

Новая тема:

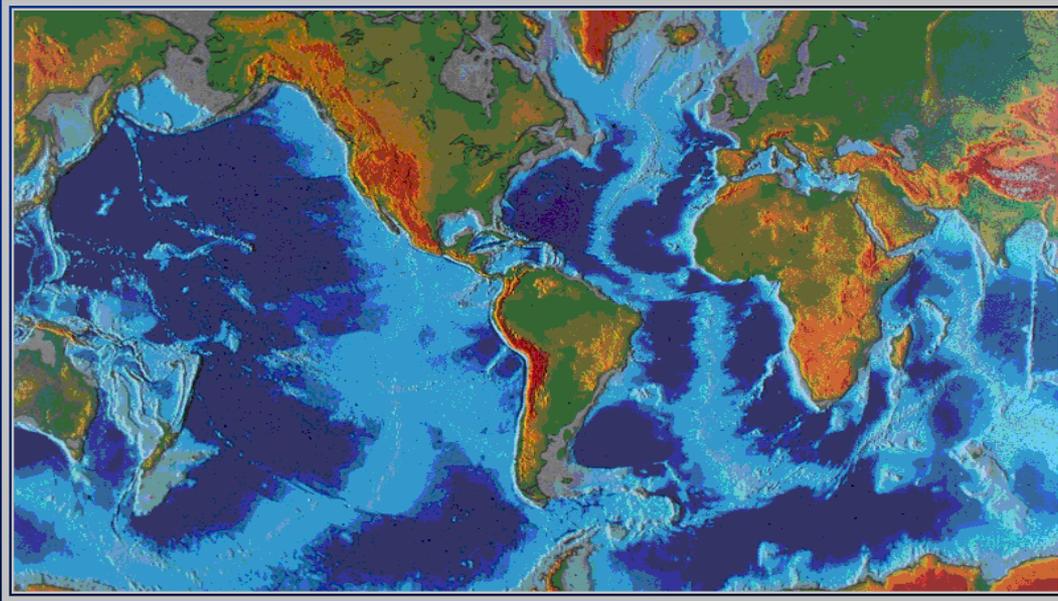
**МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ ОКЕАНОВ И
ПРОИСХОЖДЕНИЕ ТОЛЕИТОВЫХ СЕРИЙ МОРВ**

Лекция № 11

**ОСНОВЫ ГЕОЛОГИИ ОКЕАНОВ И ОСОБЕННОСТИ
ОКЕАНИЧЕСКОГО МАГМАТИЗМА**



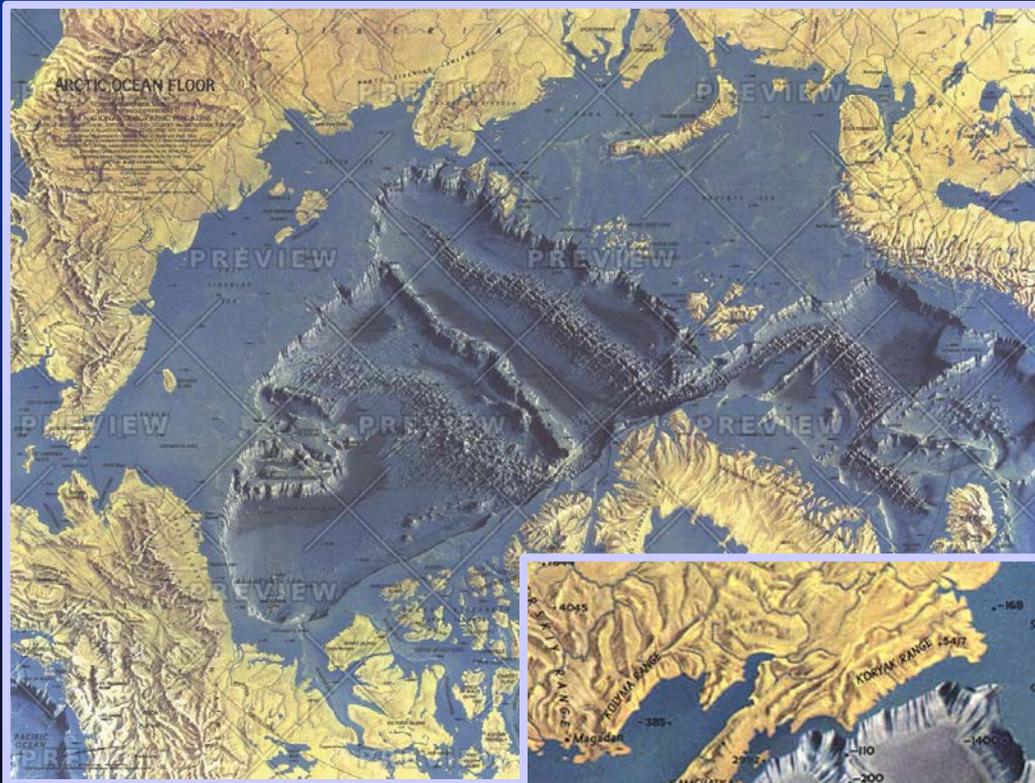
ОСНОВЫ ГЕОЛОГИИ ОКЕАНОВ



Главные тектоно-морфологические типы океанических областей:

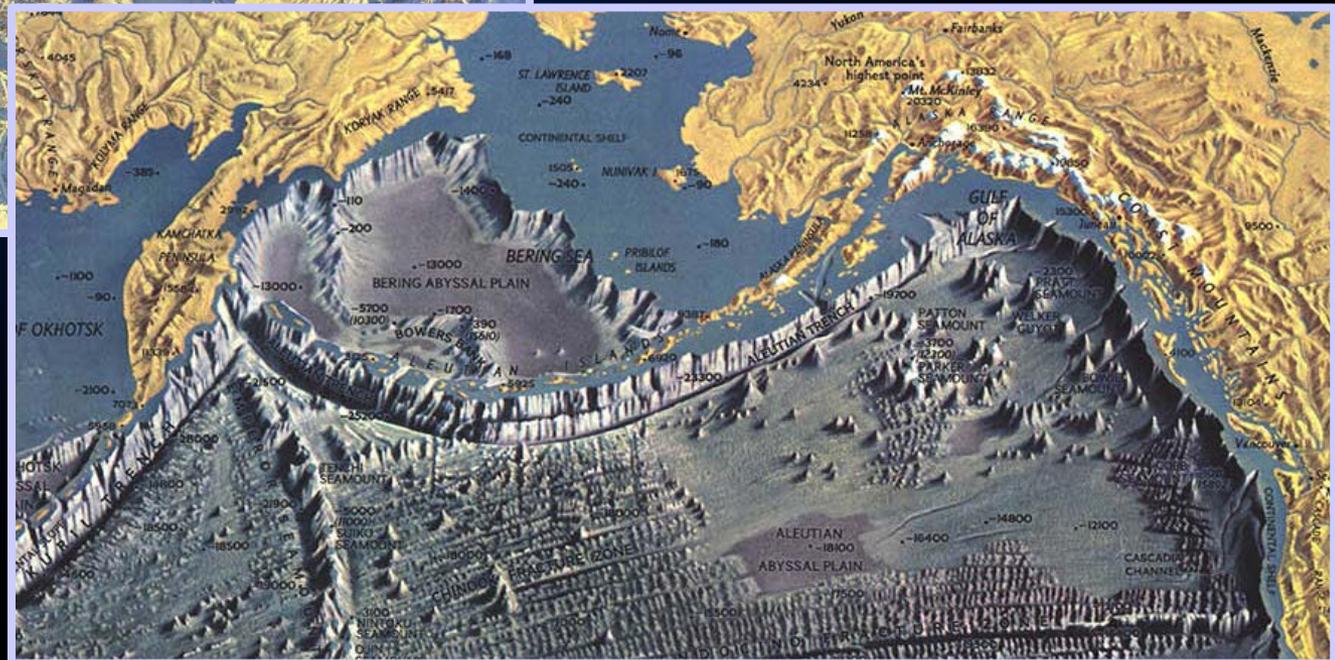
- океанические котловины (абиссальные равнины)
- океанические хребты
- глубоководные желоба в зонах сочленения
- океан-океан и
- океан-континент (континентальные окраины)

