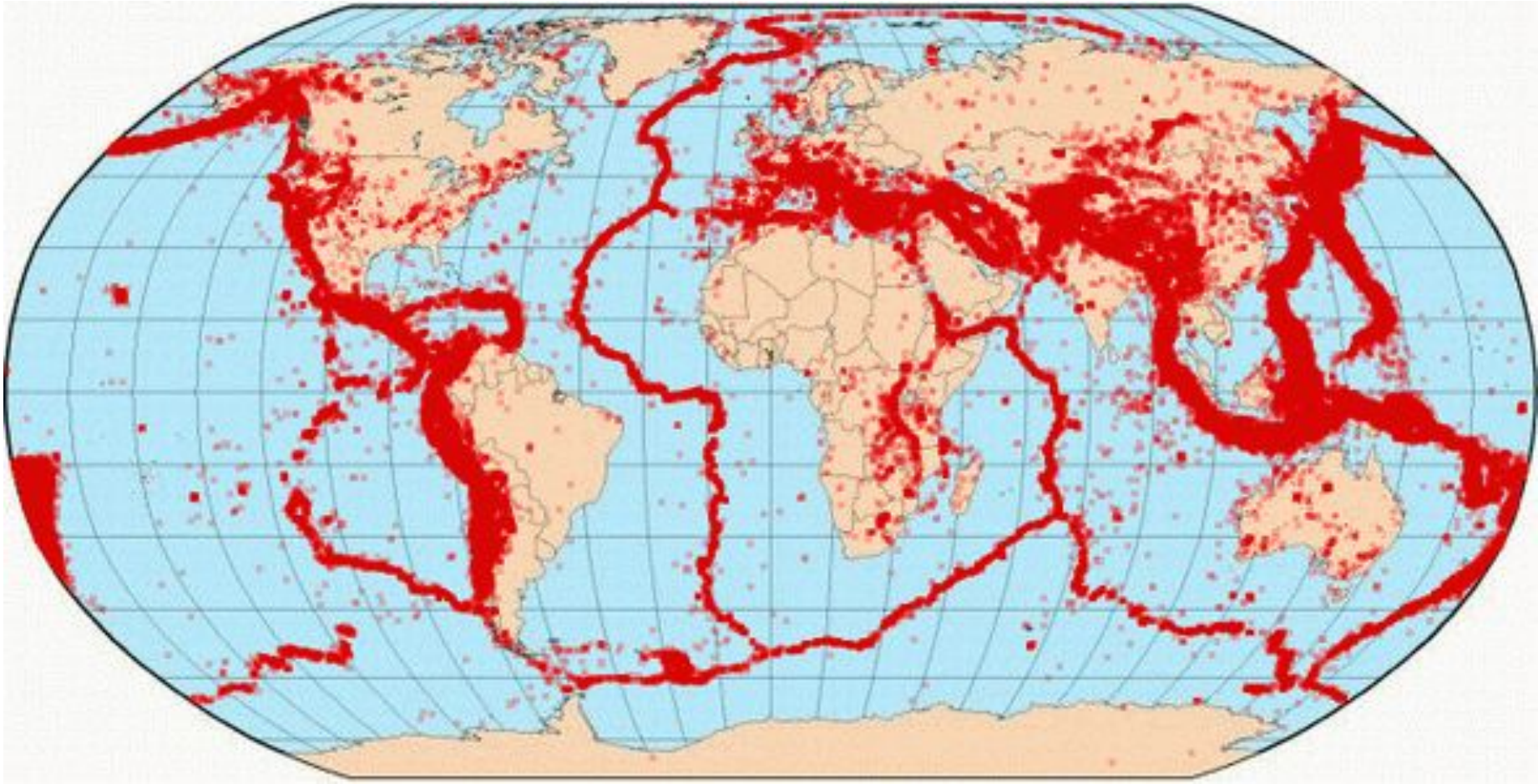
# 3. Граница скольжения (трансформная)



