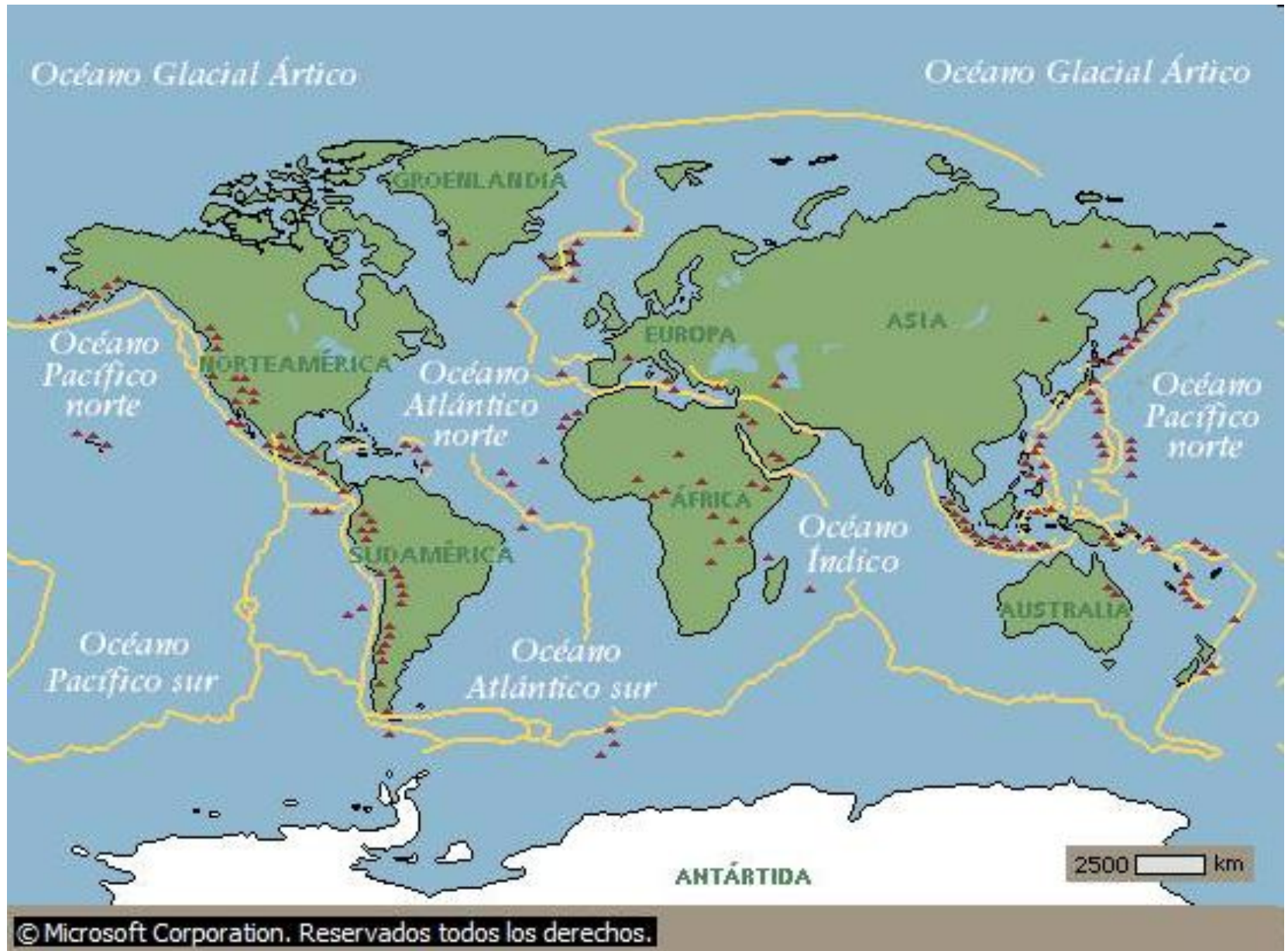
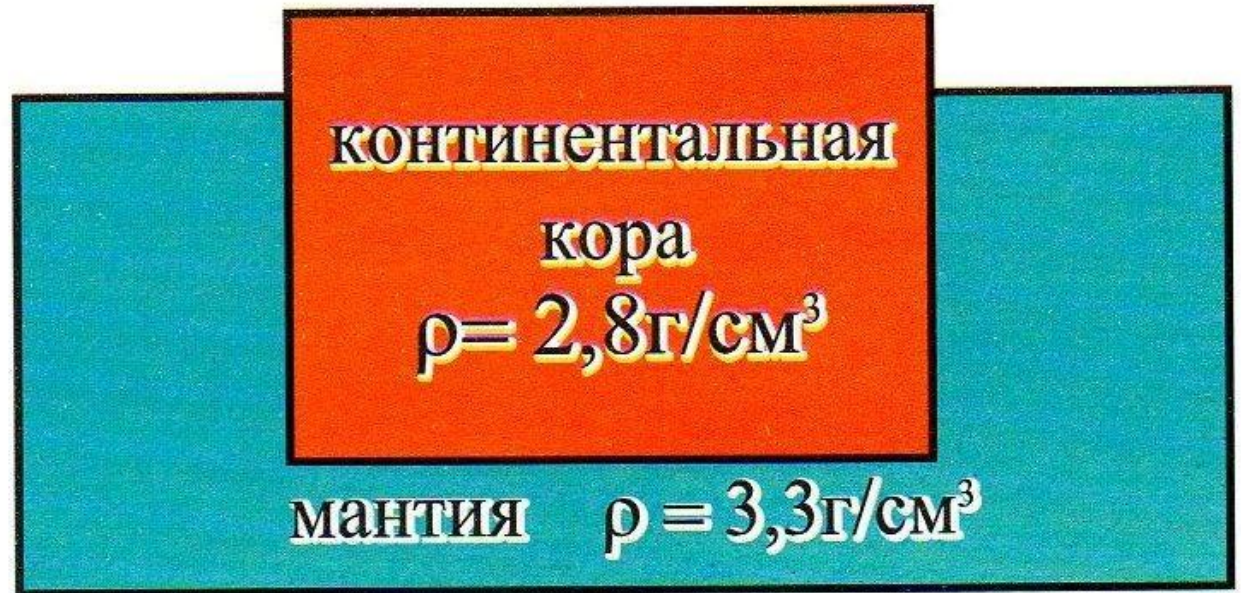
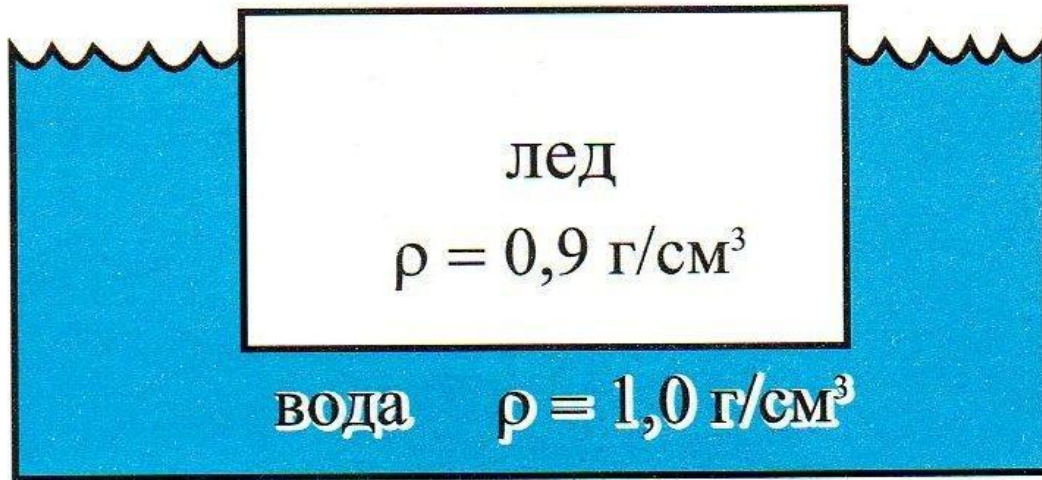


# Тектоника литосферных плит



# 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

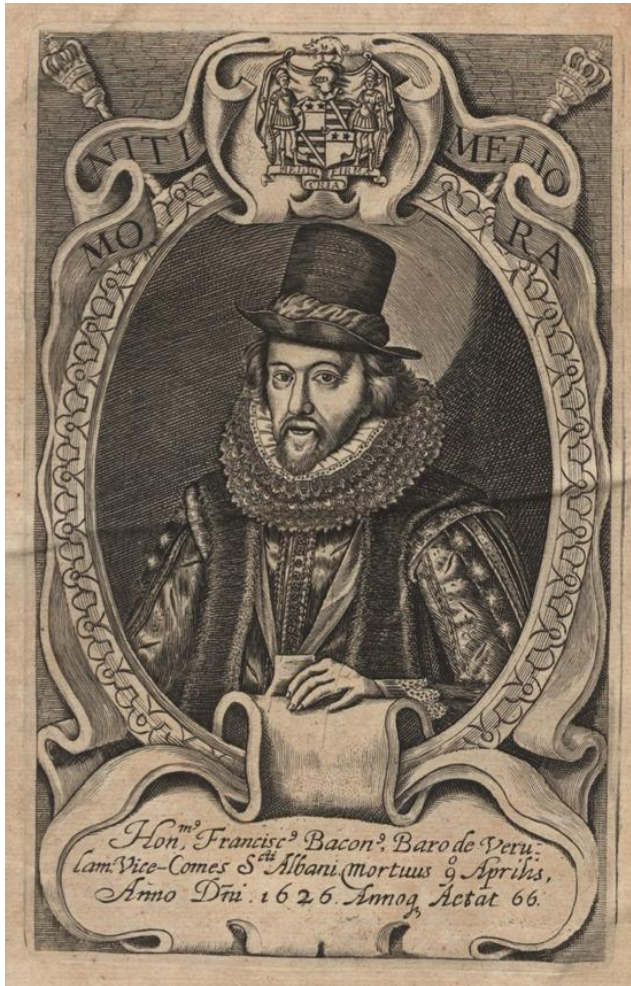
Нижняя граница литосферной плиты =  
= верхняя граница астеносферы.

В 1968 г. определены границы крупных литосферных плит Земли, рассчитаны параметры их движения по поверхности земного шара.

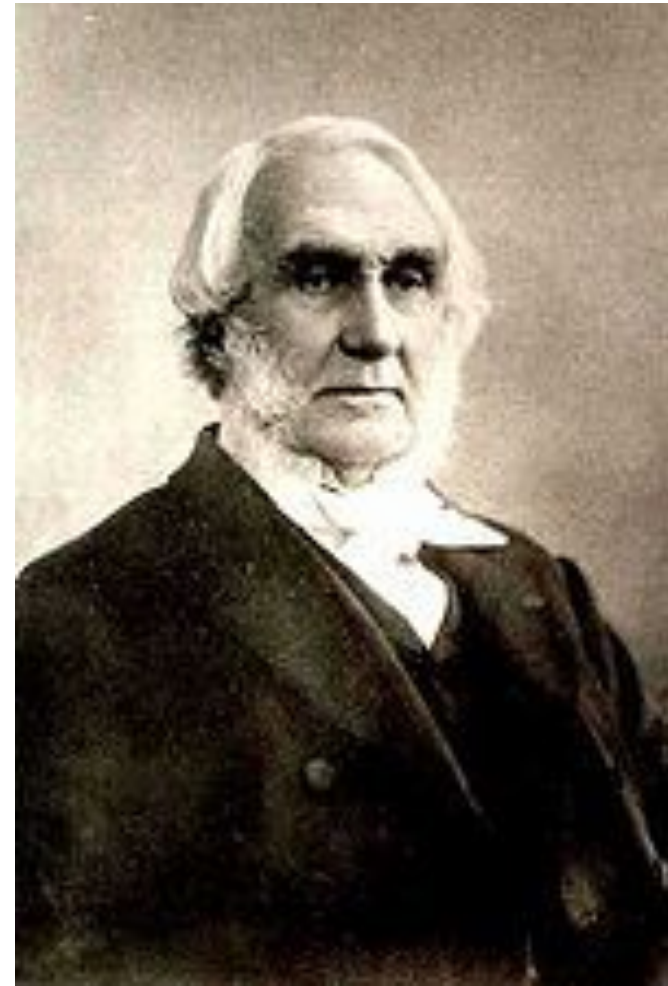
(*Джасон Морган, США*  
*Ксавье Ле Пишон, Франция*)



# 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.

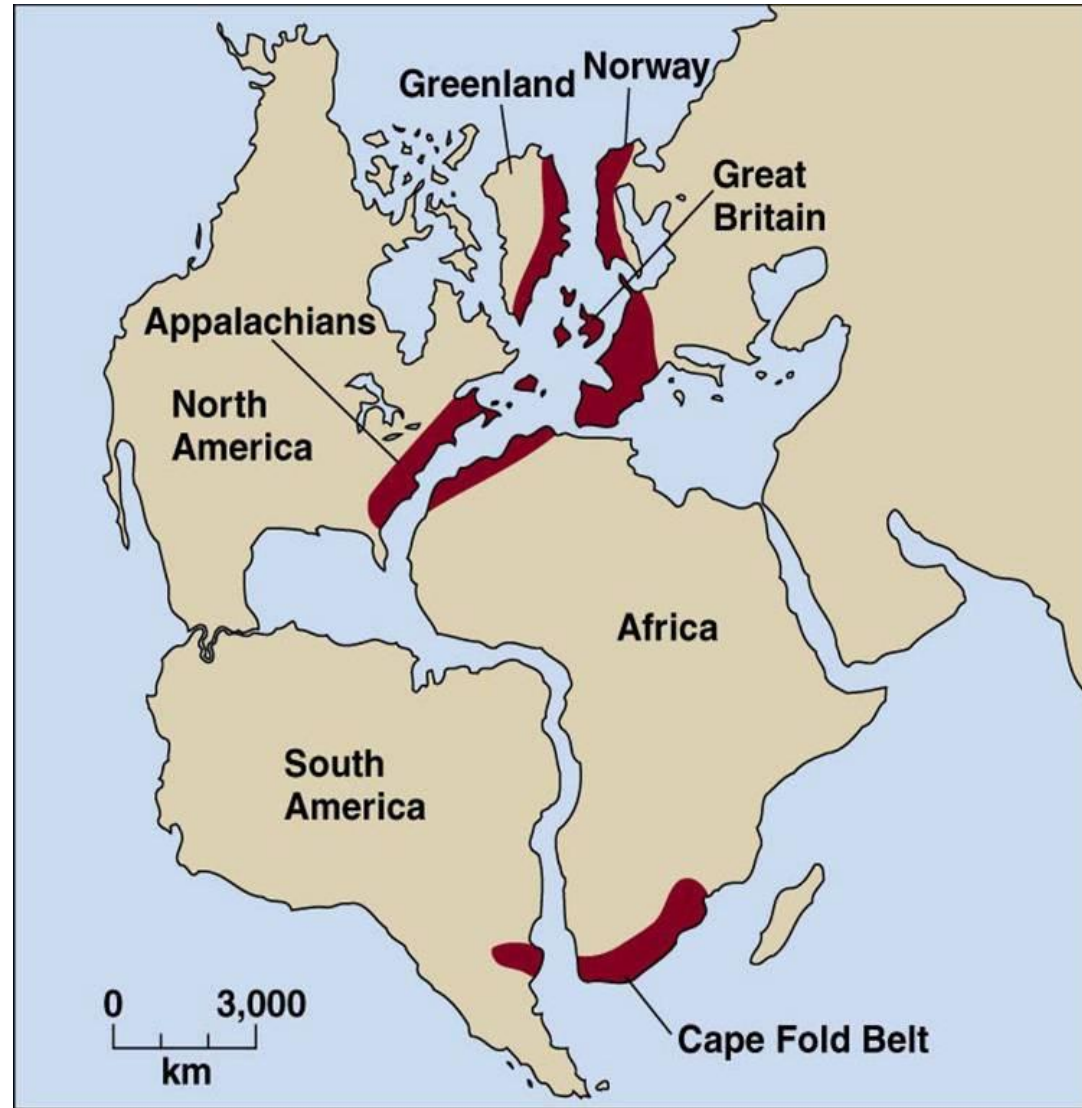
Основа: наблюдения за процессами застывания лавы в  
лавовых озерах Гавайских островов,