1. Океанические котловины



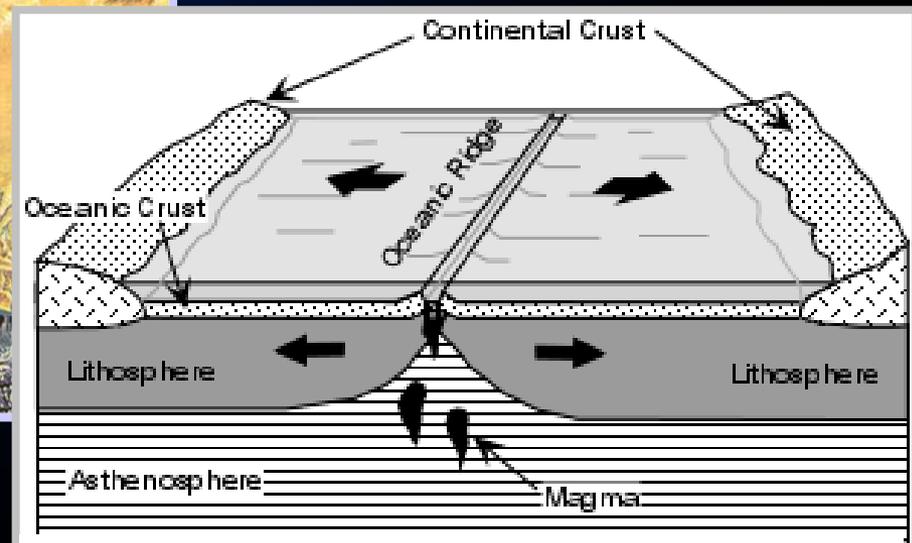
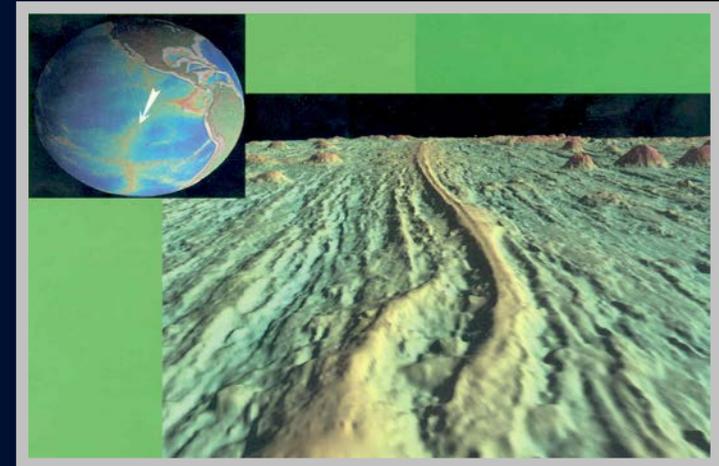
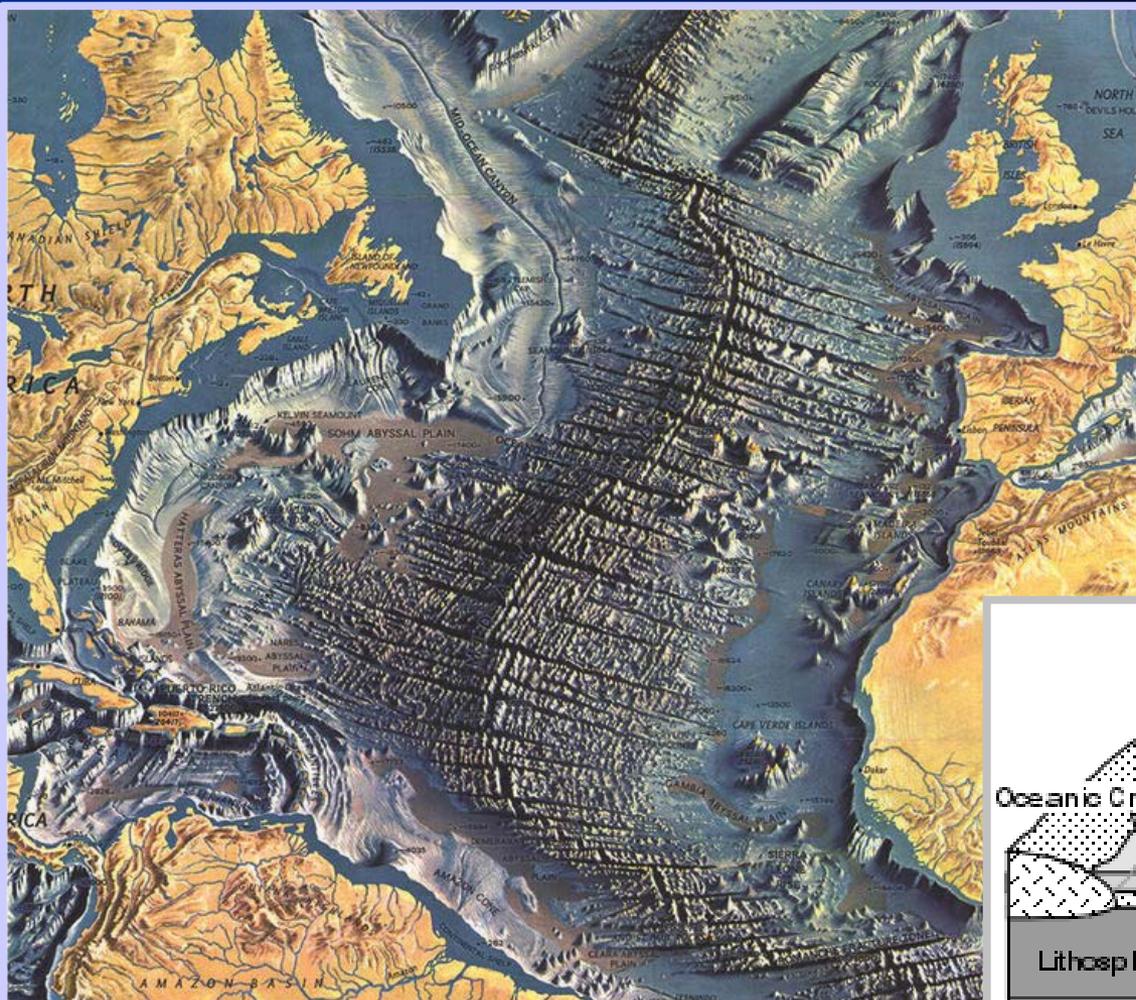
Арктический океан