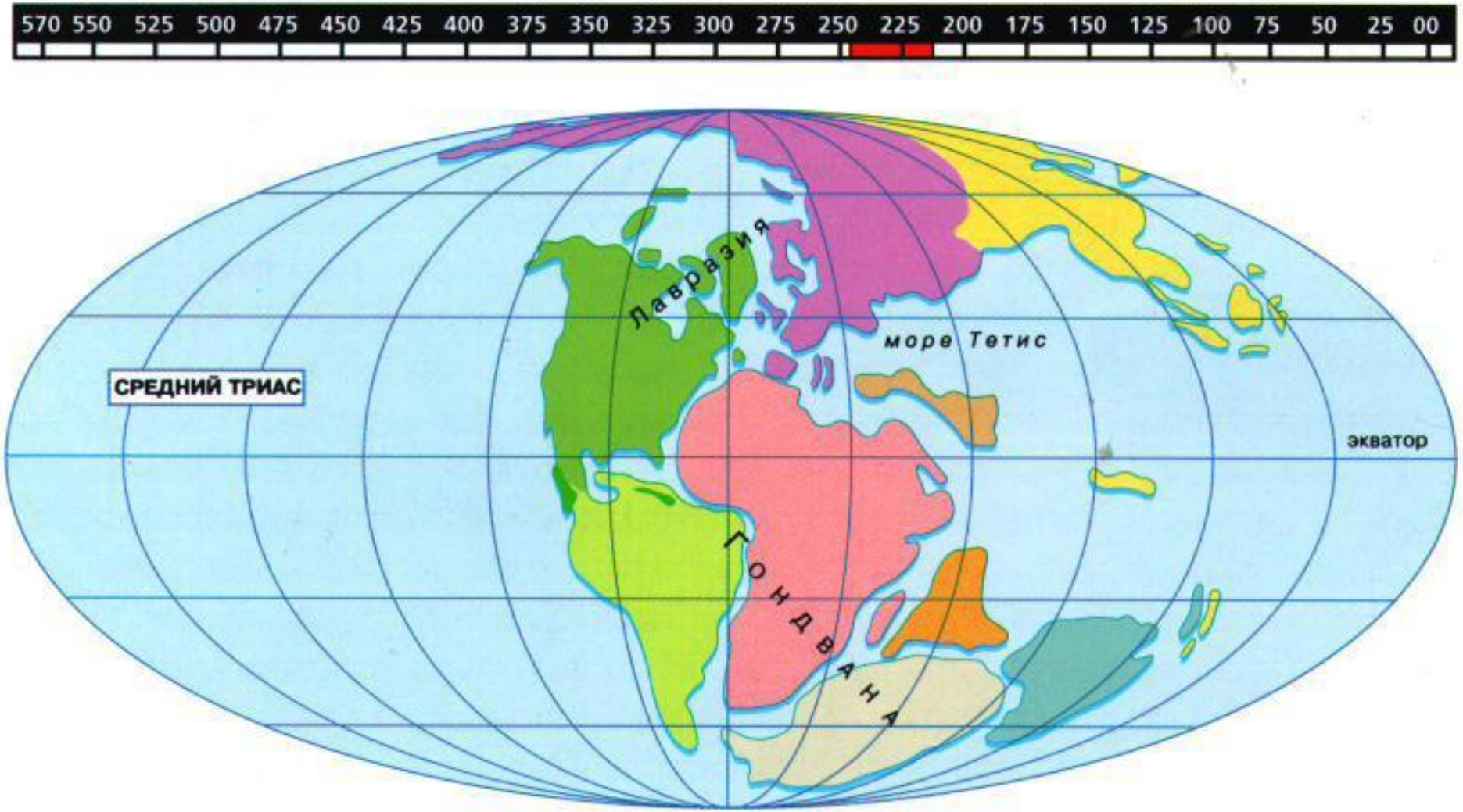
# Разлом Сан-Андреас, Калифорния



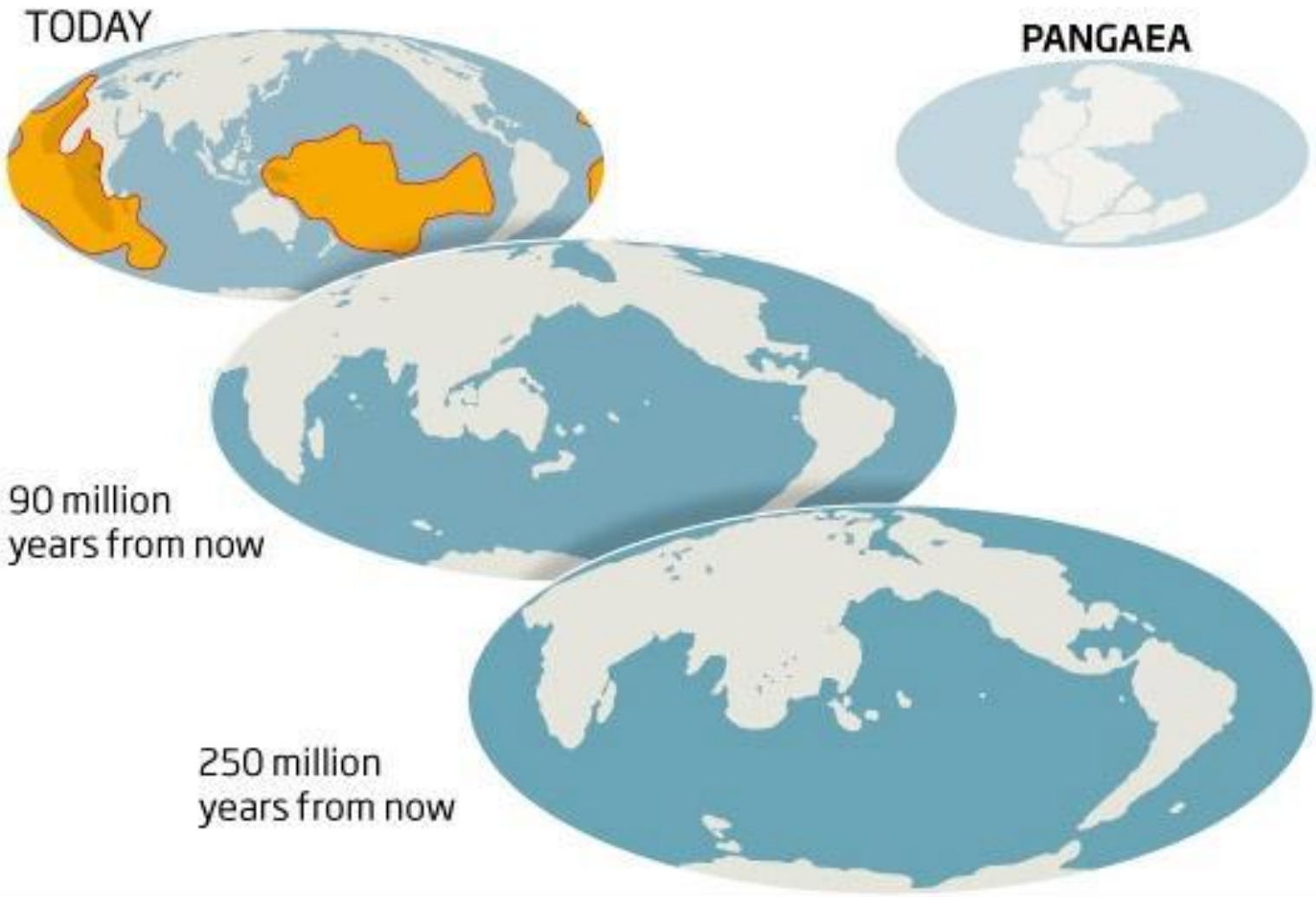
# Зоны землетрясений



# Пангея


570 550 525 500 475 450 425 400 375 350 325 300 275 250 225 200 175 150 125 100 75 50 25 00
СРЕДНИЙ ТРИАС
Лавразия
море Тетис
Гондвана
экватор