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



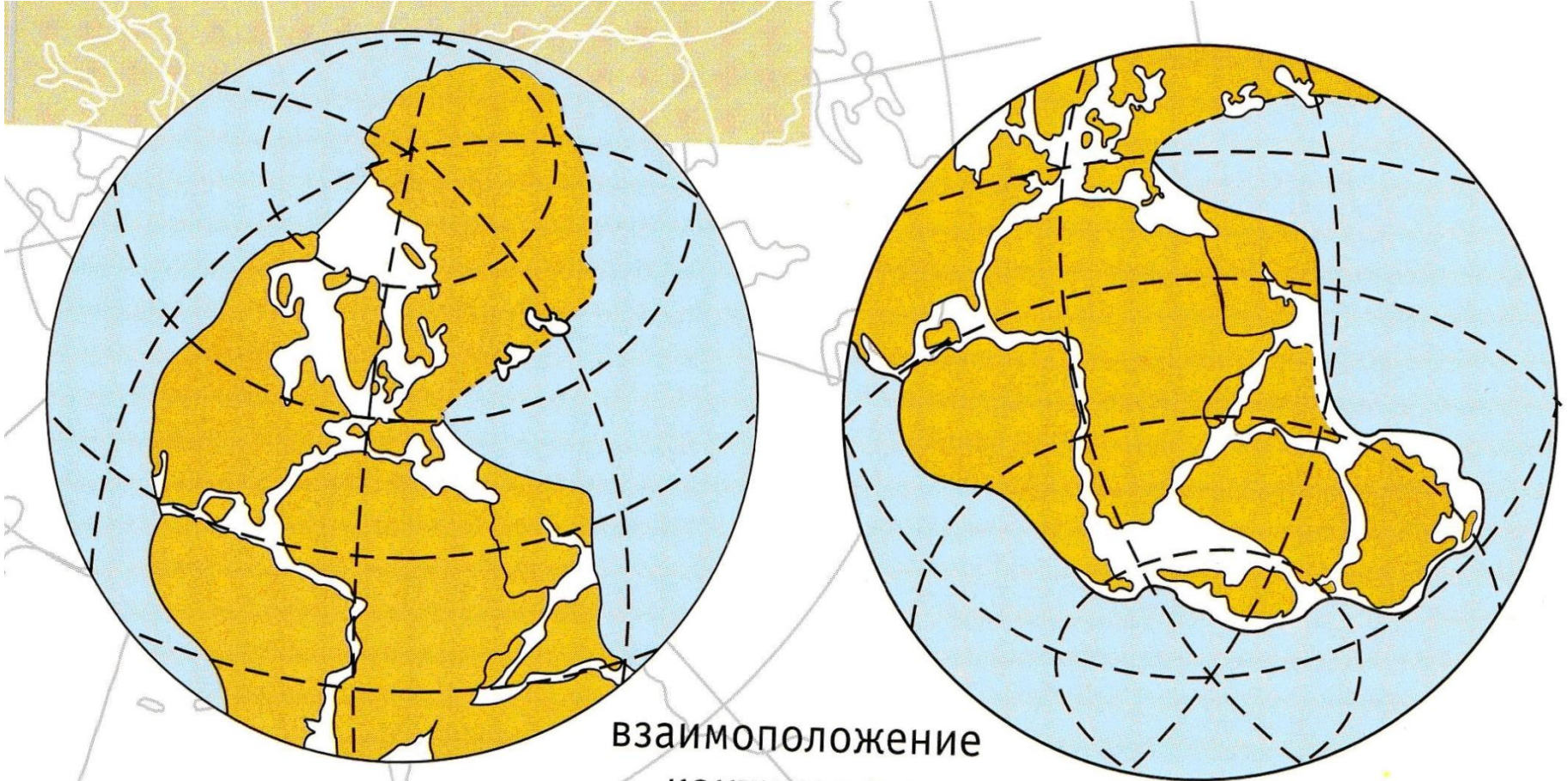
# Движущие силы «дрейфа» КОНТИНЕНТОВ

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)

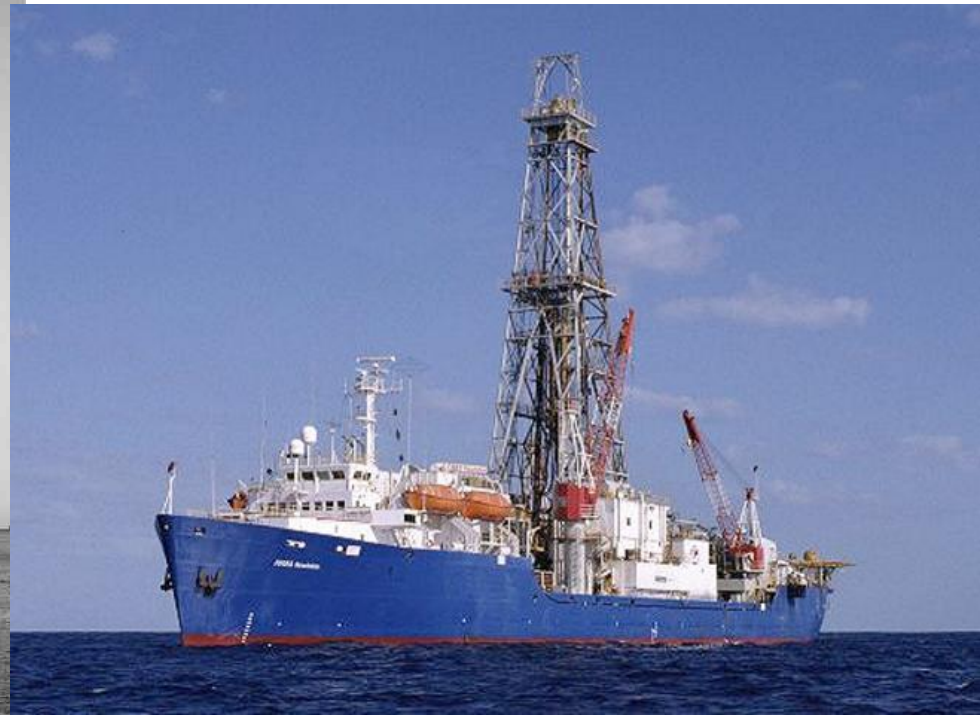
# Возражения против теории Вегенера

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)

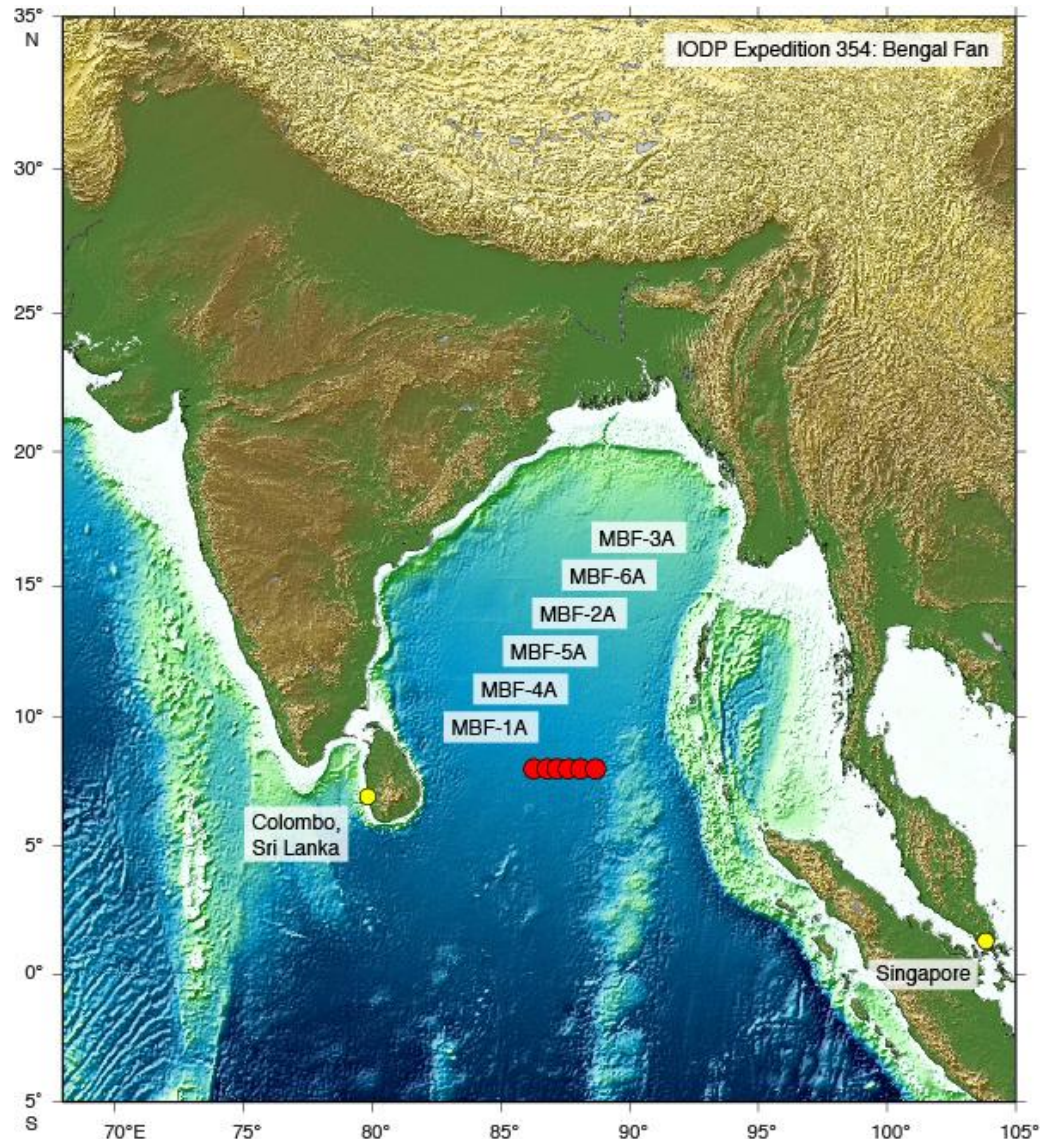
<http://iodp.tamu.edu/index.html>



◆ Deep Sea Drilling Project   ■ Ocean Drilling Program   ● Integrated Ocean Drilling Program