Северная часть Тихого океана



2. Океанические хребты

Морфология хребтов

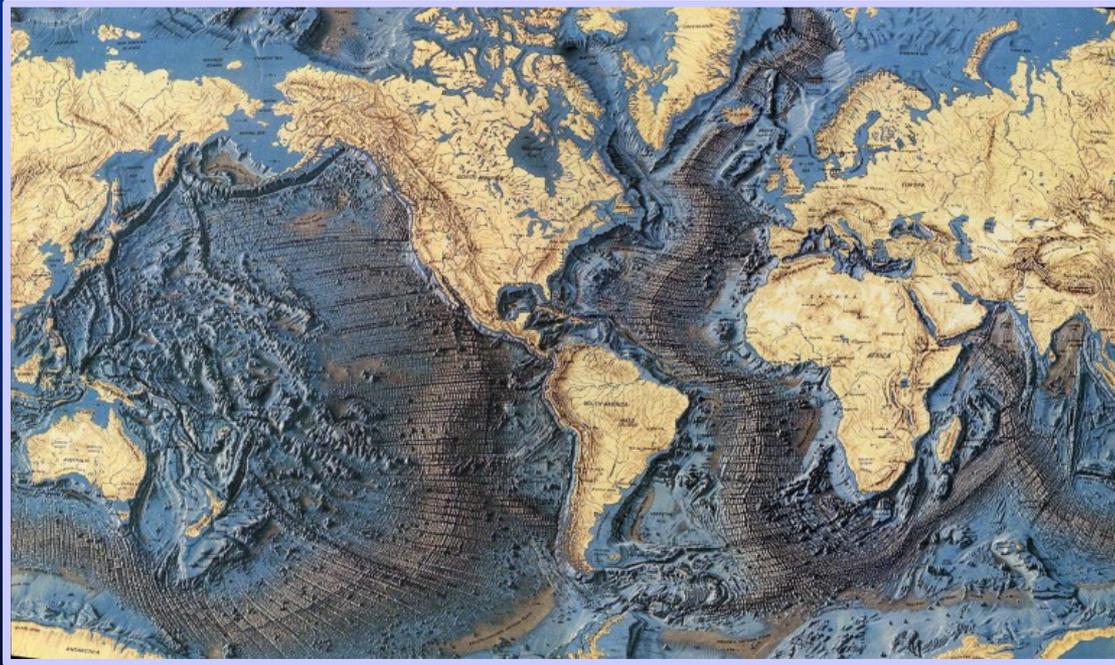


Центральная и северная
часть Атлантики

Схема строения
зоны спрединга

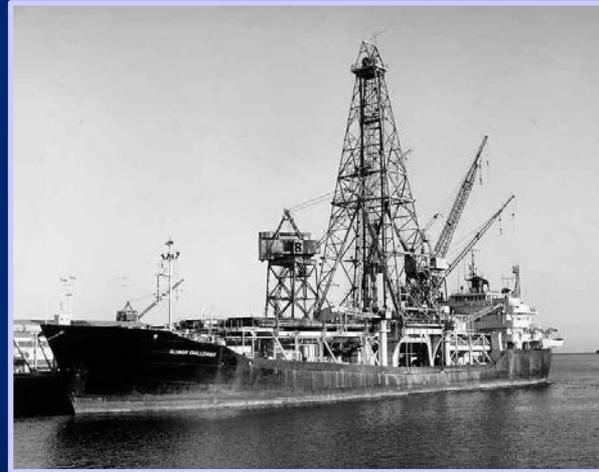
Дивергентная граница океанических плит

Главные направления исследований океанов



- Глубинные батиметрические исследования
- Измерения теплового потока
- Опробование океанических пород
(драгировки дна и бурение океанической коры)
- Состав и условия образования пород

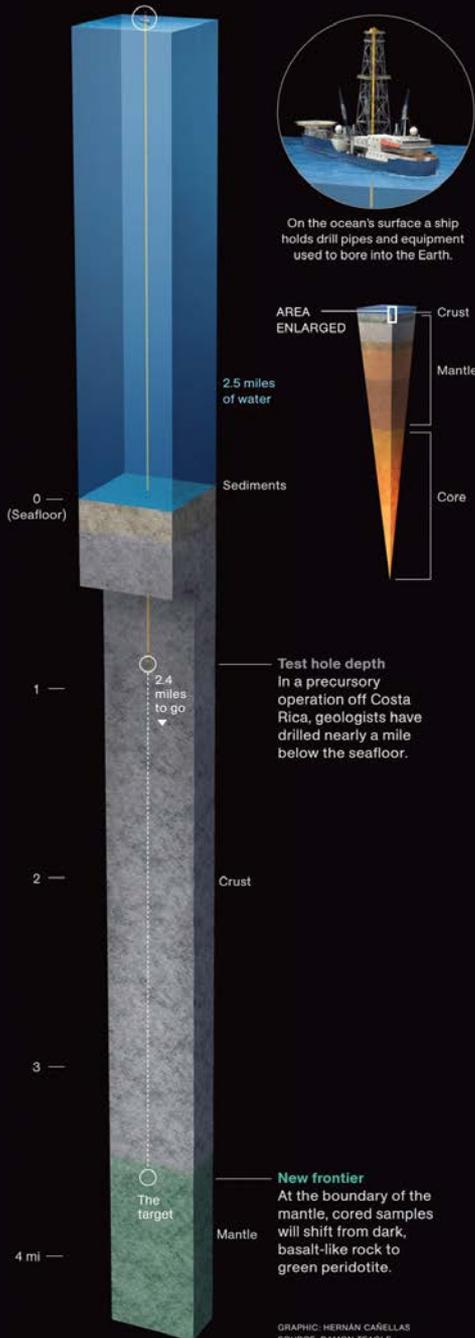
Значение международных проектов бурения океанического дна



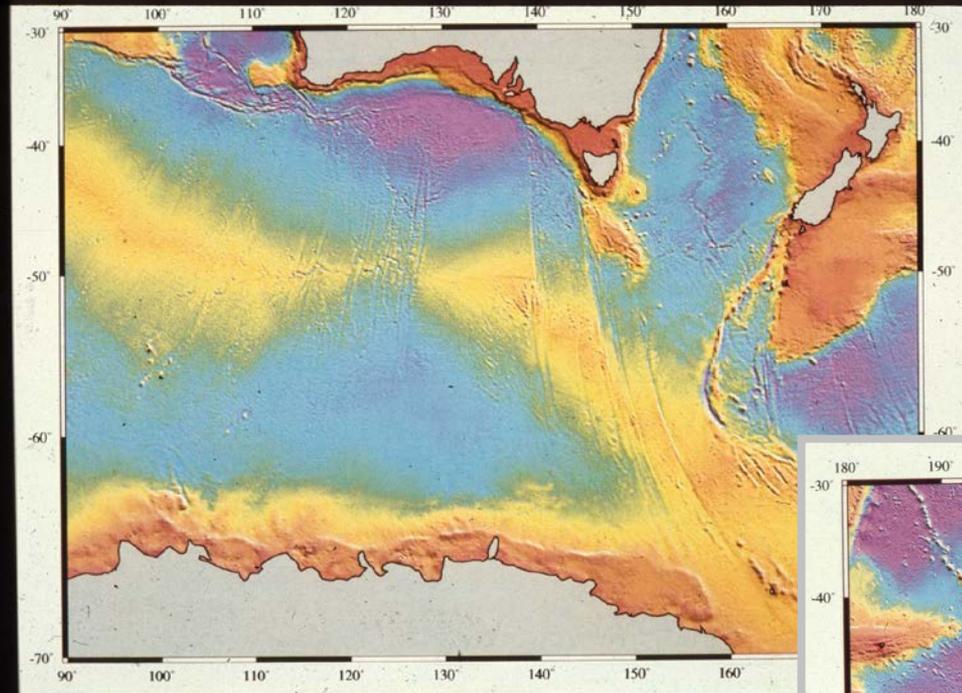
Glomar Challenger (1967)