# Новая Пангея

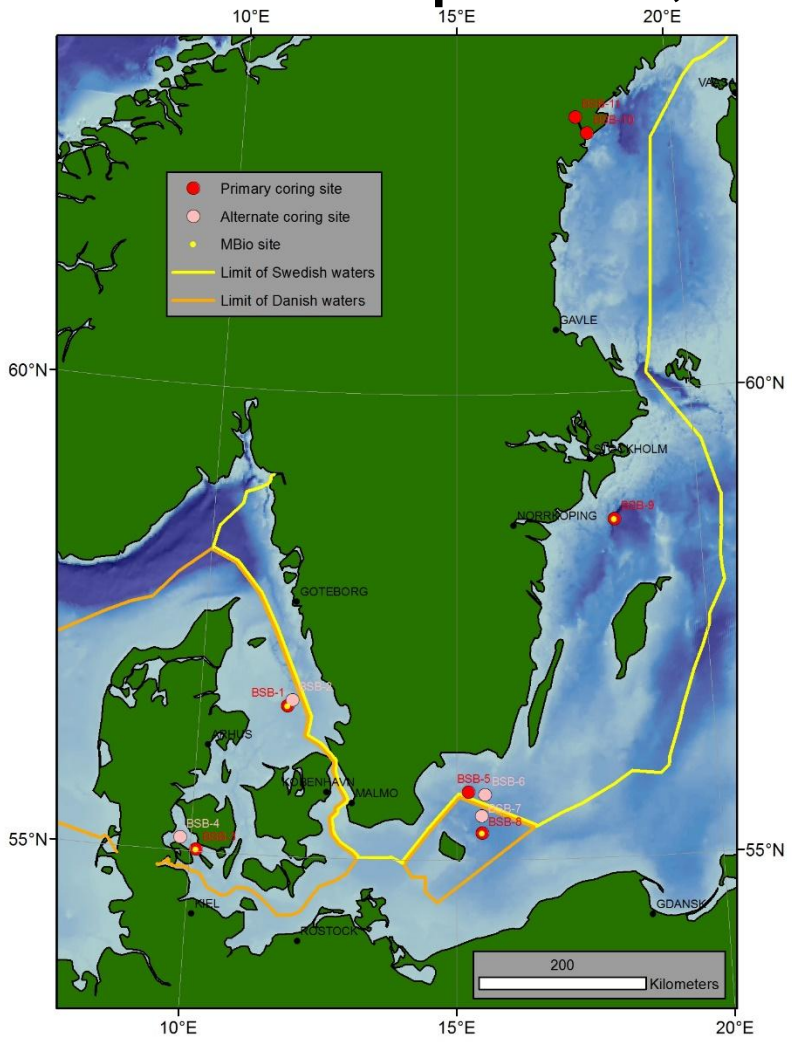
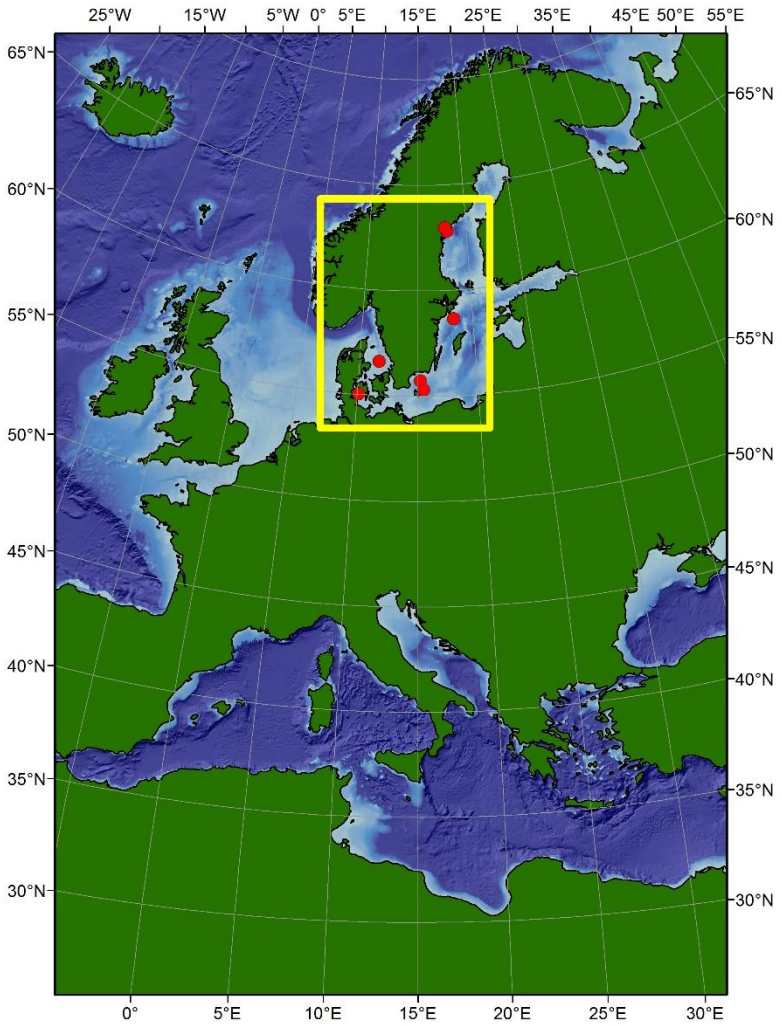


# Гипотеза «дрейфа континентов»

Альфред Лотар Вегенер
(1880-1930)

# Mission specific platforms (Европейский союз)

# Mission specific platforms (Европейский союз)

# Lifeboat Kayd in Exp. 313

# Экспедиция Baltic Sea Paleoenvironment, exp. 347, сентябрь 2013