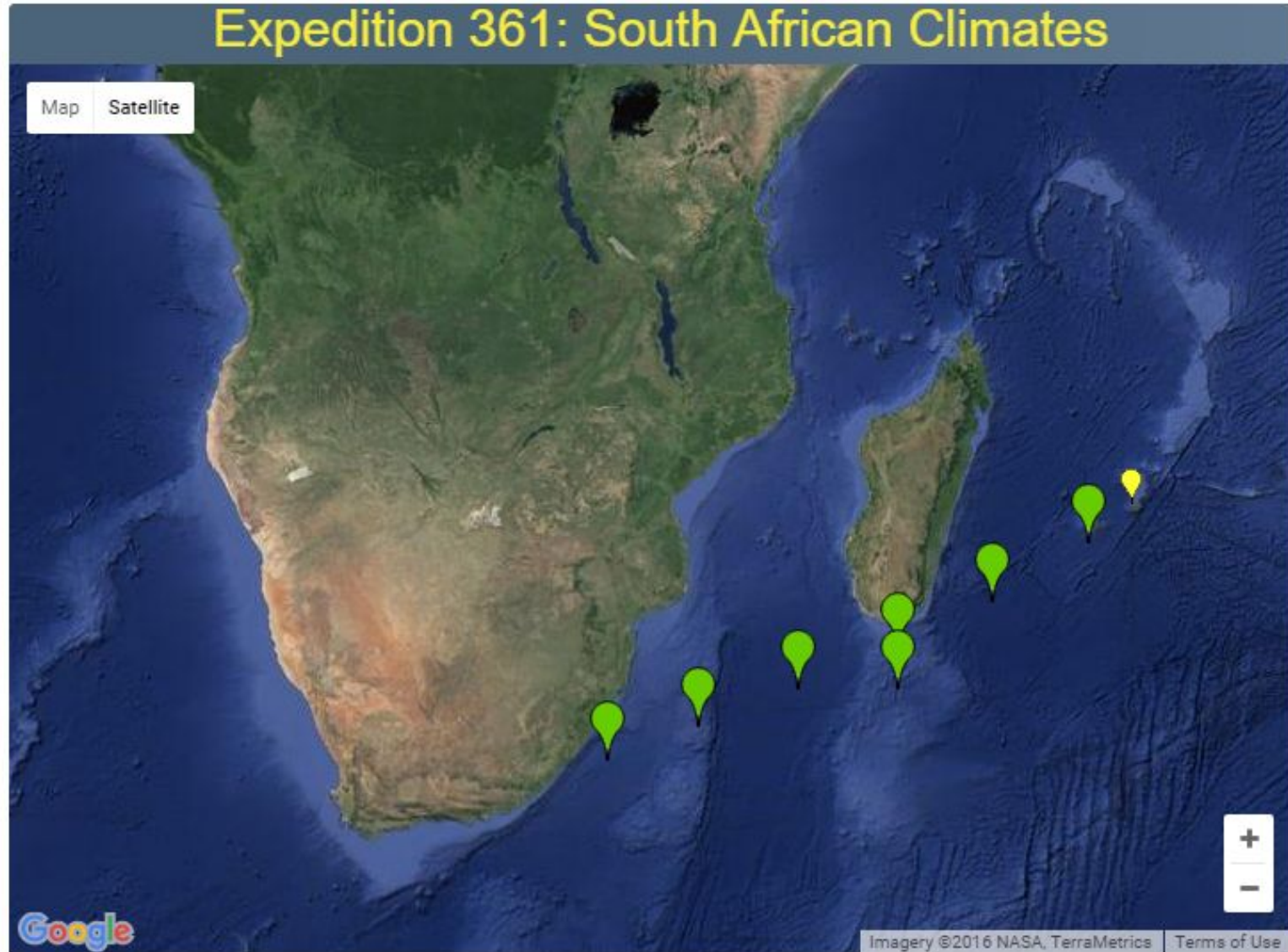
# Bengal Fan, Expedition 354, 2015

## International Ocean Discovery Program

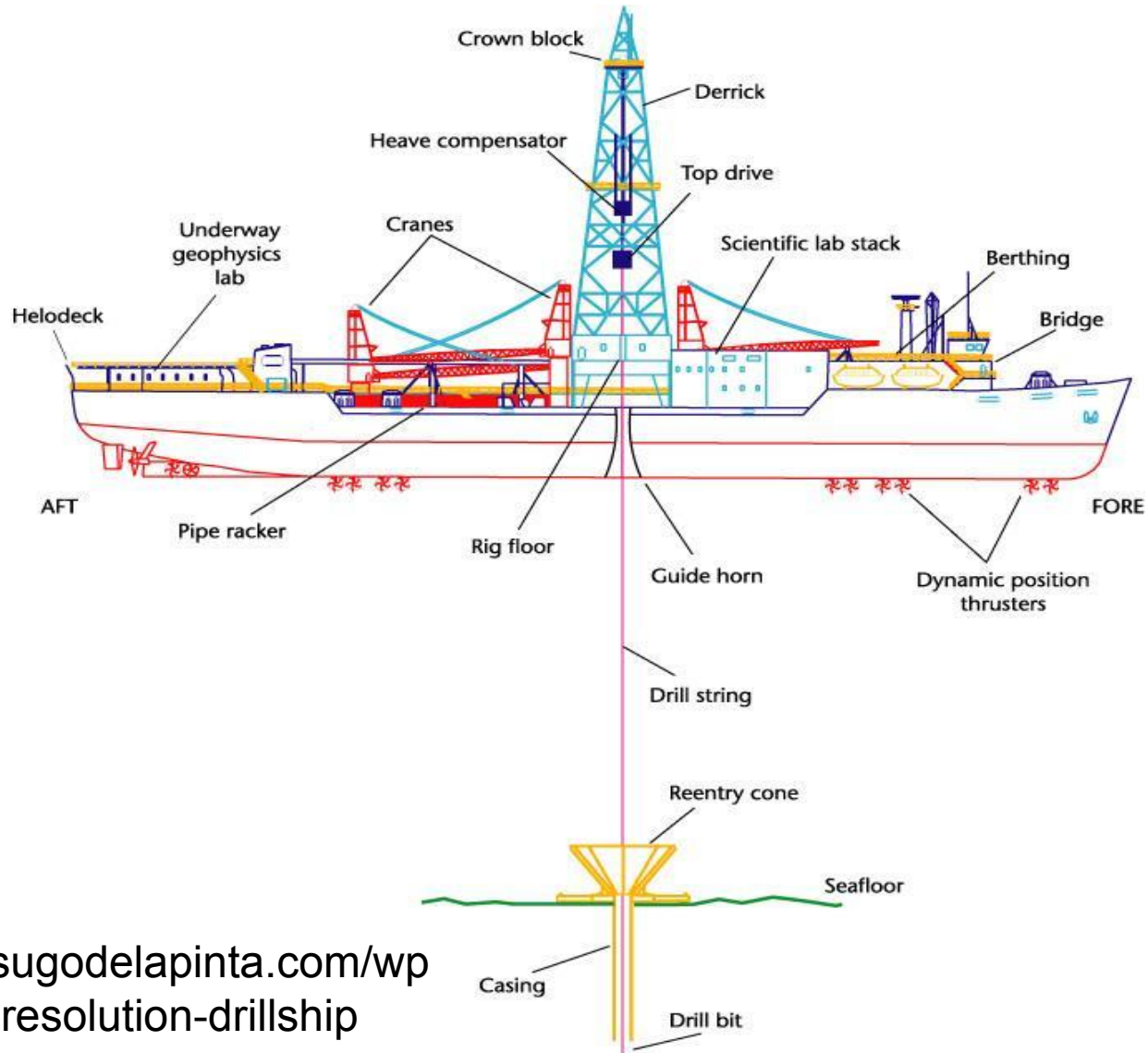




# Экспедиция 361, 2016



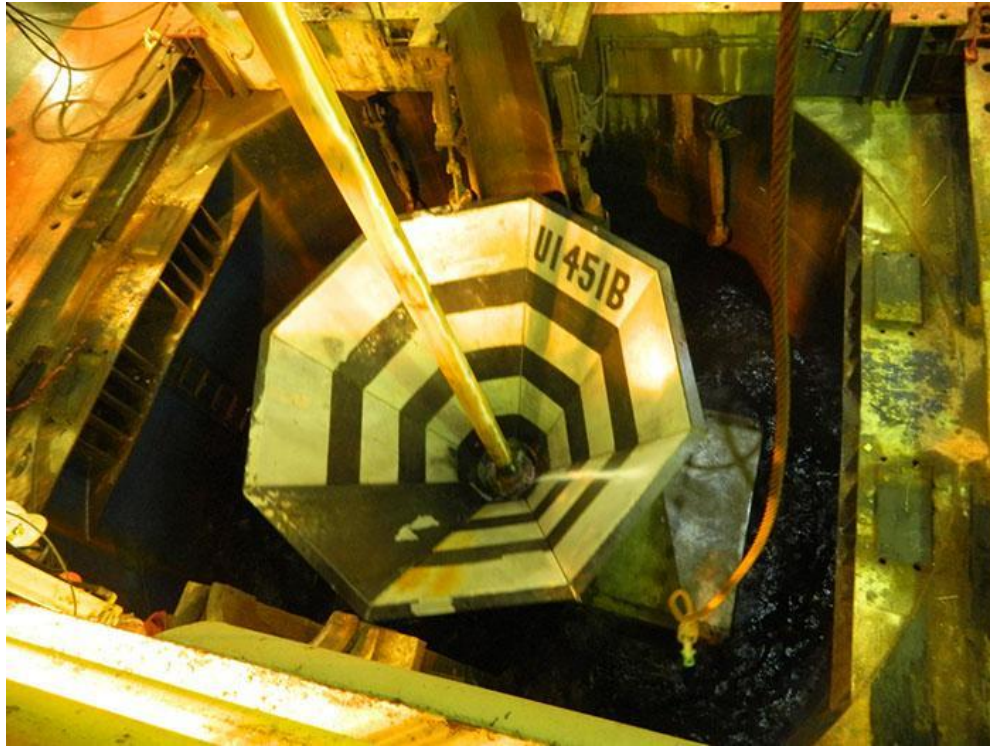
# Схема буровой установки «Joides Resolution»



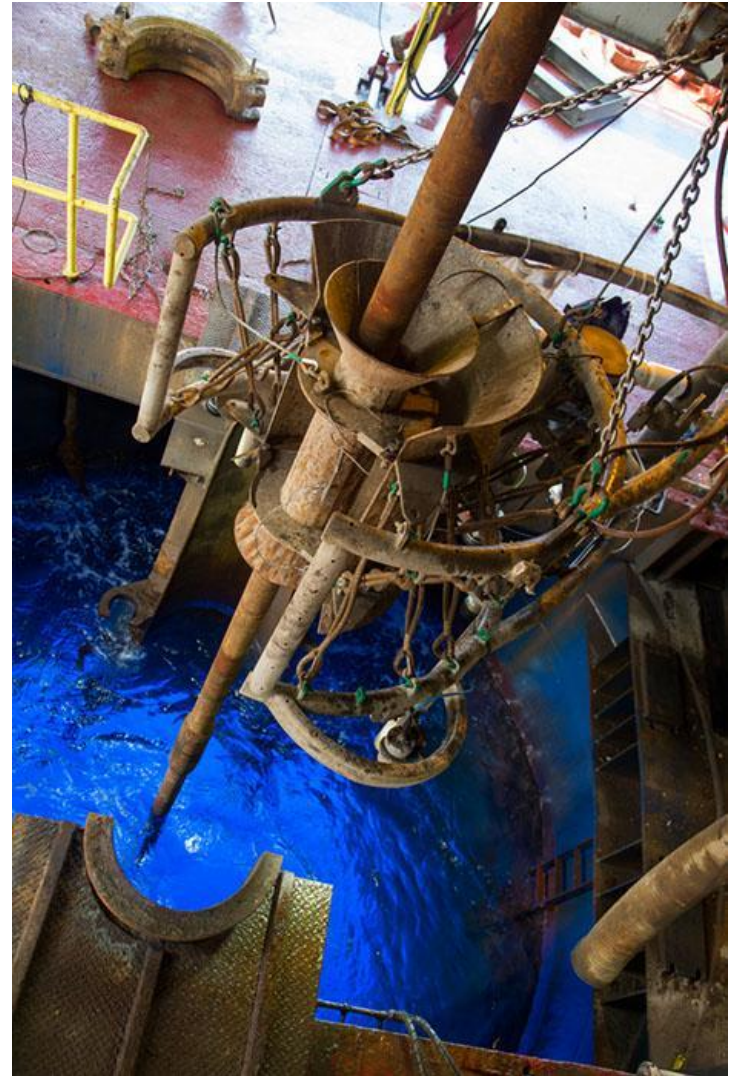
<http://www.besugodelapinta.com/wp-admin/joides-resolution-drillship>



# 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]



# Shikyu (Япония), 2005 г



Возможность глубокого бурения – до 10000 от уровня моря

# Сіку (Японія), 2005 г





# Сікуи (Японія), 2005 г





# Срединно-океанические хребты (СОХ)

## Южная Америка - Африка

Святая Елена Кейптаун

L = 6 000 км

0 м  
-1000 м  
-2000 м  
-3000 м  
-4000 м  
-5000 м  
-6000 м

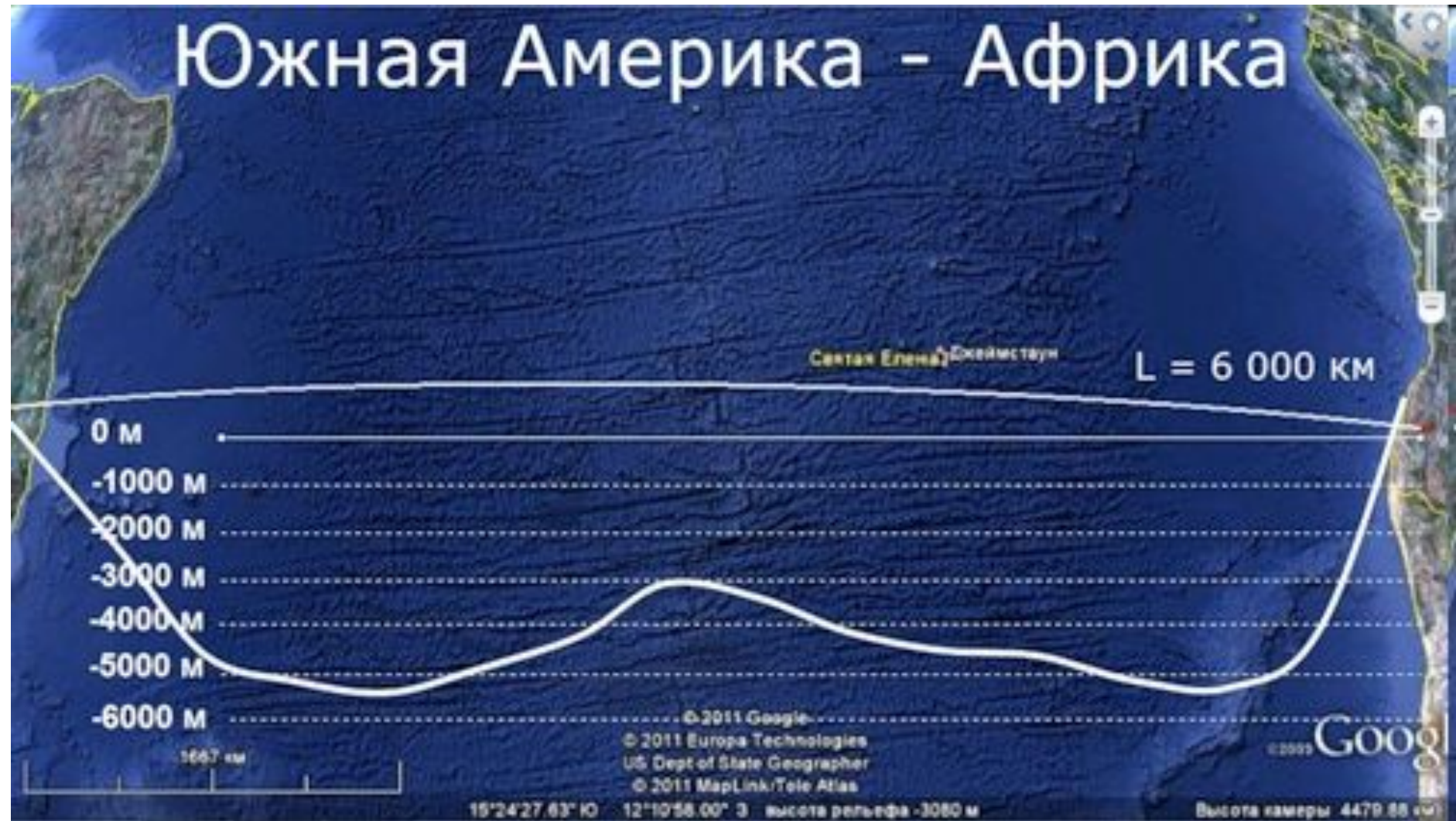
1667 км

© 2011 Google  
© 2011 Europa Technologies  
US Dept of State Geographer  
© 2011 MapLink/Tele Atlas

© 2005 Google

15°24'27.63" Ю 12°10'56.00" З высота рельефа -3080 м

Высота камеры 4479.66 м



# Палеомагнитные исследования

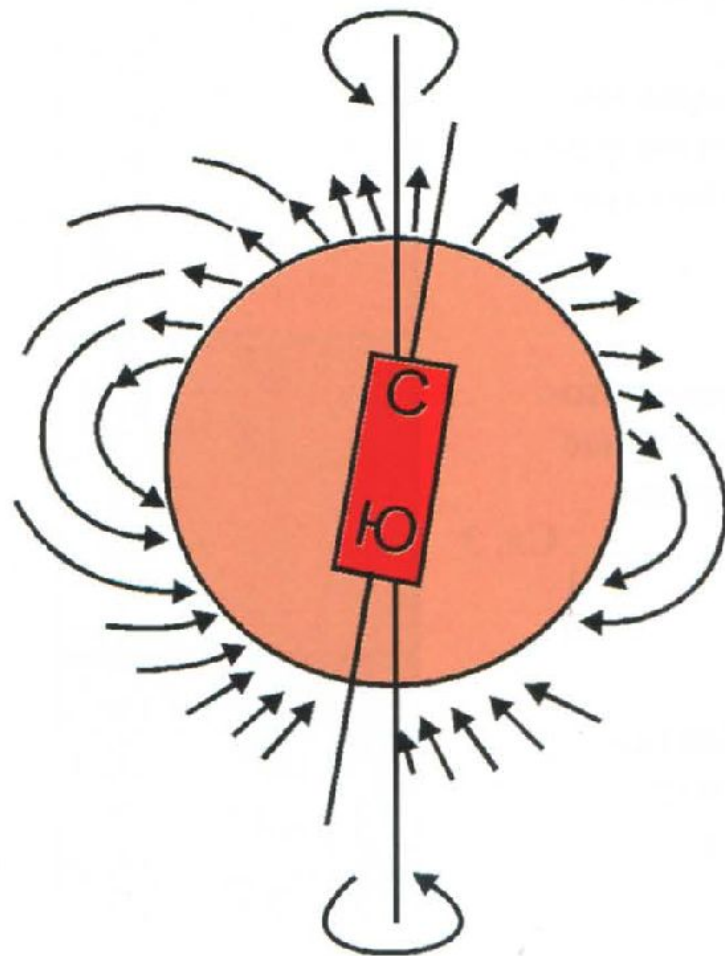
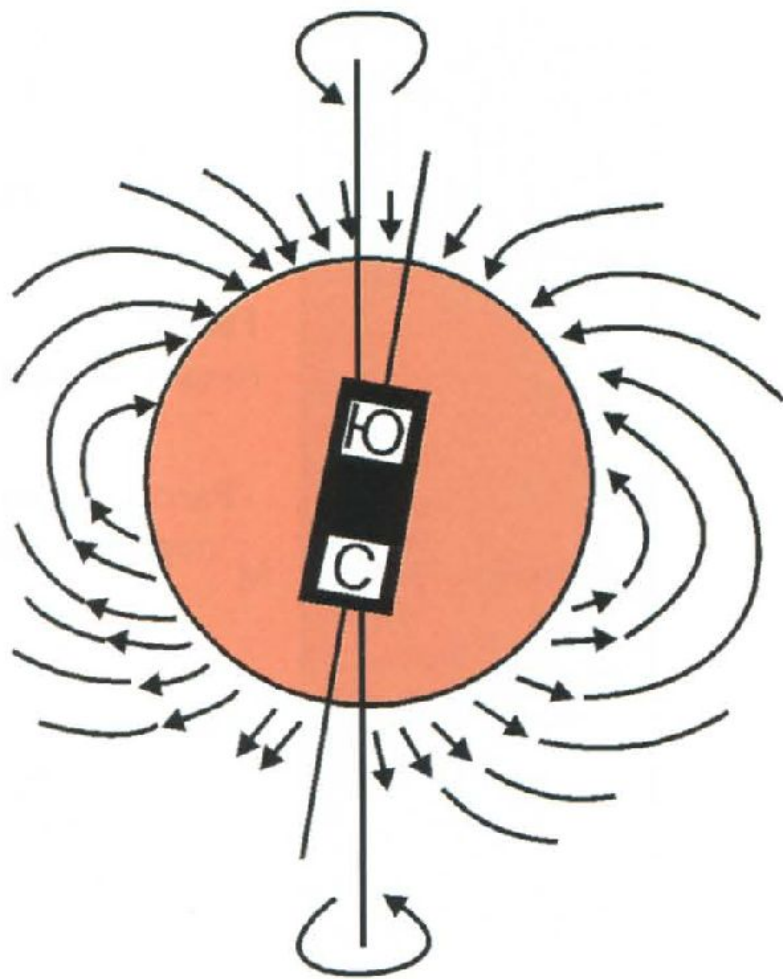
Минерал магнетит ( $\text{FeFe}_2\text{O}_4$ ) – постоянный магнит, намагничивается внешним магнитным полем и сохраняет («запоминает») его направление.