JOIDES Resolution

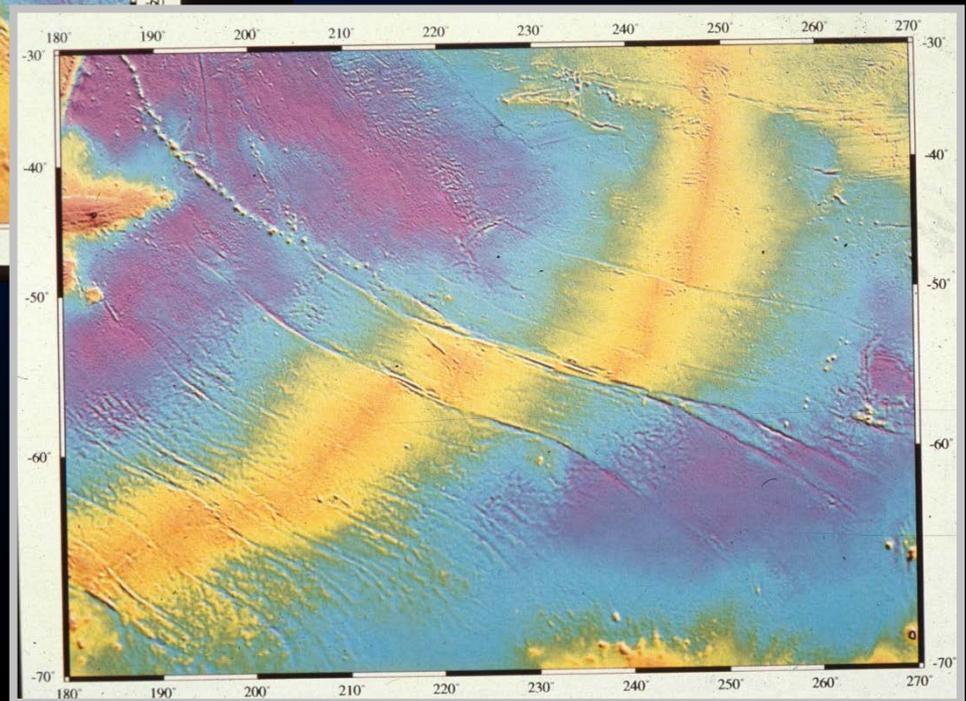


Примеры батиметрии океанических областей

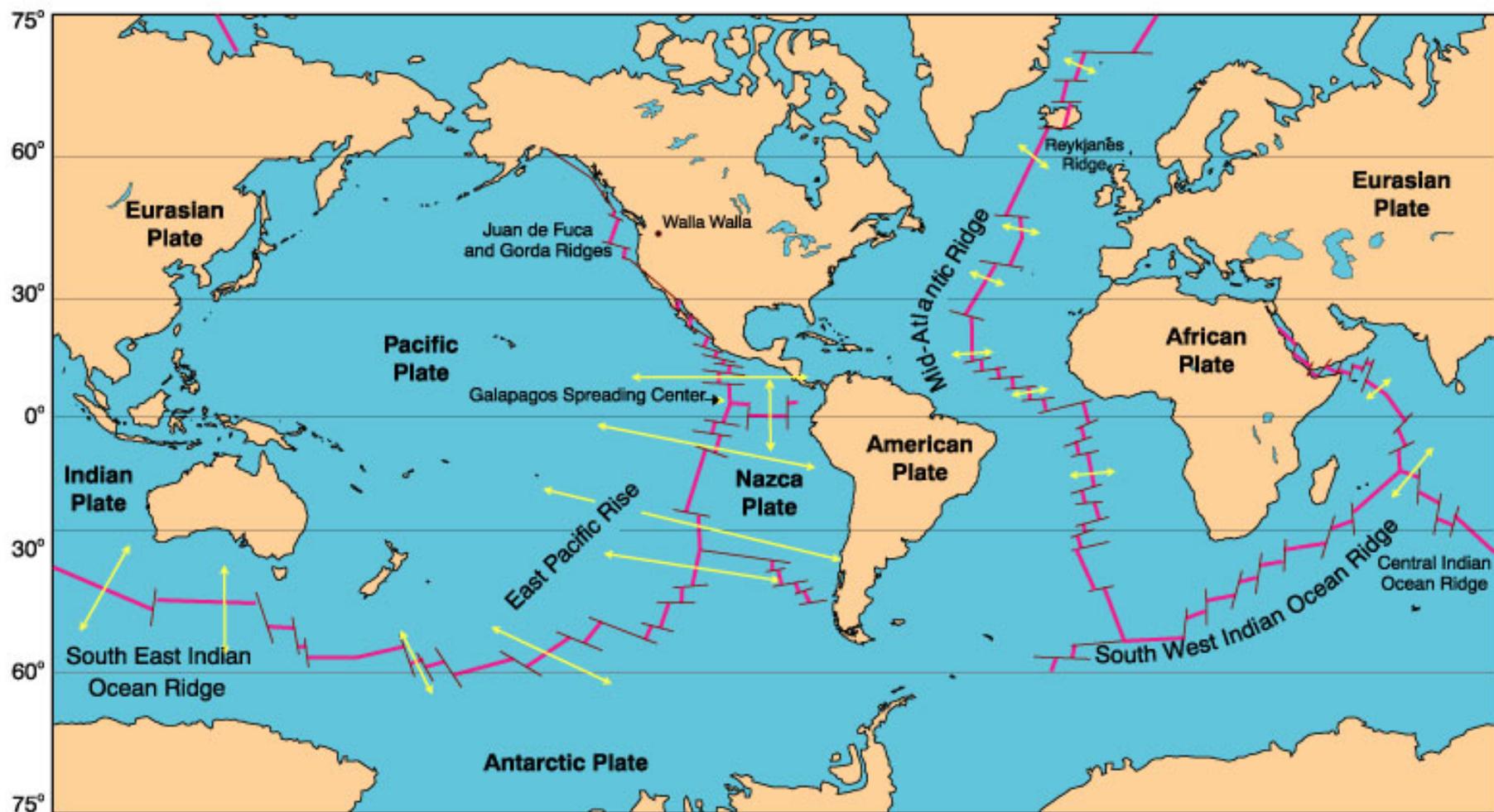


Рельеф дна антарктических морей Тихого океана

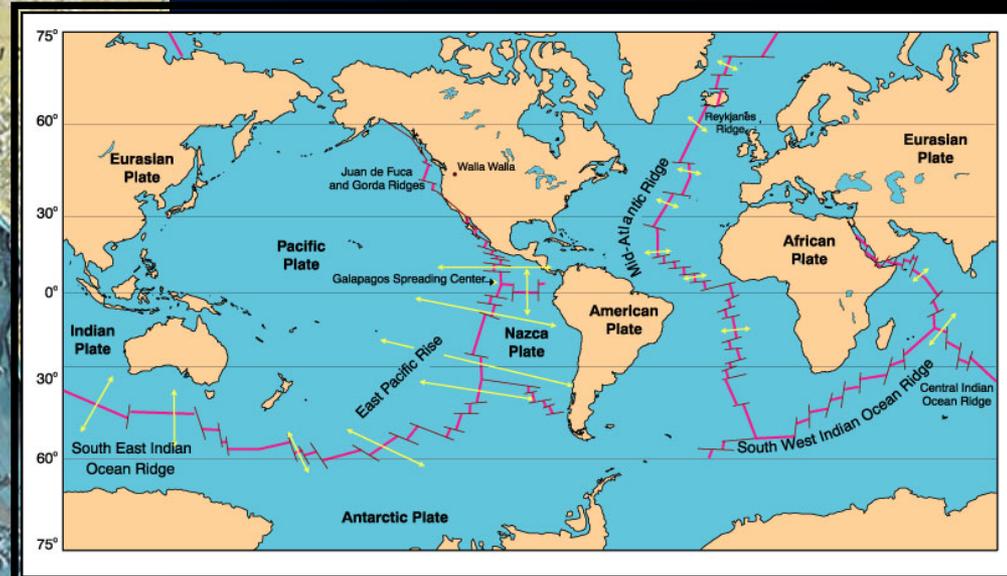
Трансформные разломы
Восточно-Антарктического
хребта



Мировая Система срединно-океанических хребтов

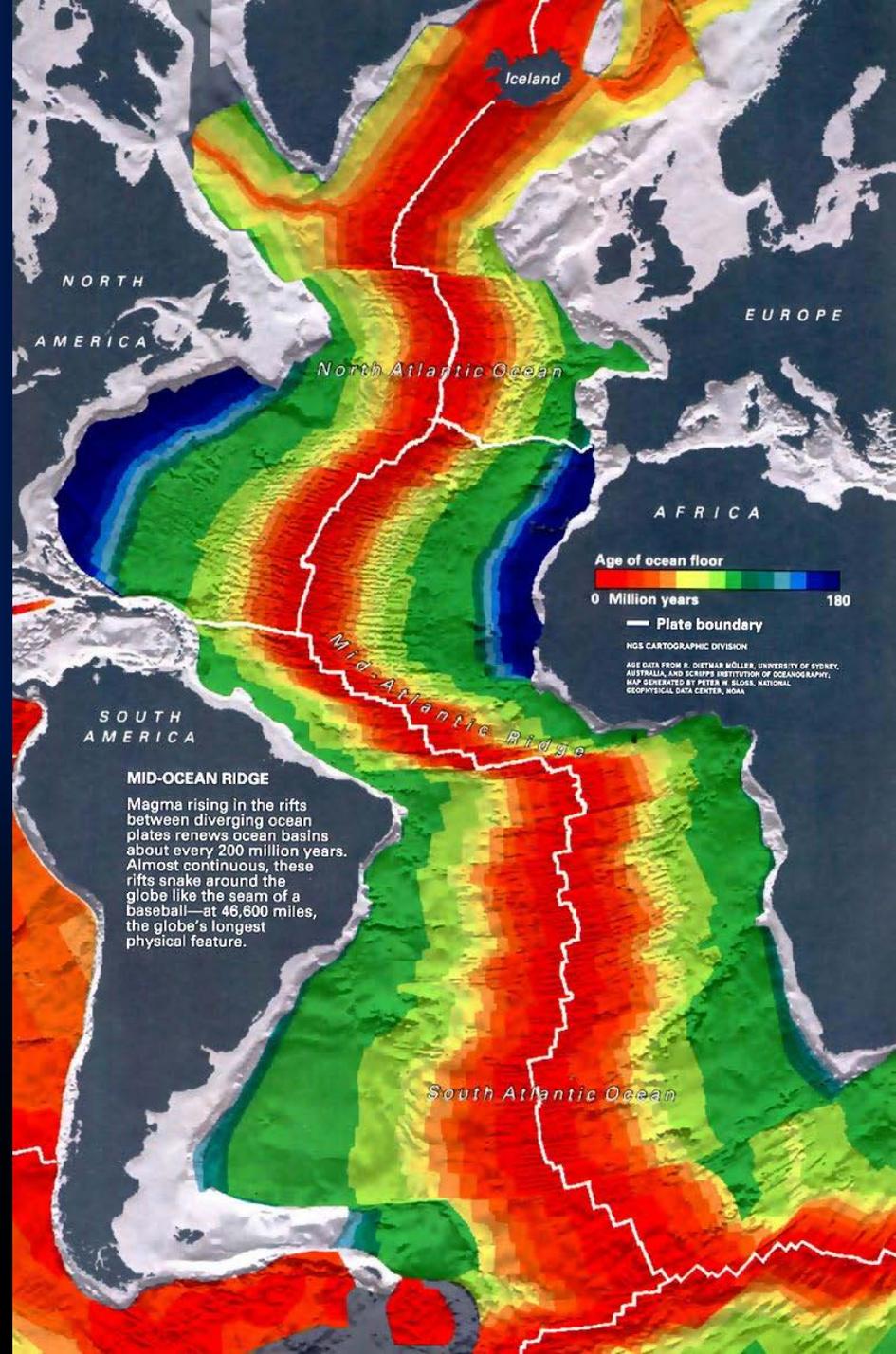


Срединно- Атлантический хребет



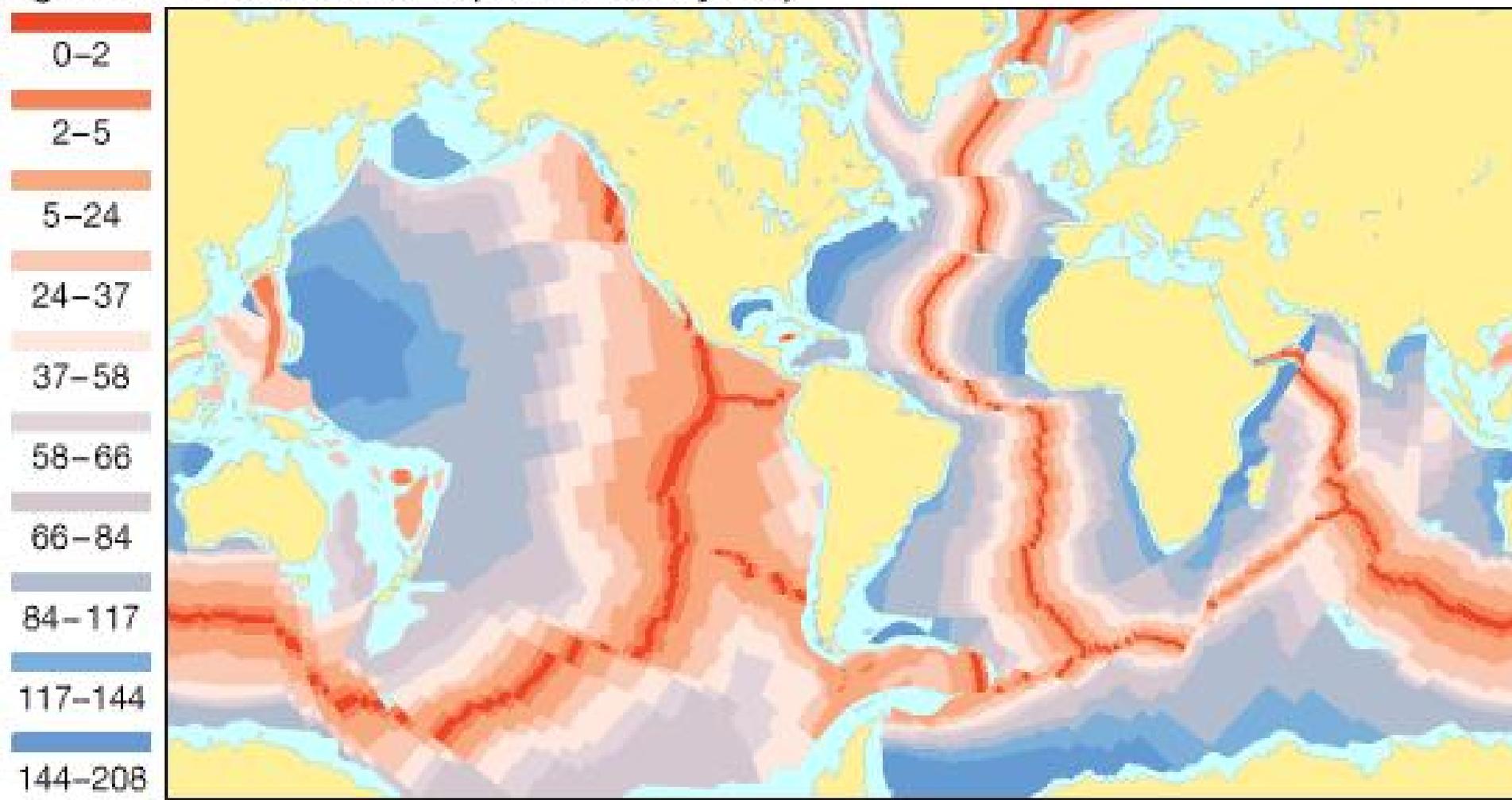
Мировая система Срединно-океанических
хребтов