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

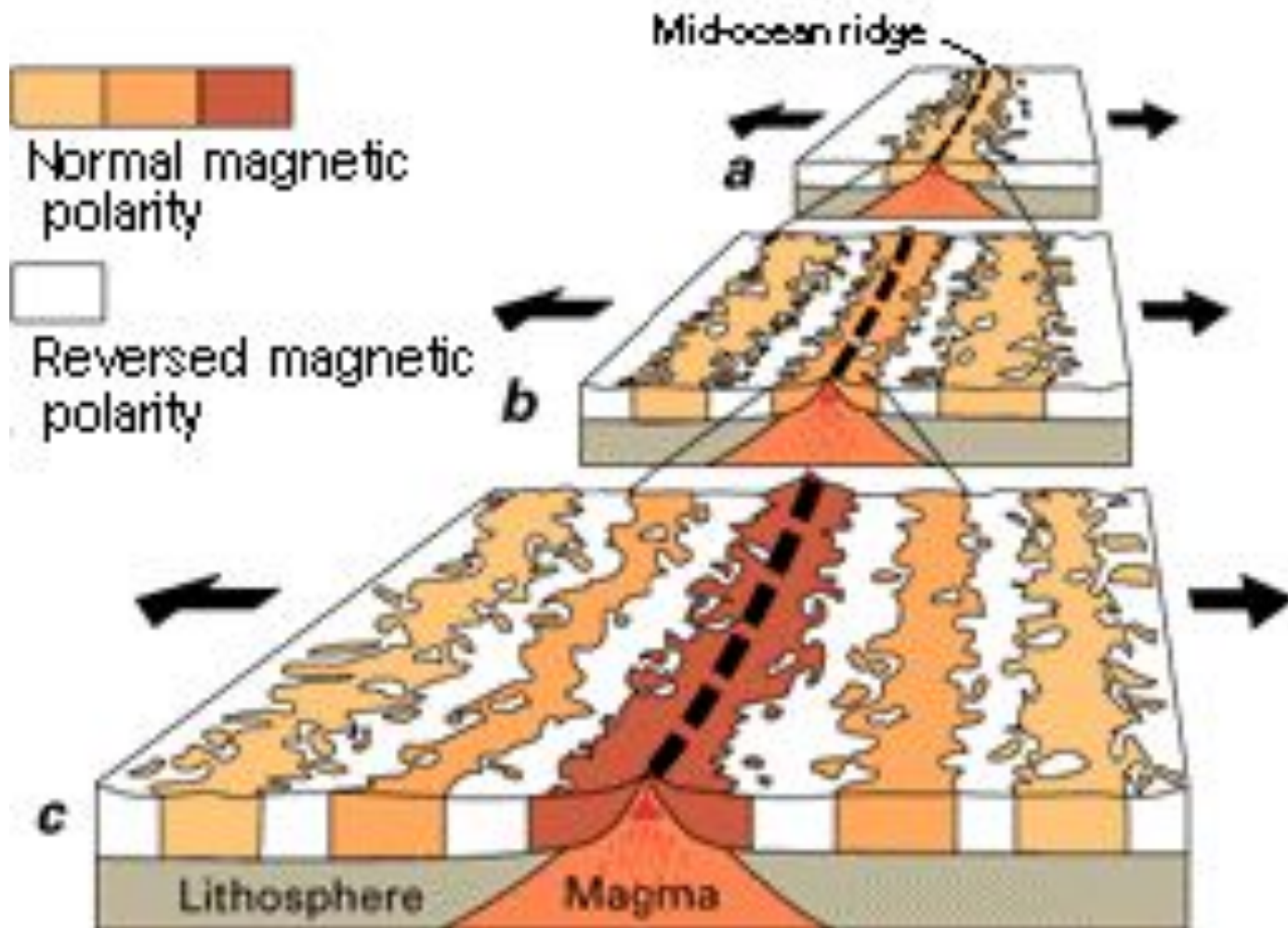
Чередование прямо и обратно намагниченных базальтов в виде полос, параллельных срединно-океаническим хребтам

# Инверсия геомагнитного поля

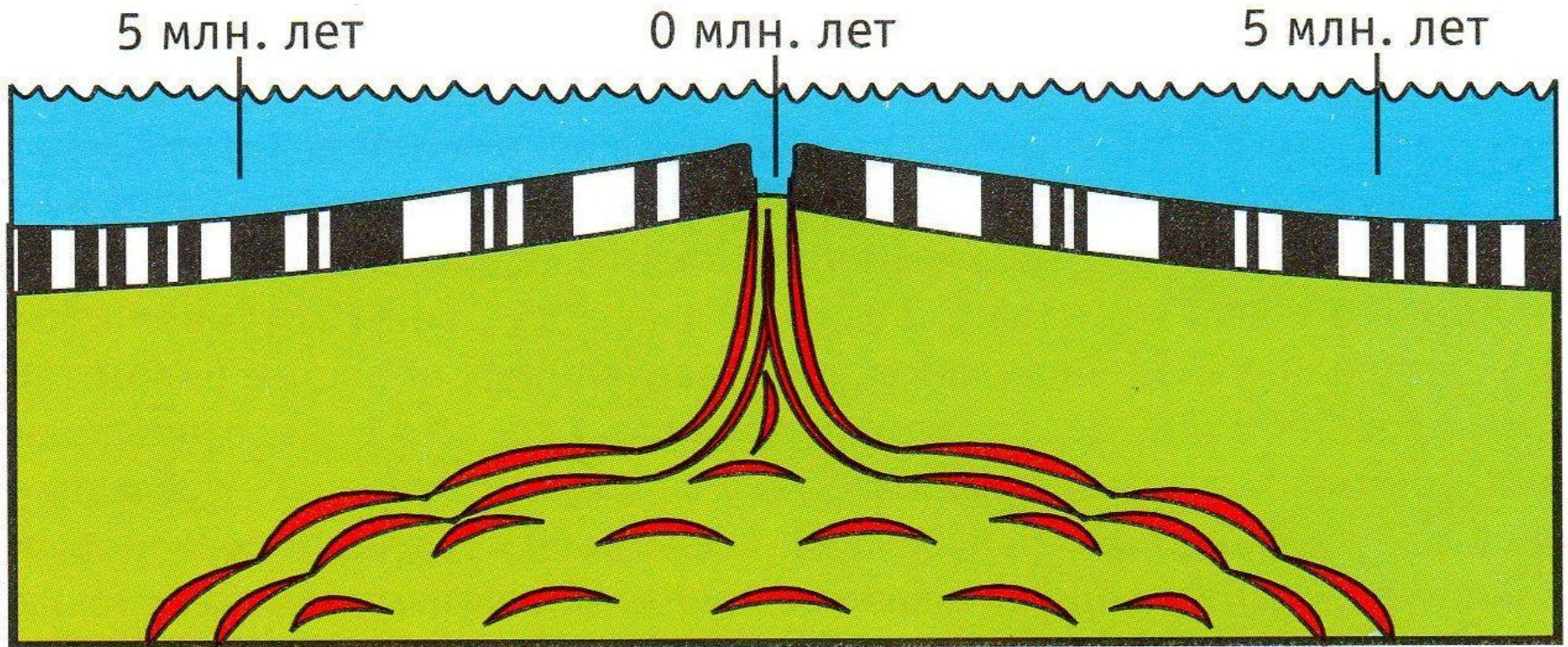




# Изменение вектора намагниченности горных пород – линейные магнитные аномалии

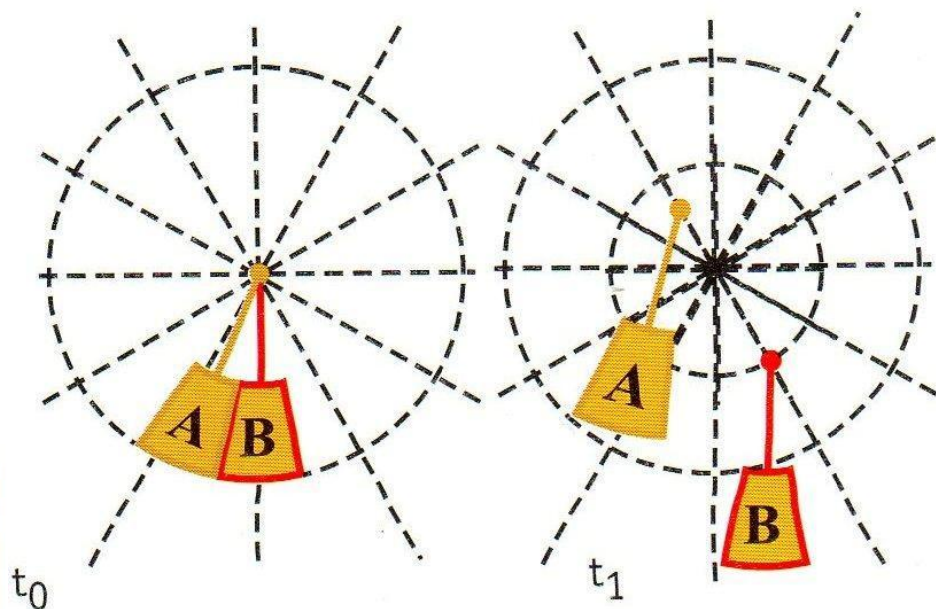
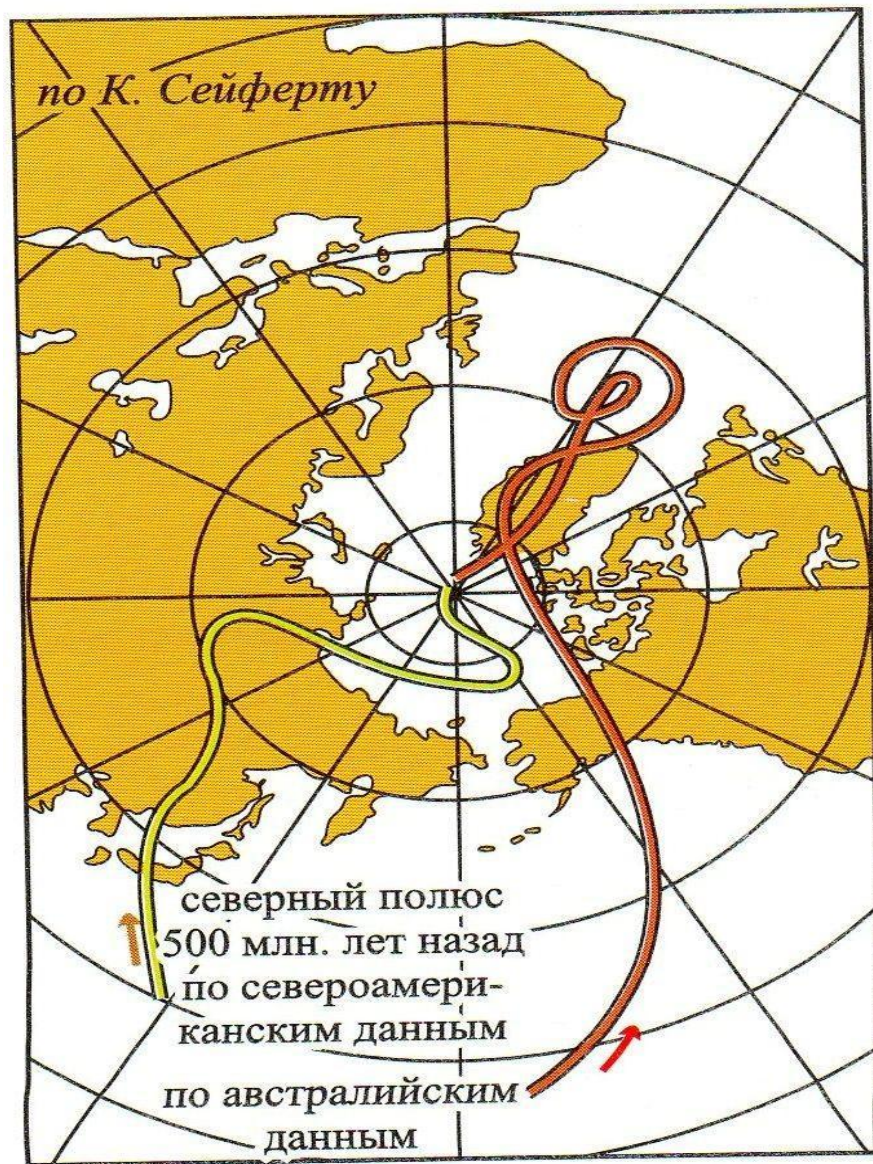