Базальтовые лавы и возраст пород Атлантического океана



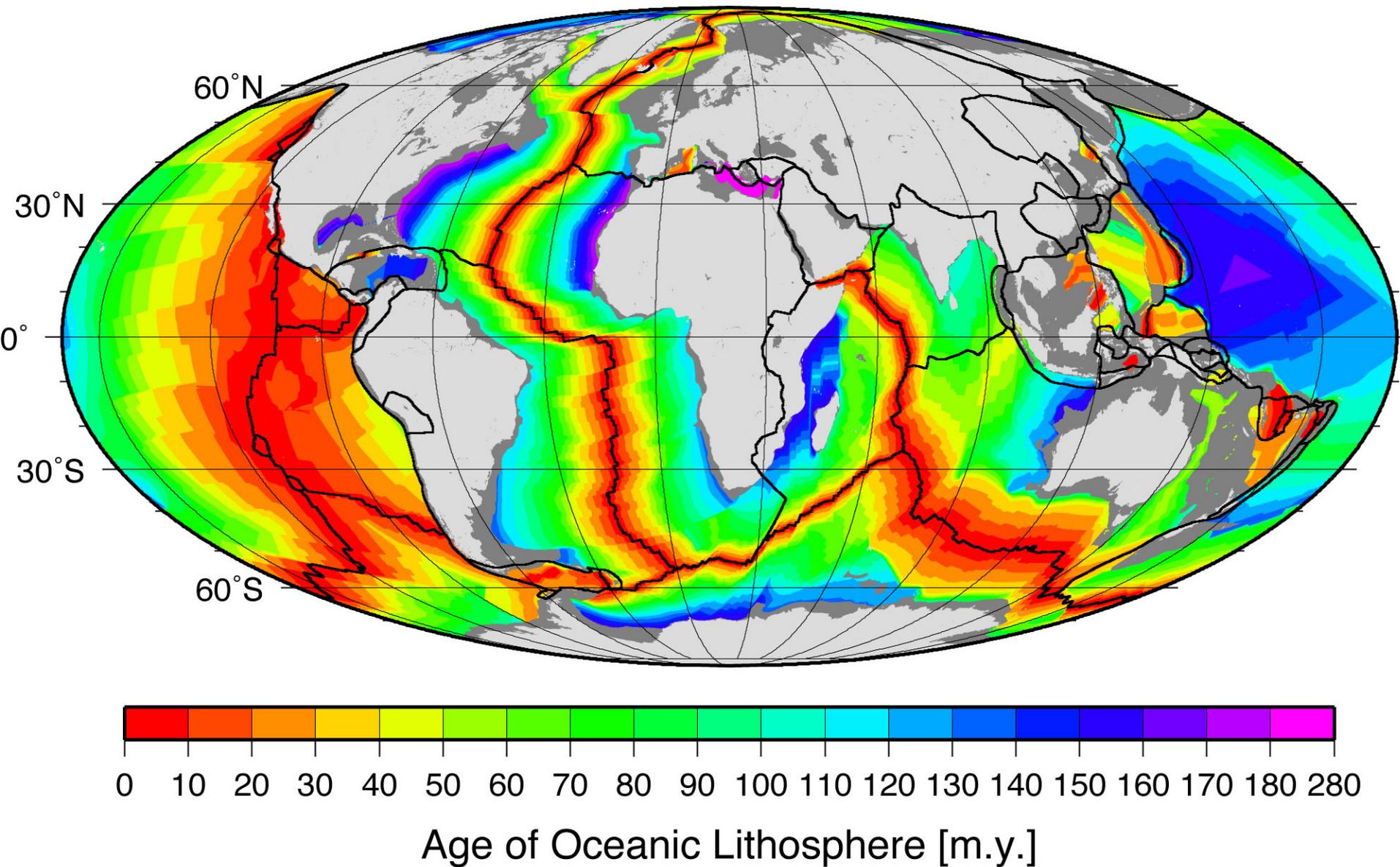
Возраст пород Мирового океана

Age of Earth's oceanic crust (in millions of years)



© 2007 Encyclopædia Britannica, Inc.

Возраст пород Мирового океана



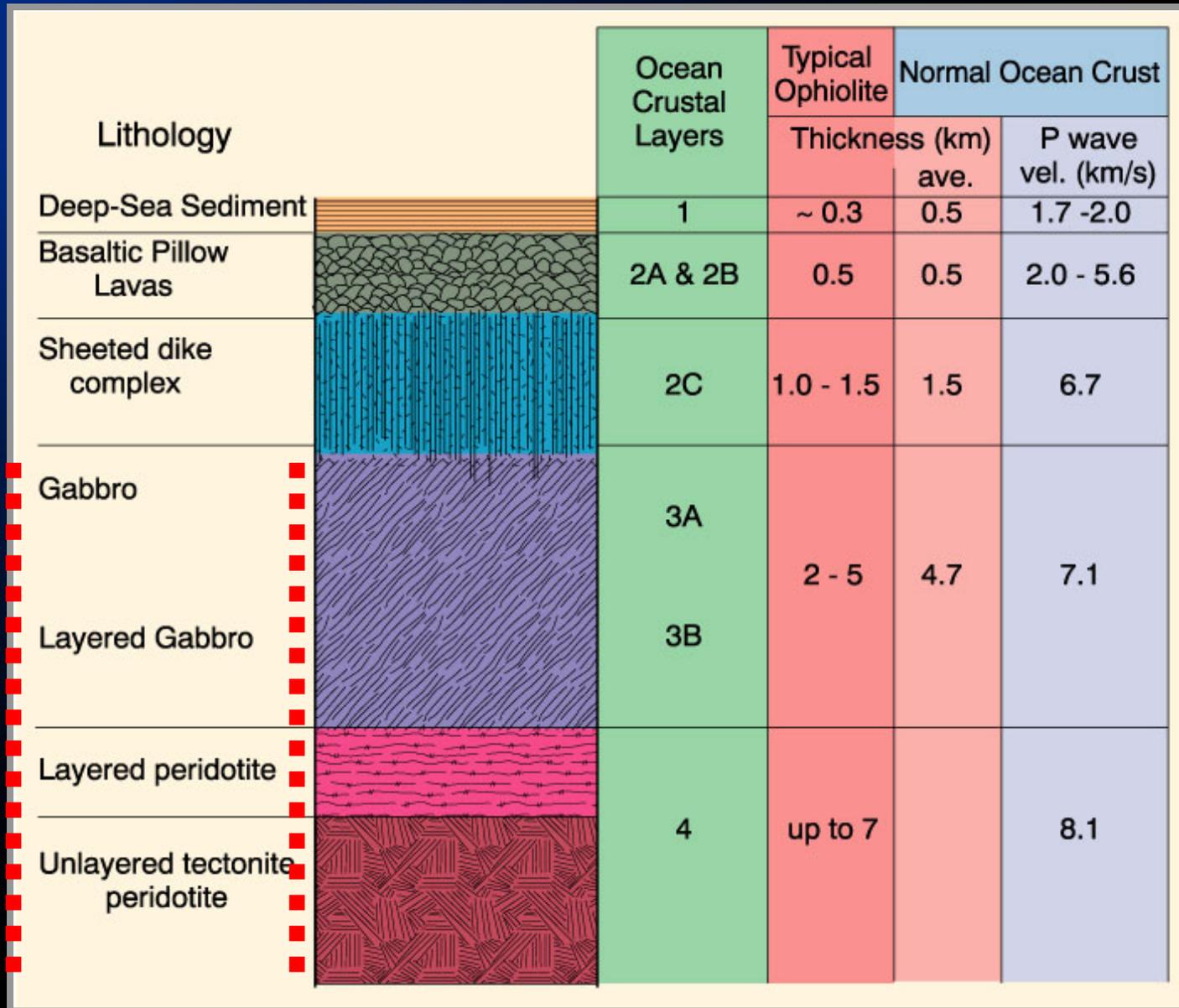
Каноническое строение океанической коры

I. Глубоководные осадки

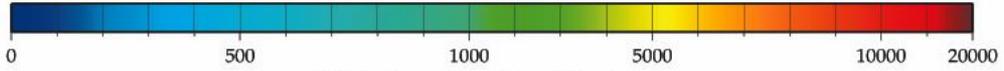
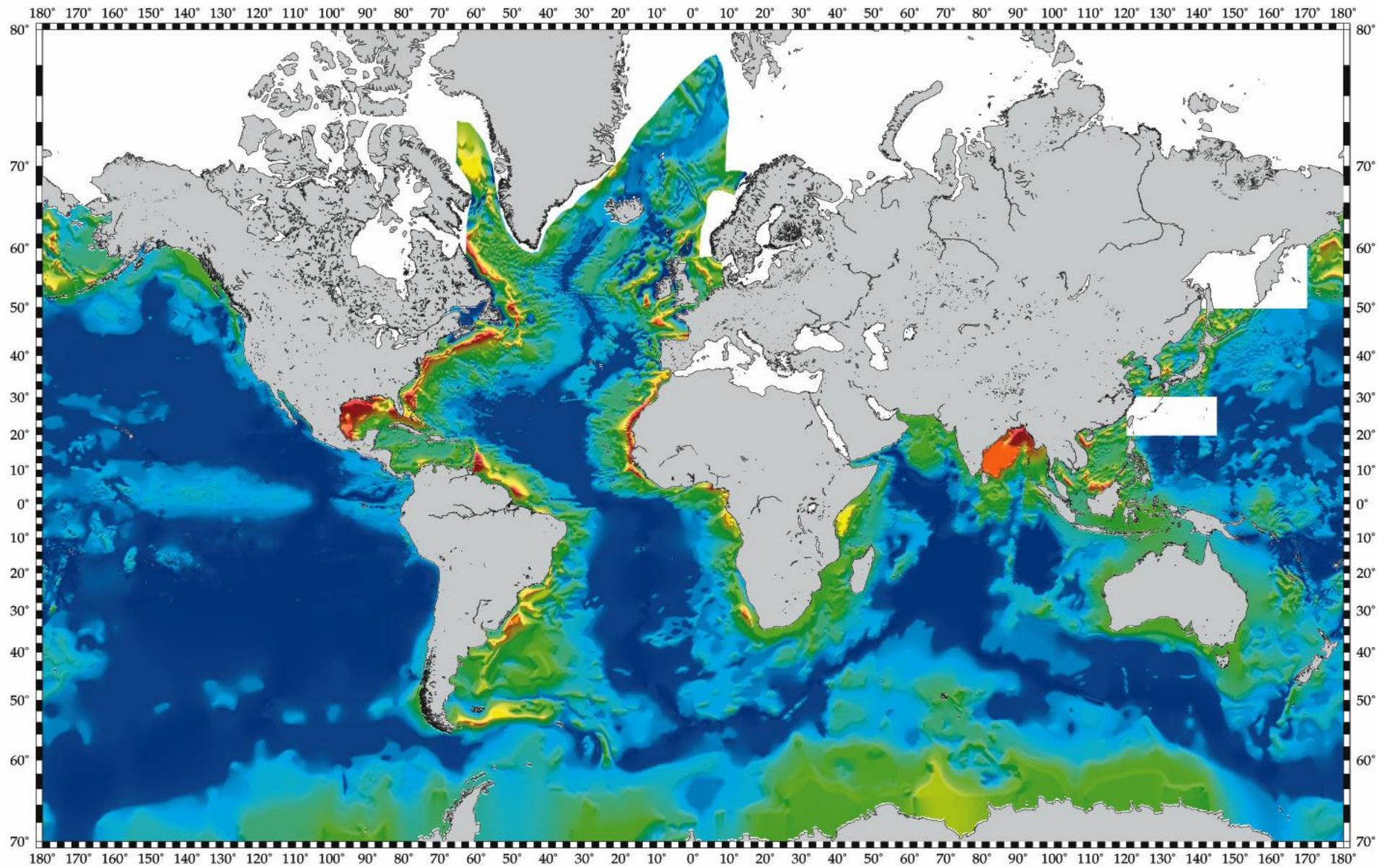
II. Пиллоу-лавы и дайковый комплекс

III. Изотропные и расслоенные габбро

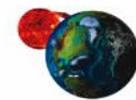
IV. Расслоенные и тектонизированные перидотиты