# Линейные магнитные аномалии



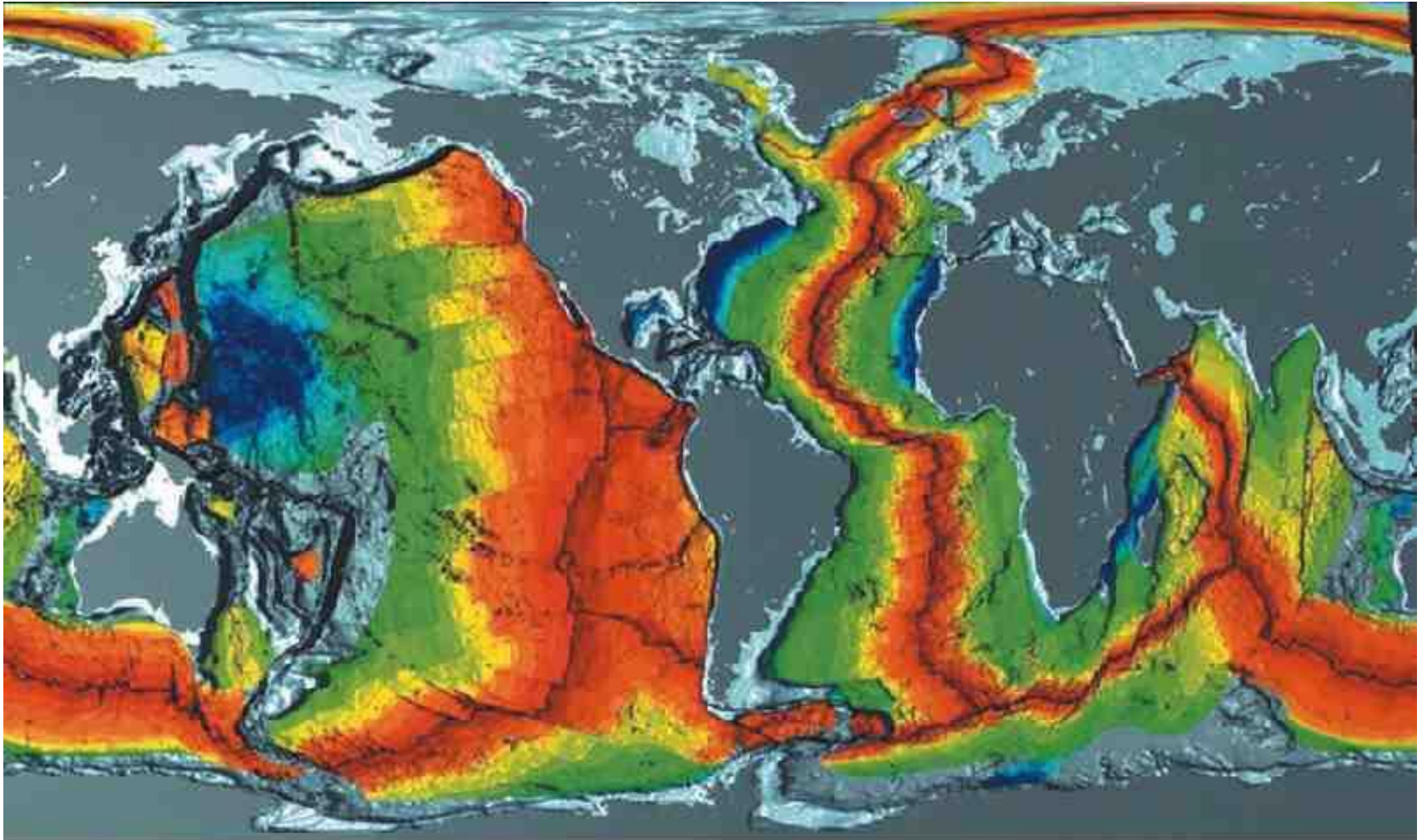


# Перемещения Северного полюса





# Возраст океанической коры



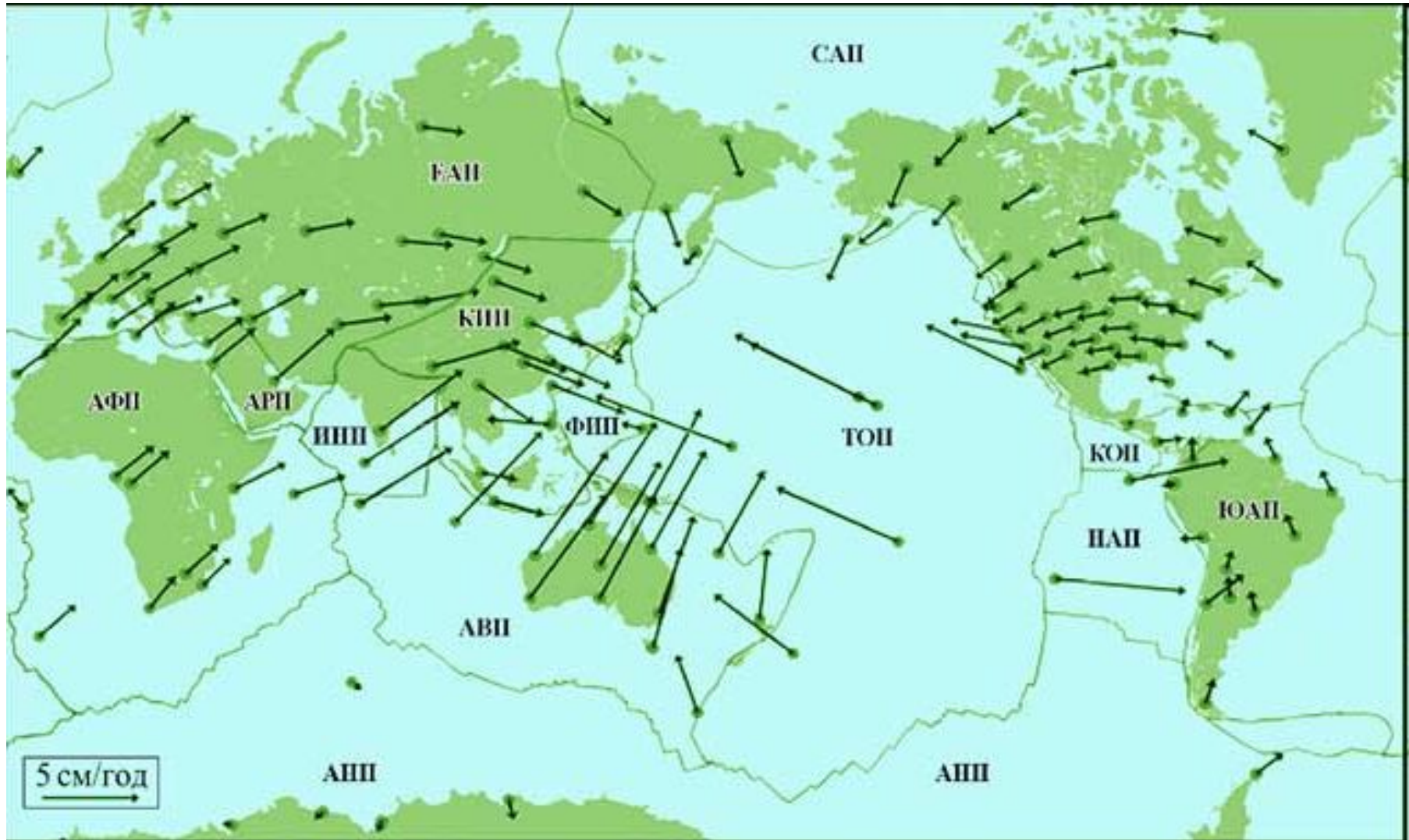
Определен по магнитным аномалиям. Кр.+Ж кайнозой (моложе 65 млн лет), Зеленый – мел (65 – 145 млн лет), Синий – юра (древне 145 млн лет)



# 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.

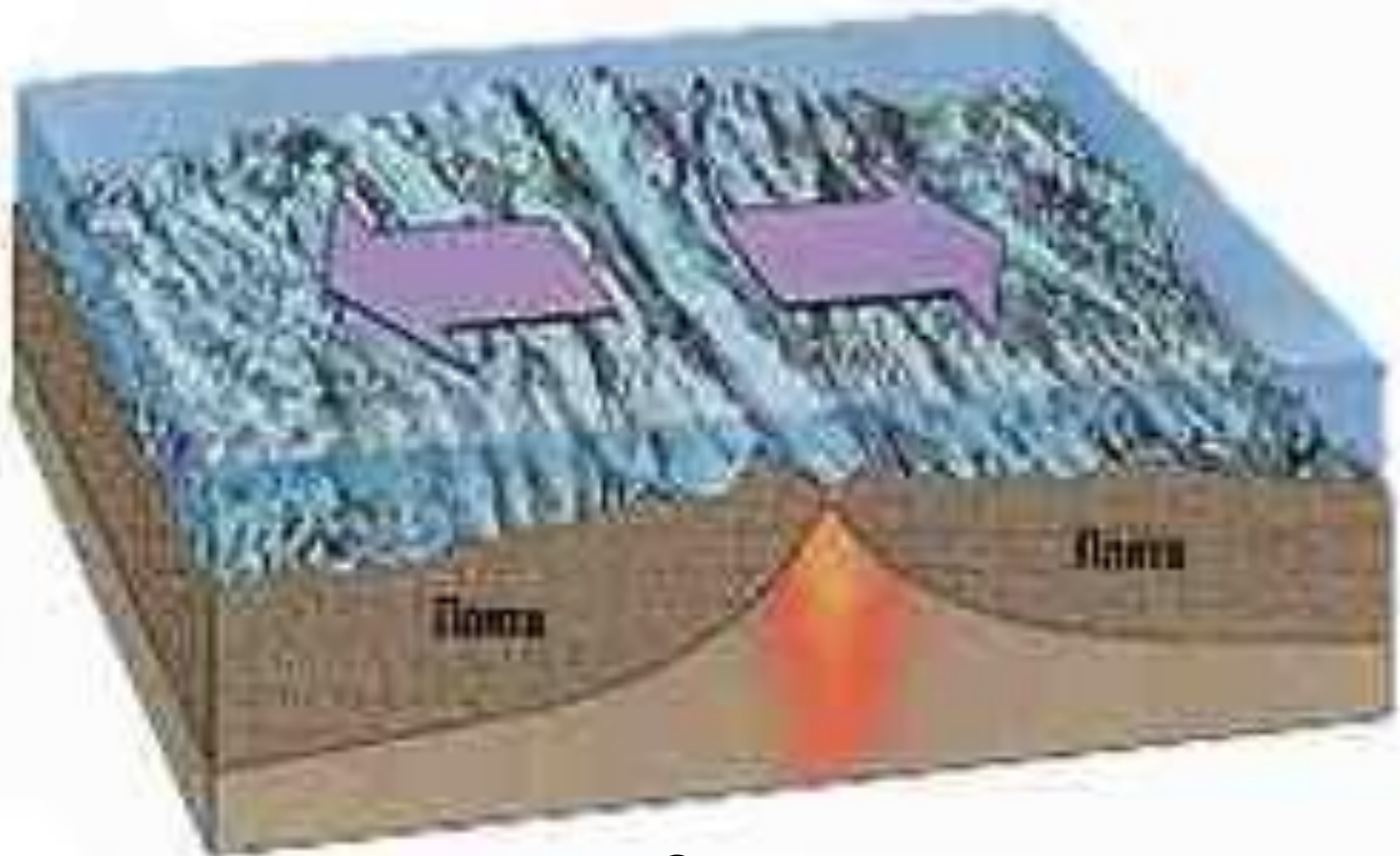
# Типы границ литосферных плит

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



# Границы плит

## 1. Дивергентная (граница расхождения)



Спрединг

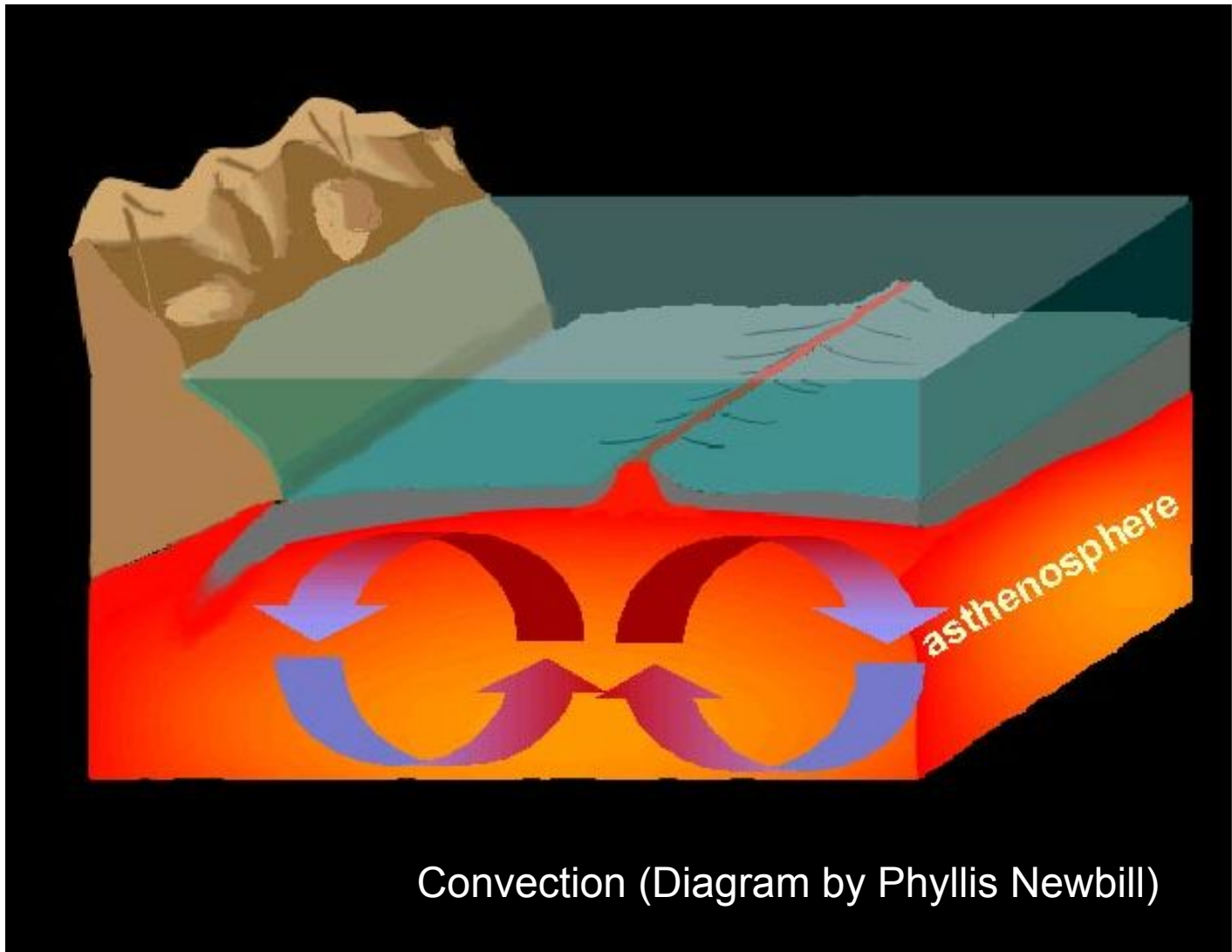
# Спрединг

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

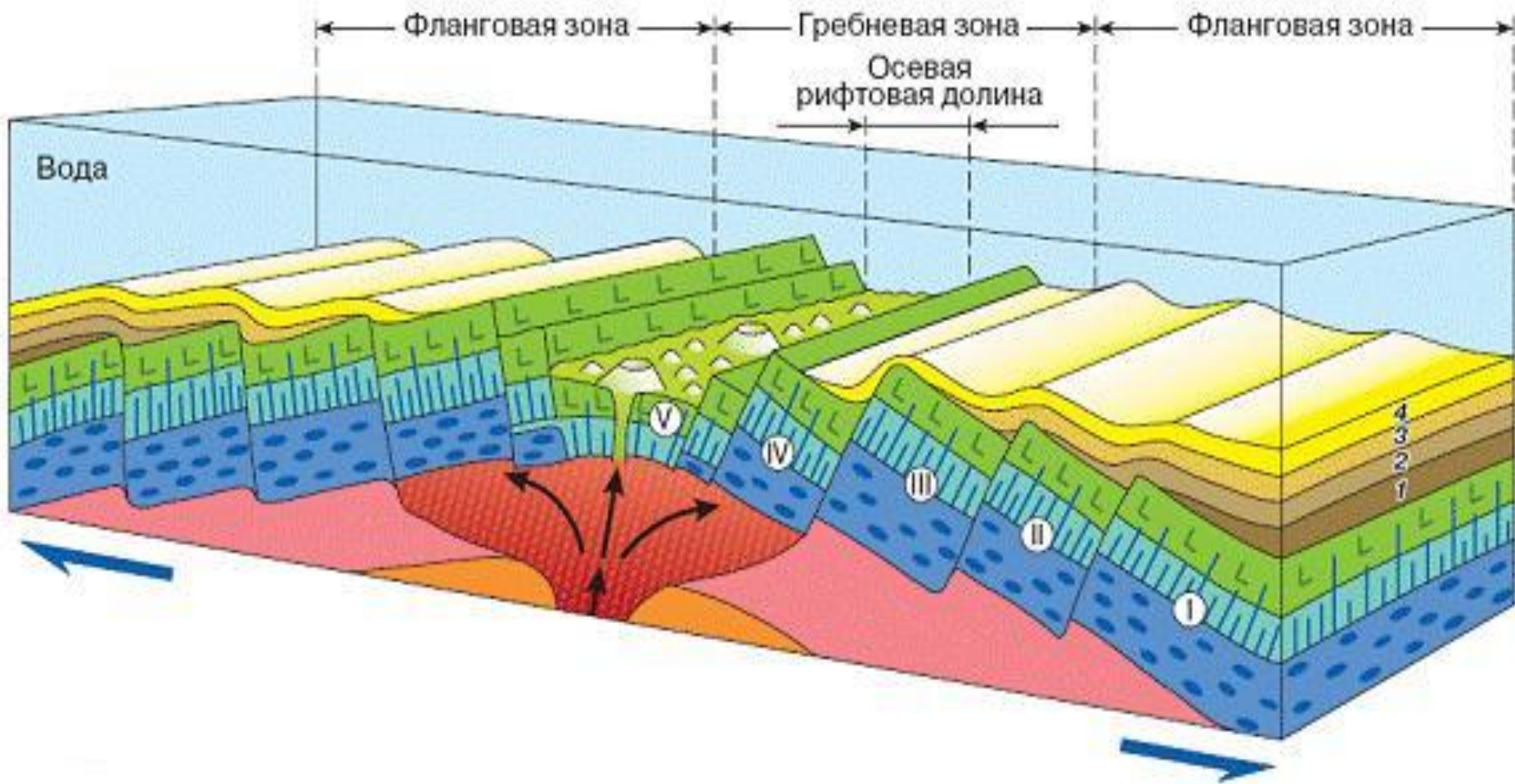
# Конвекция мантийного вещества



Convection (Diagram by Phyllis Newbill)



# Рифтовая зона



# Исландия



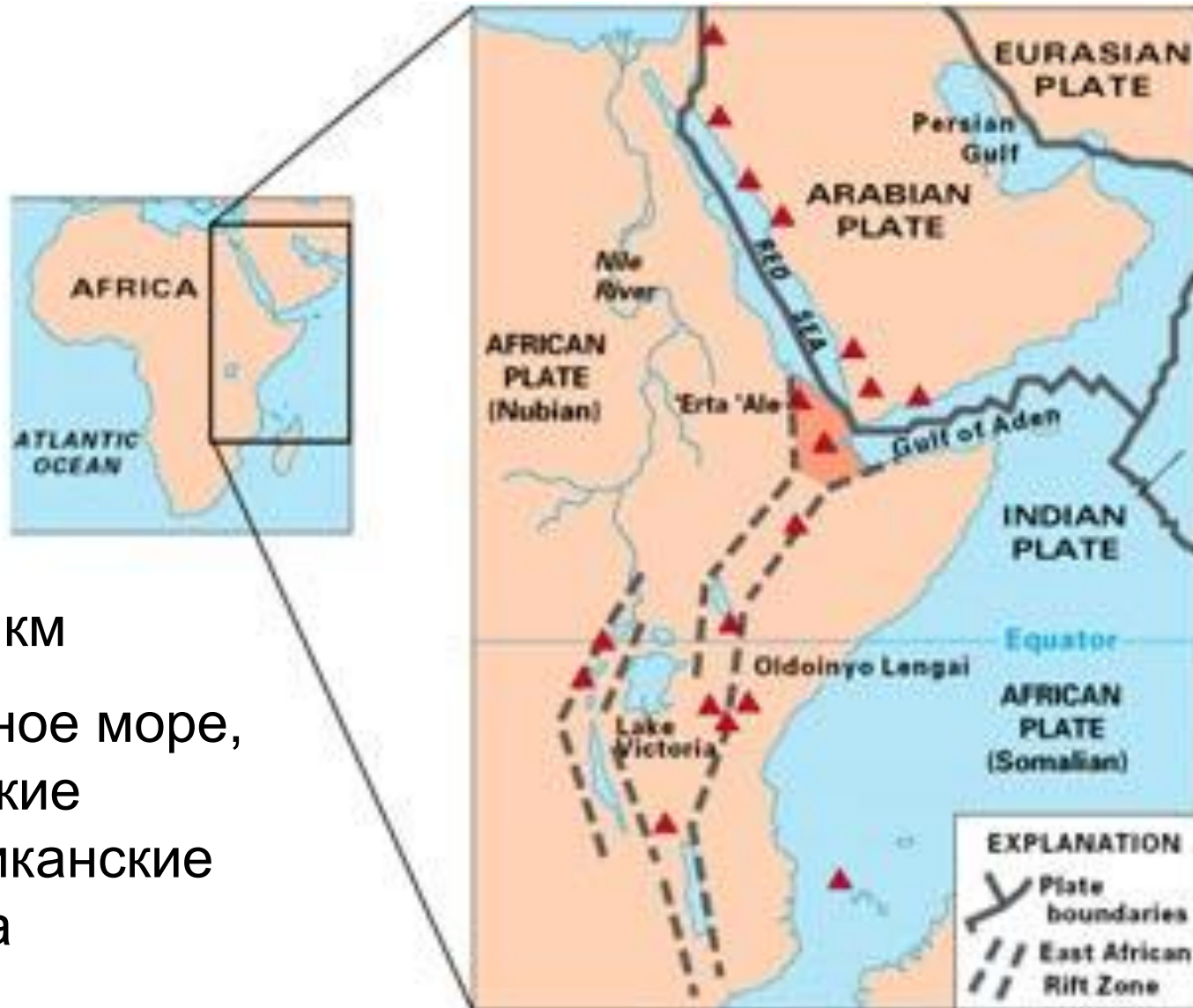


# Исландия





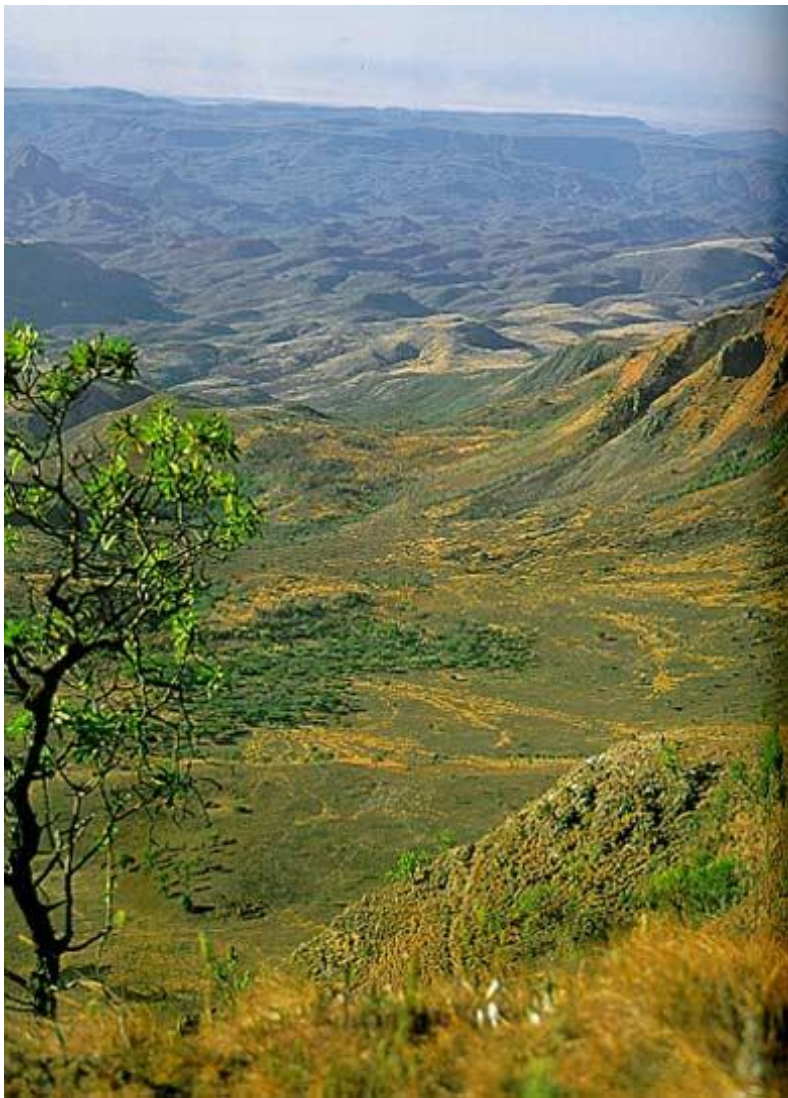
# Дивергентная граница на суше Восточно-Африканский разлом



6000 км

Красное море,  
Великие  
Африканские  
озера

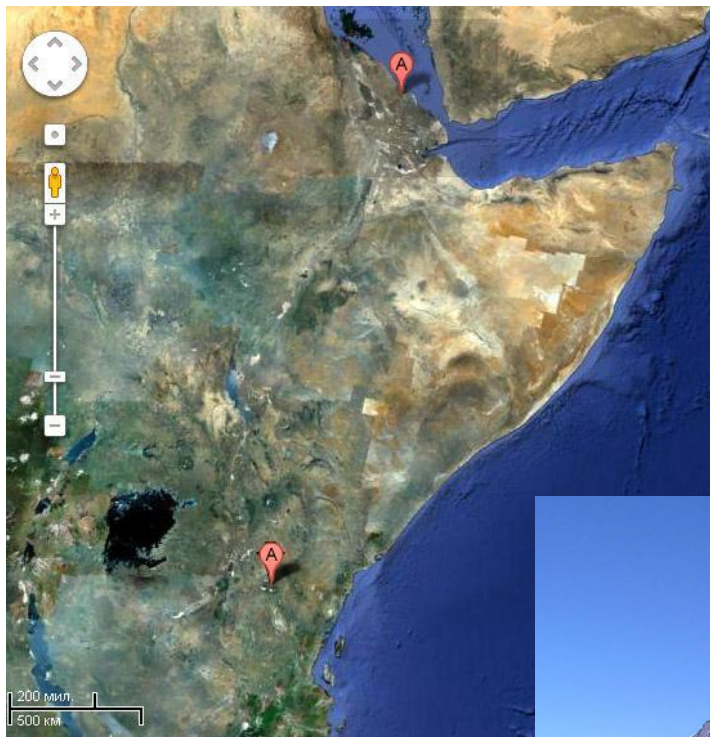
# Ландшафт рифтовой зоны (Кения)





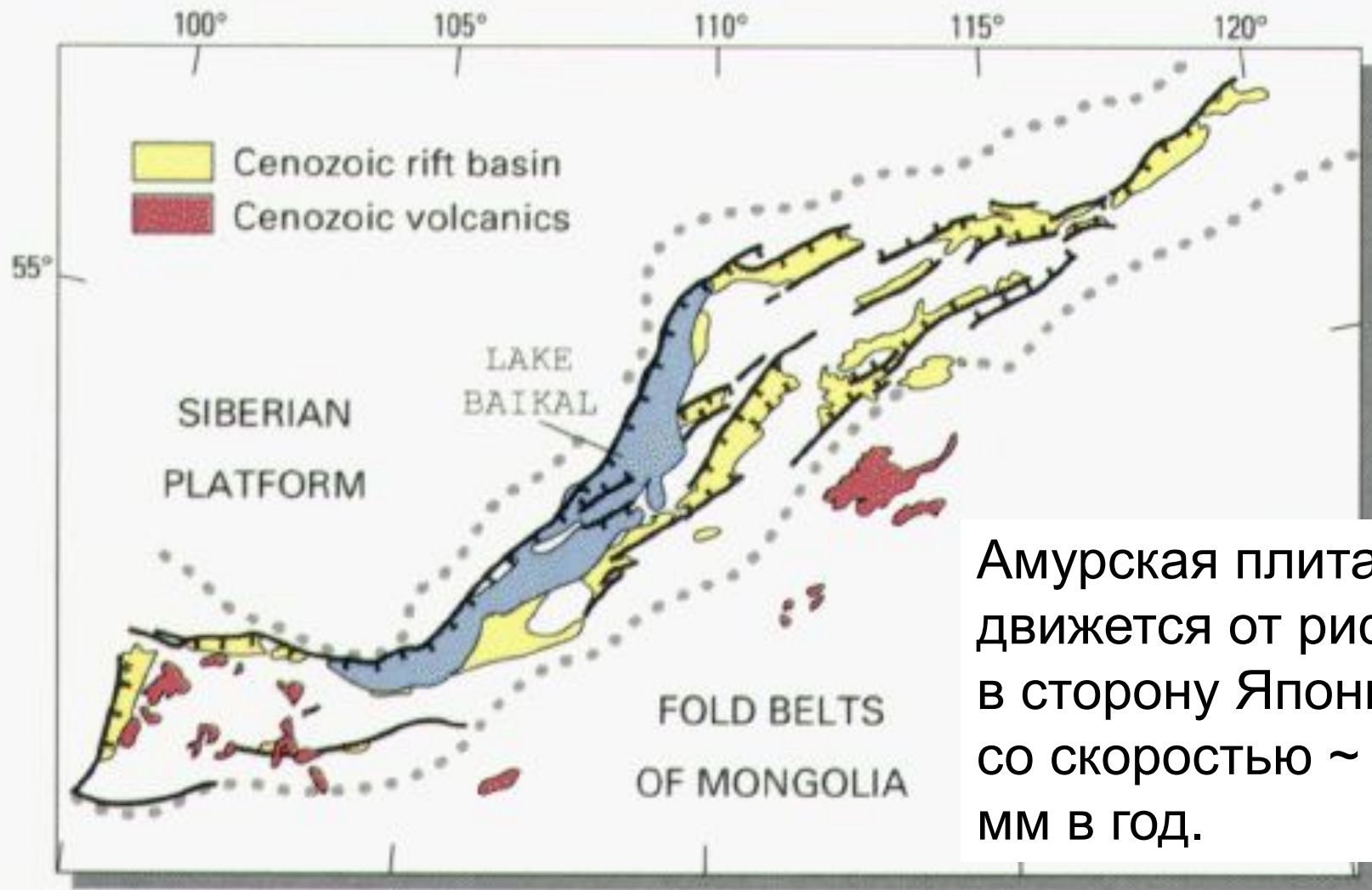
# Вулканы Восточно-Африканского разлома

Килиманджаро – считается спящим,  
Набро – извержение в июне 2011





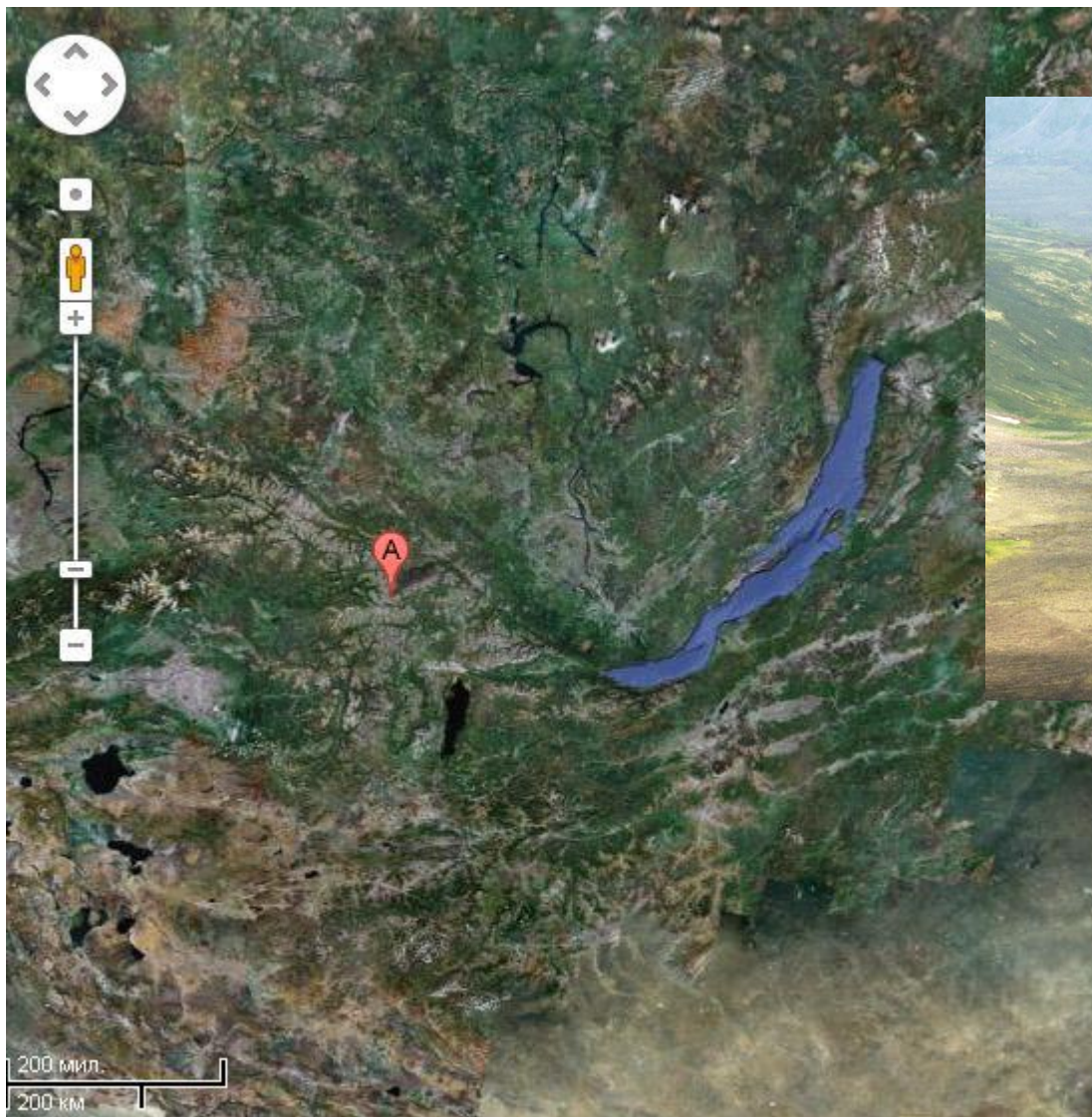
# Байкальская рифтовая зона



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



Южно-  
Американская  
плита

Плита Наска



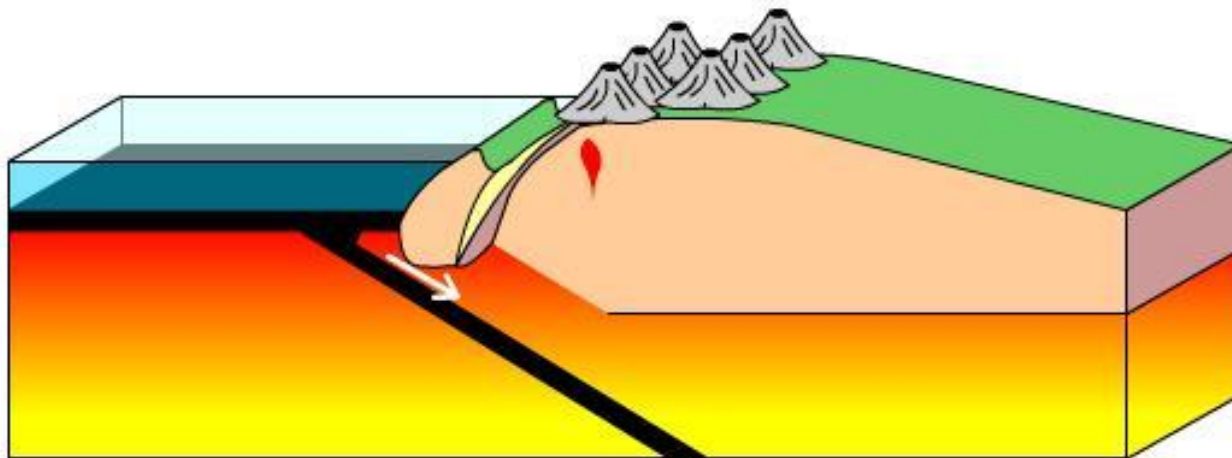
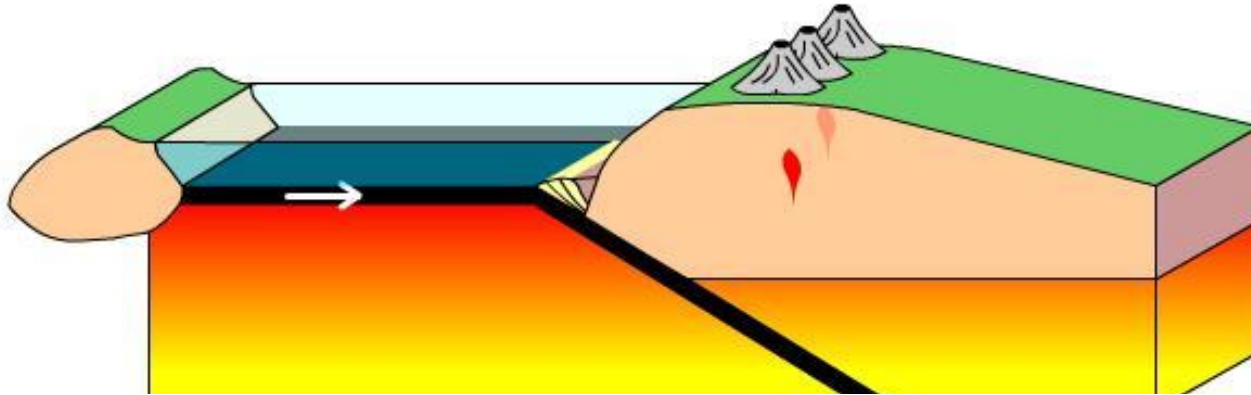


# Островные дуги

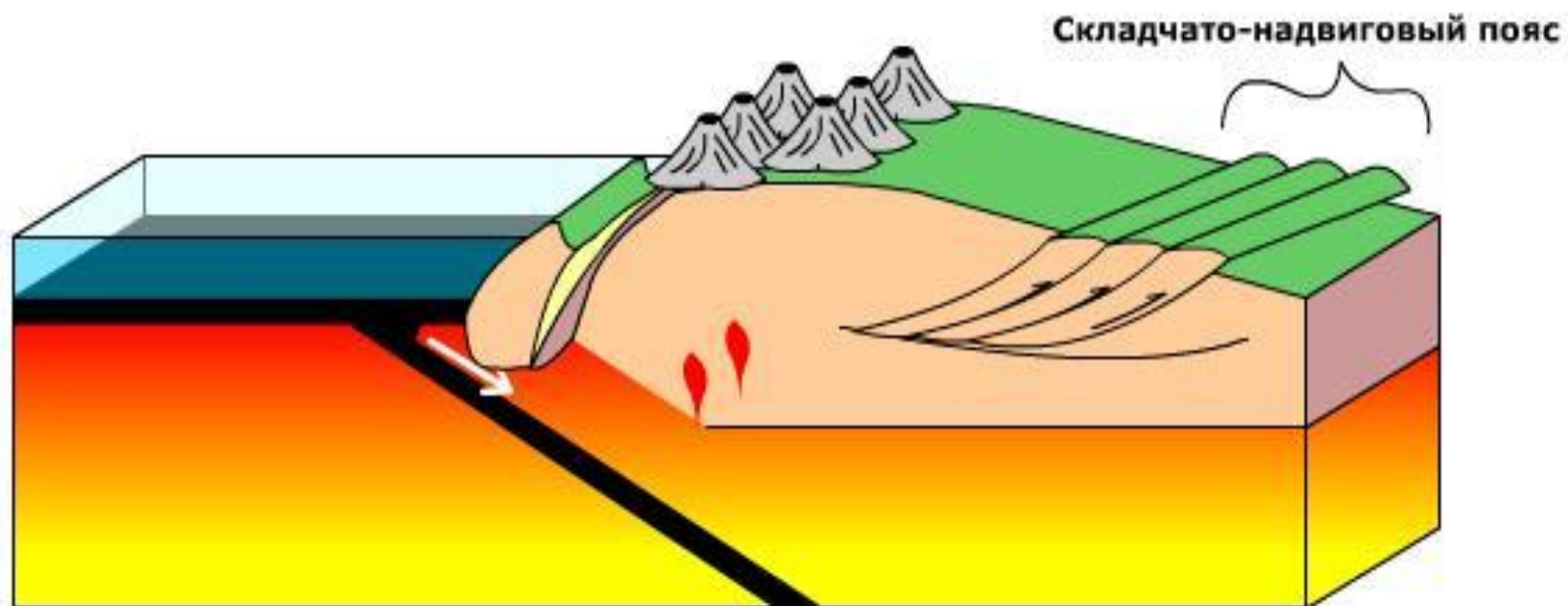
26. Океаническая плита погружается под океаническую



# Островная дуга в зоне субдукции



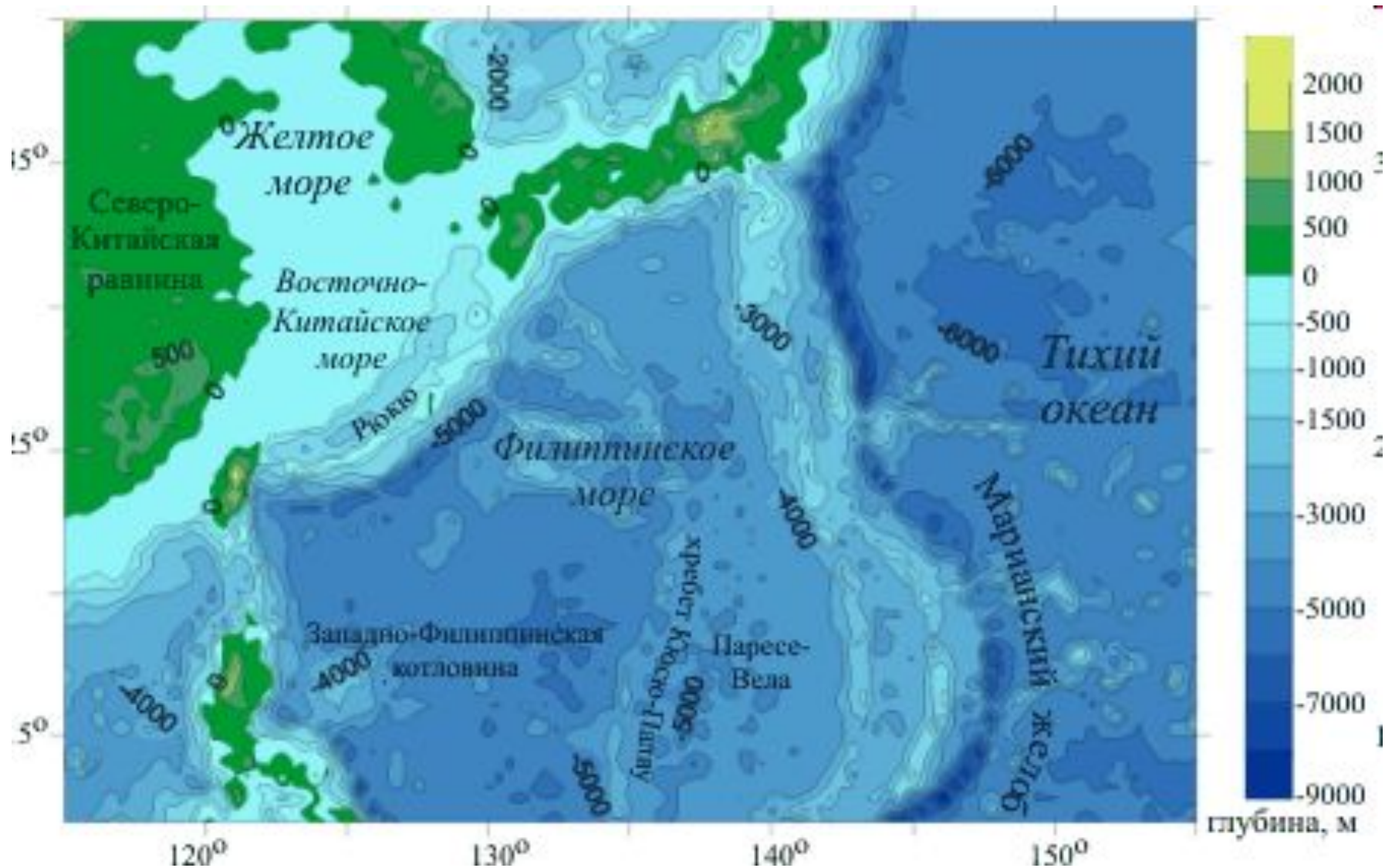
# Формирование складчатого пояса





# Островные дуги

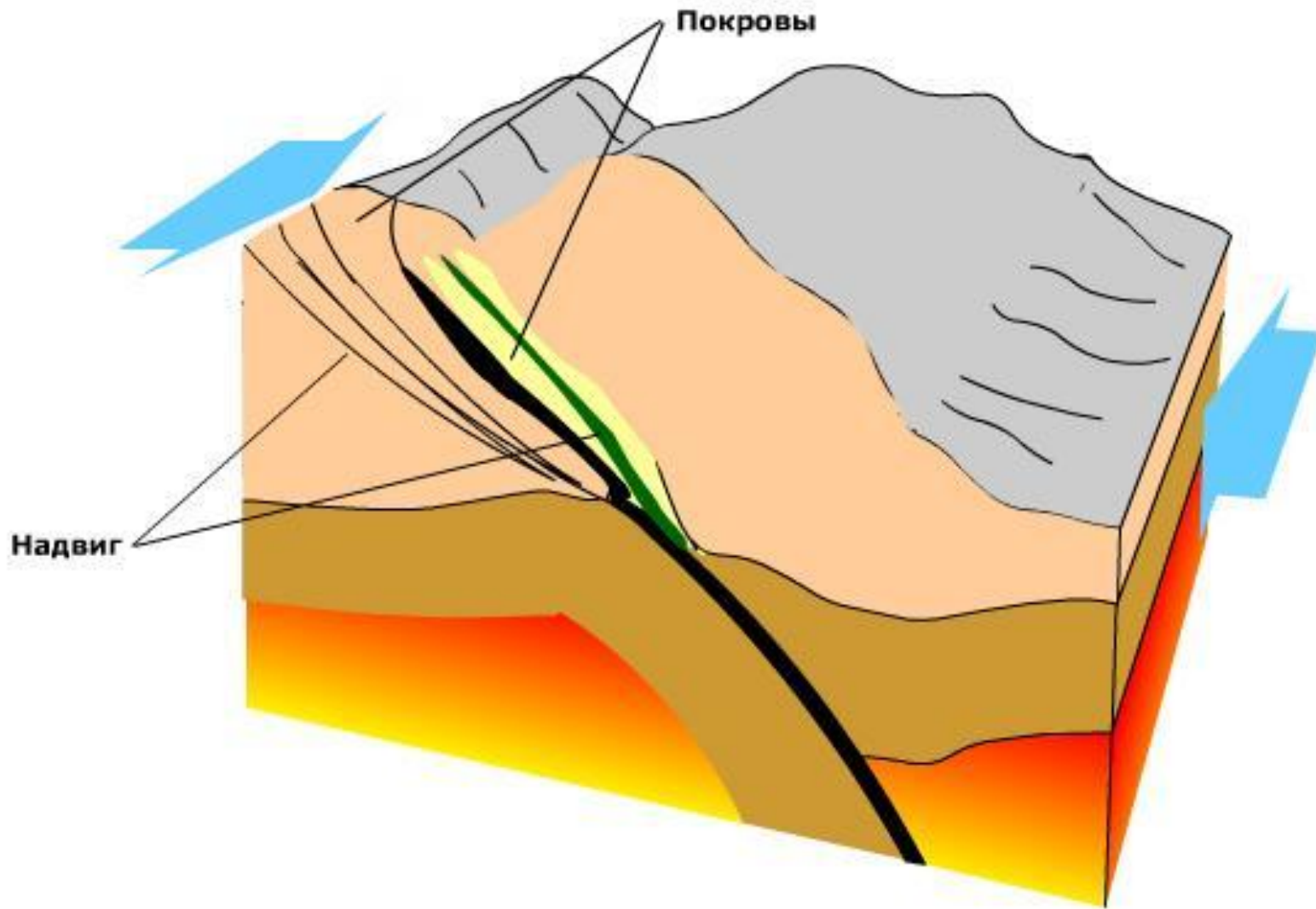
2б. Океаническая плита погружается под океаническую



# Зоны активного вулканизма – Тихоокеанское огненное кольцо



# 2в. Сближение континентальных плит (коллизия)





# Индостан



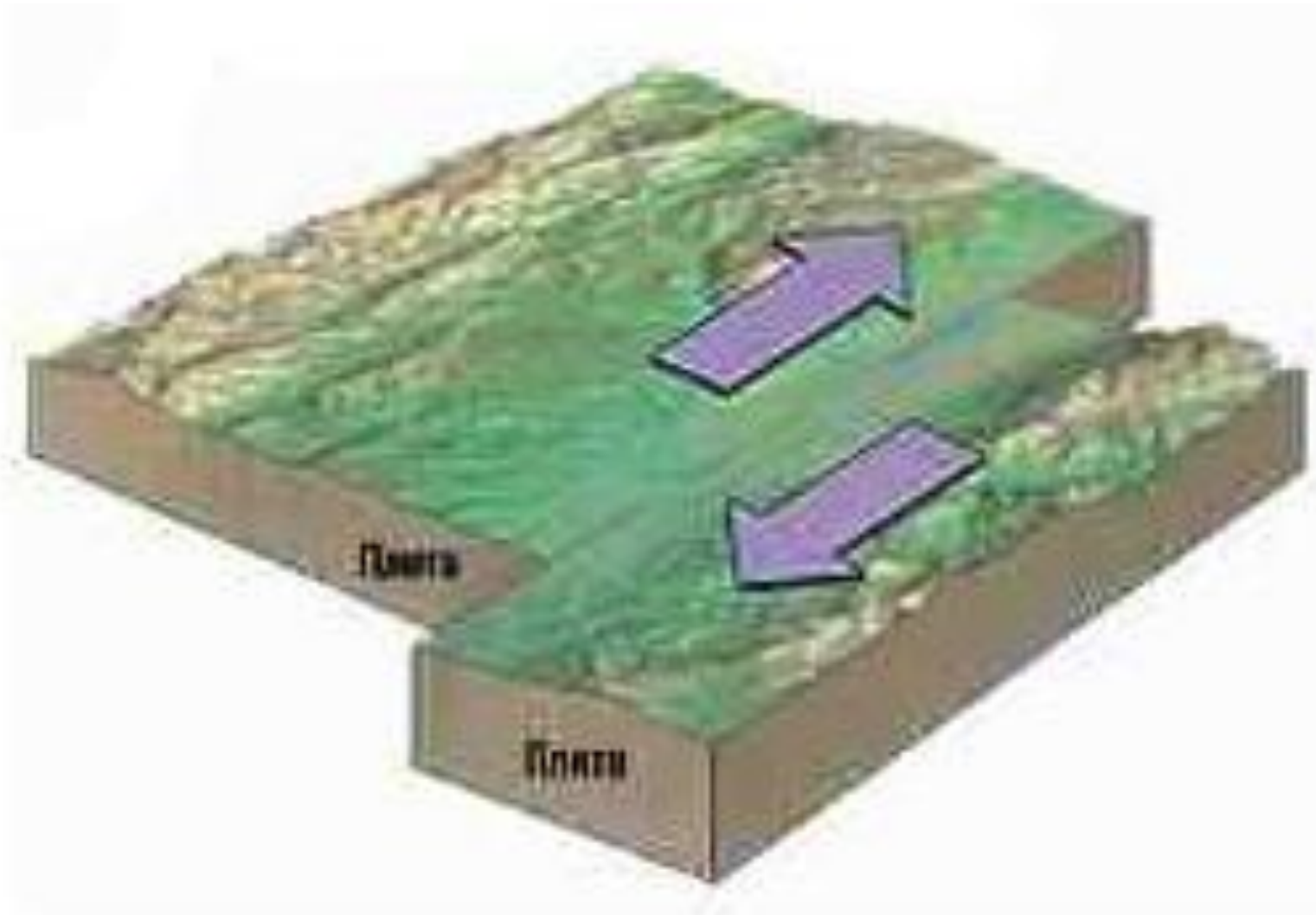
Тибет

# Гималаи



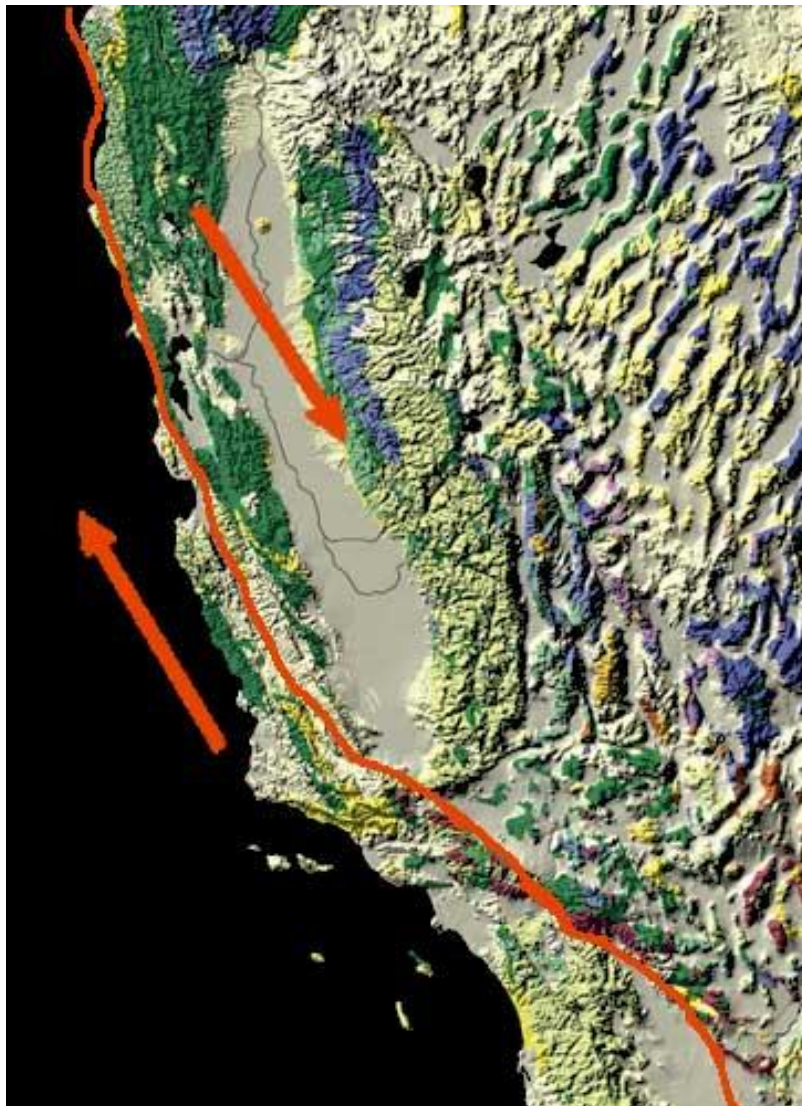


### 3. Граница скольжения (трансформная)



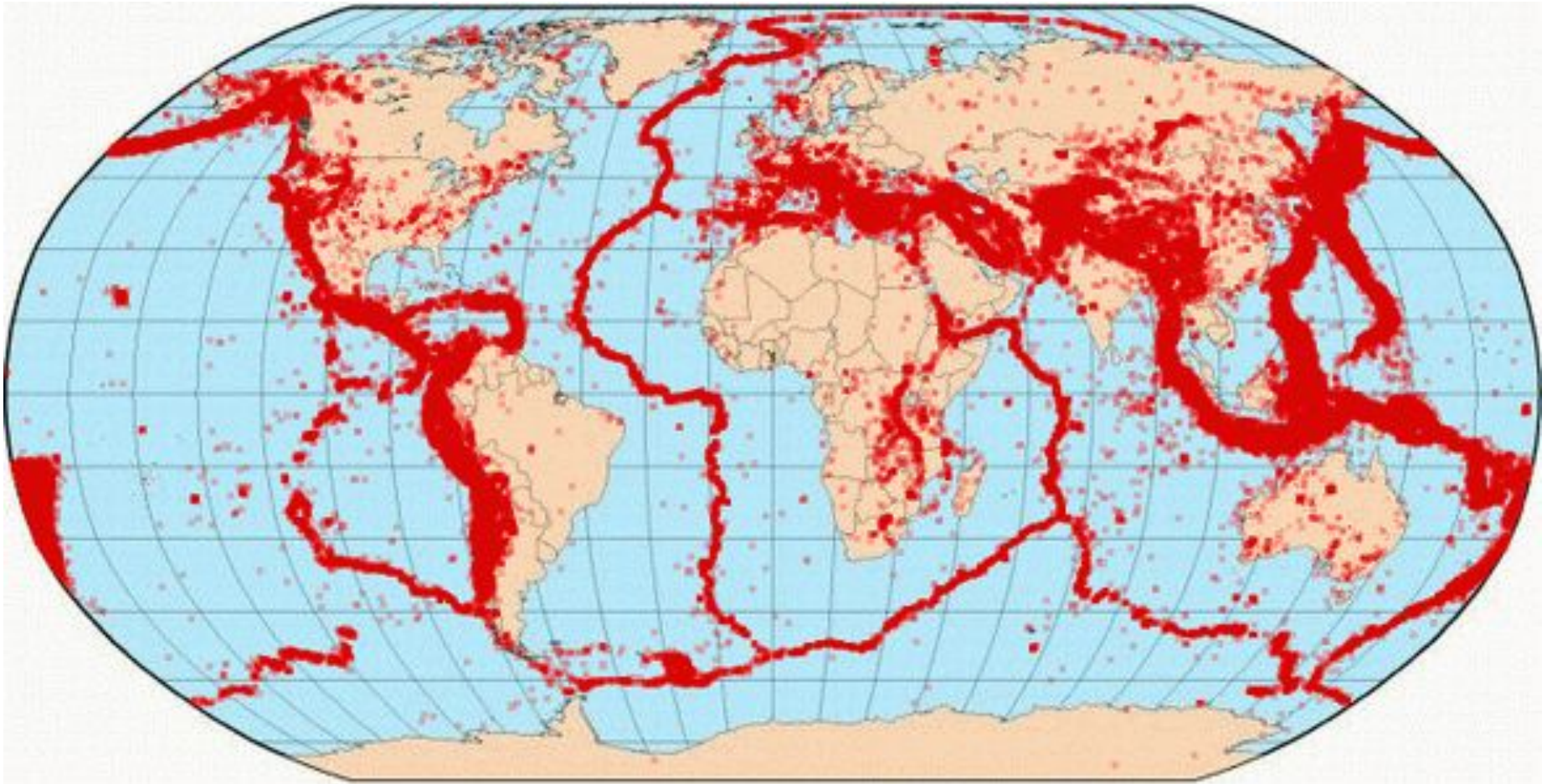


# Разлом Сан-Андреас, Калифорния

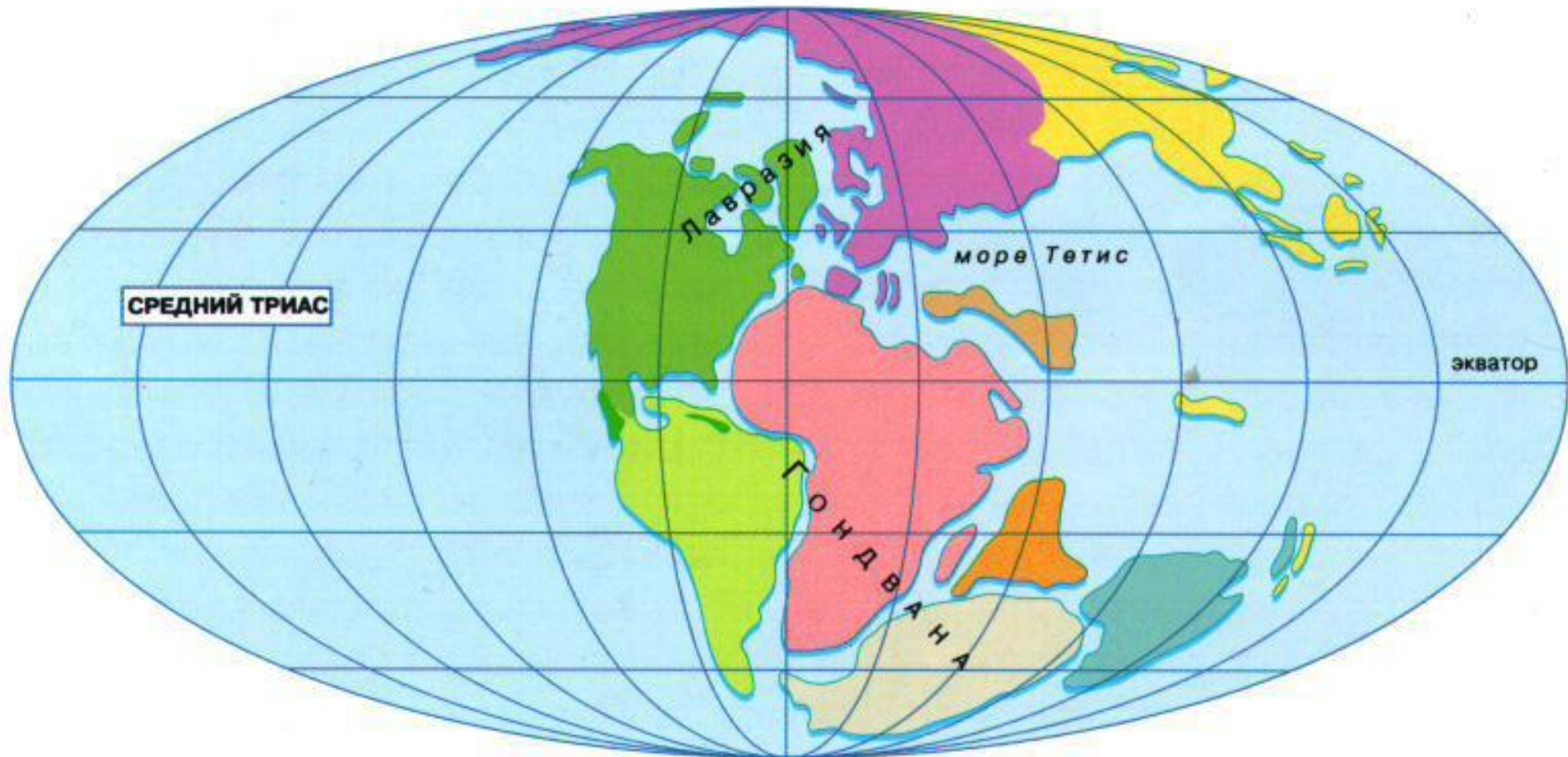




# Зоны землетрясений

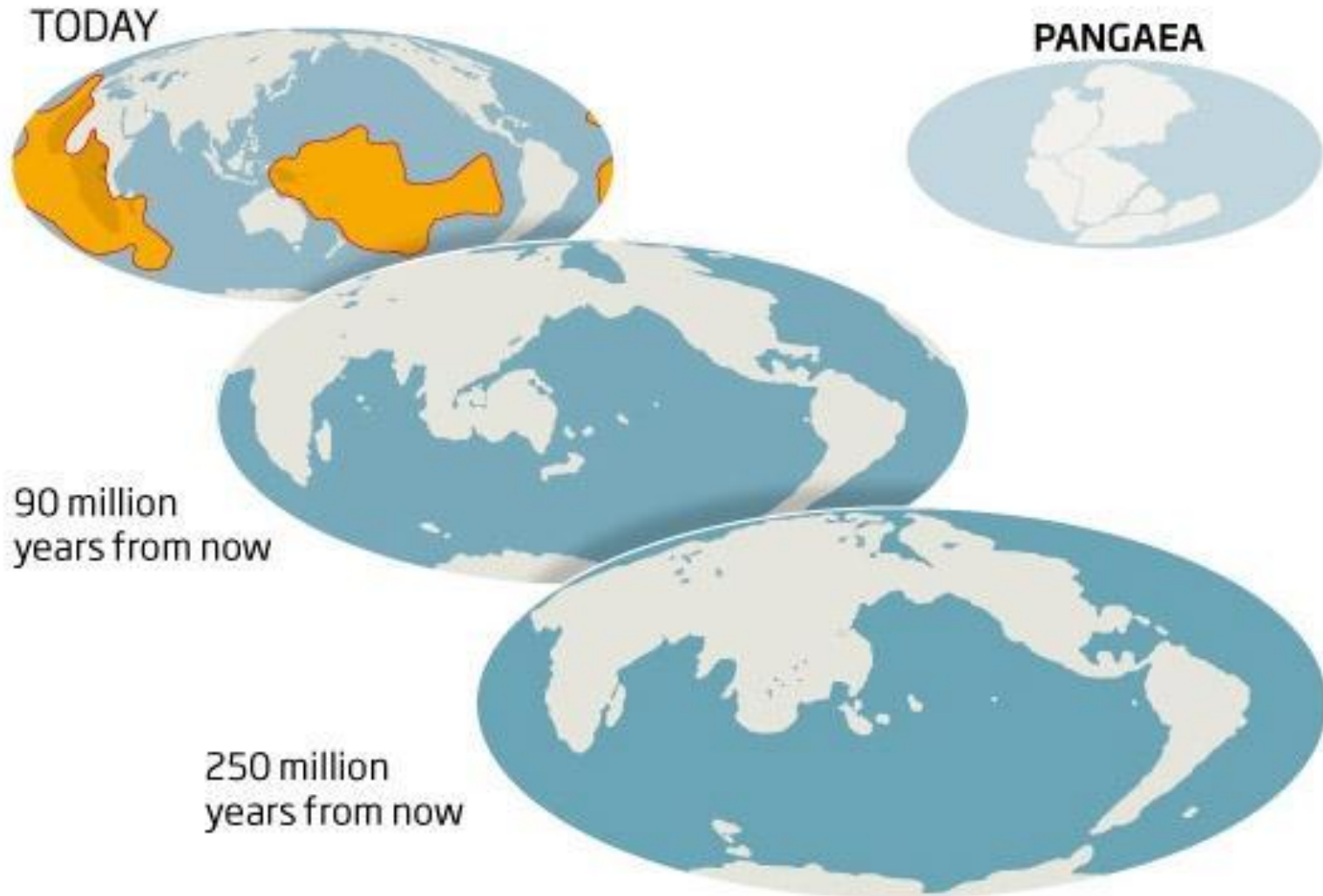


# Пангея





# 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