Total Sediment Thickness of the World's Oceans & Marginal Seas



Thickness in Meters



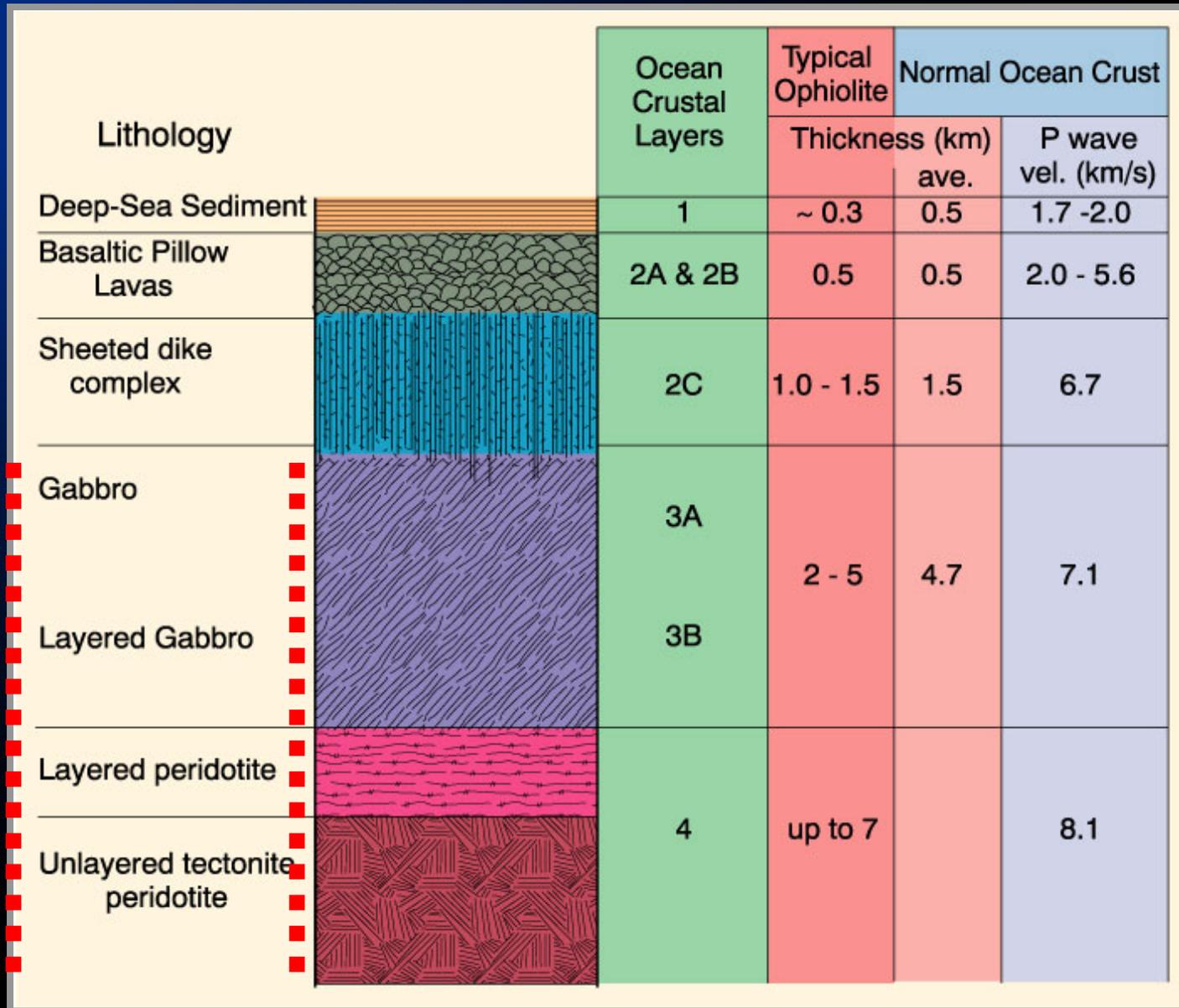
Каноническое строение океанической коры

I. Глубоководные осадки

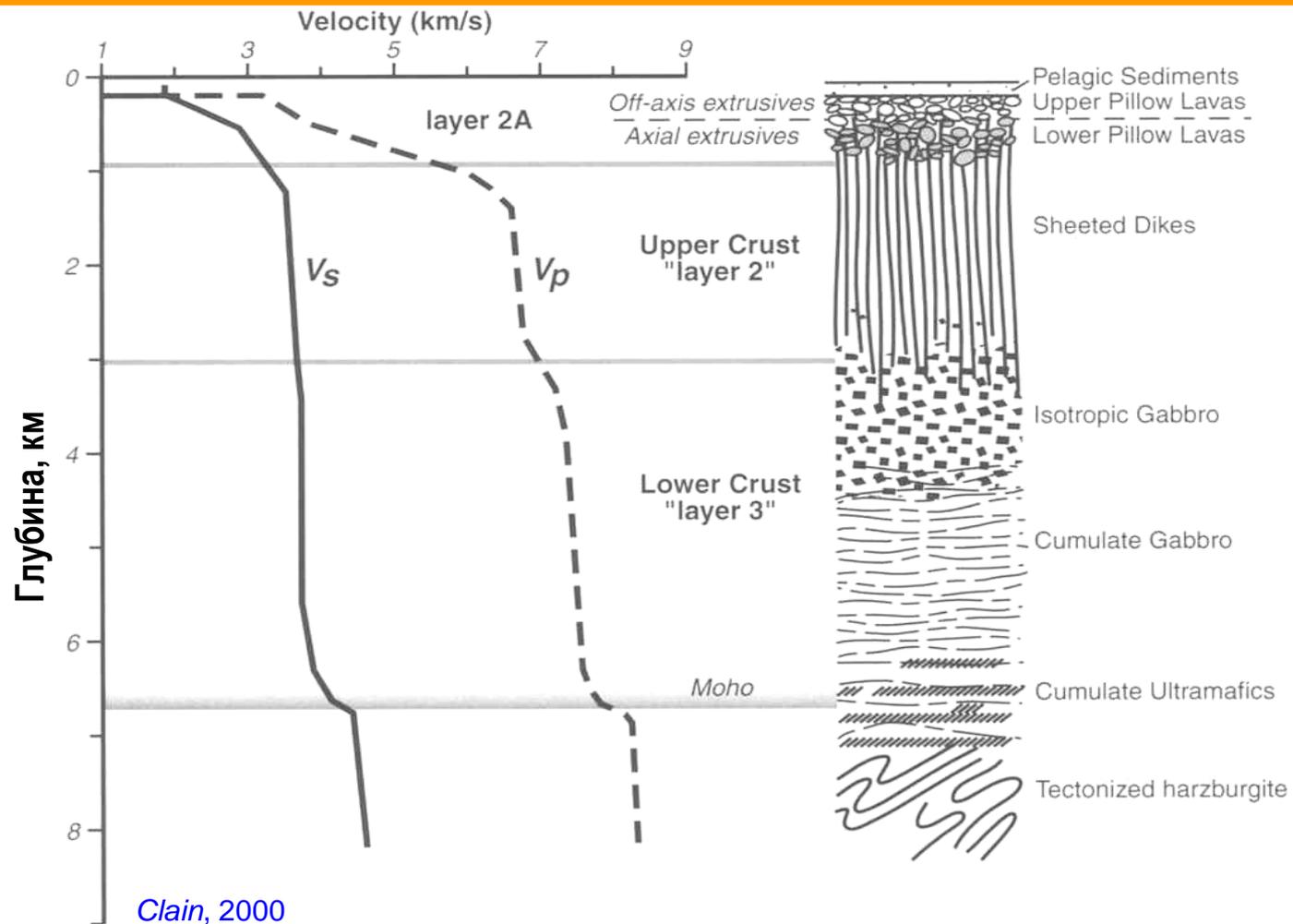
II. Пиллоу-лавы и дайковый комплекс

III. Изотропные и расслоенные габбро

IV. Расслоенные и тектонизированные перидотиты



Источники информации о строении коры: Скорости сейсмических волн



I (осадки)

IIa

IIb

III

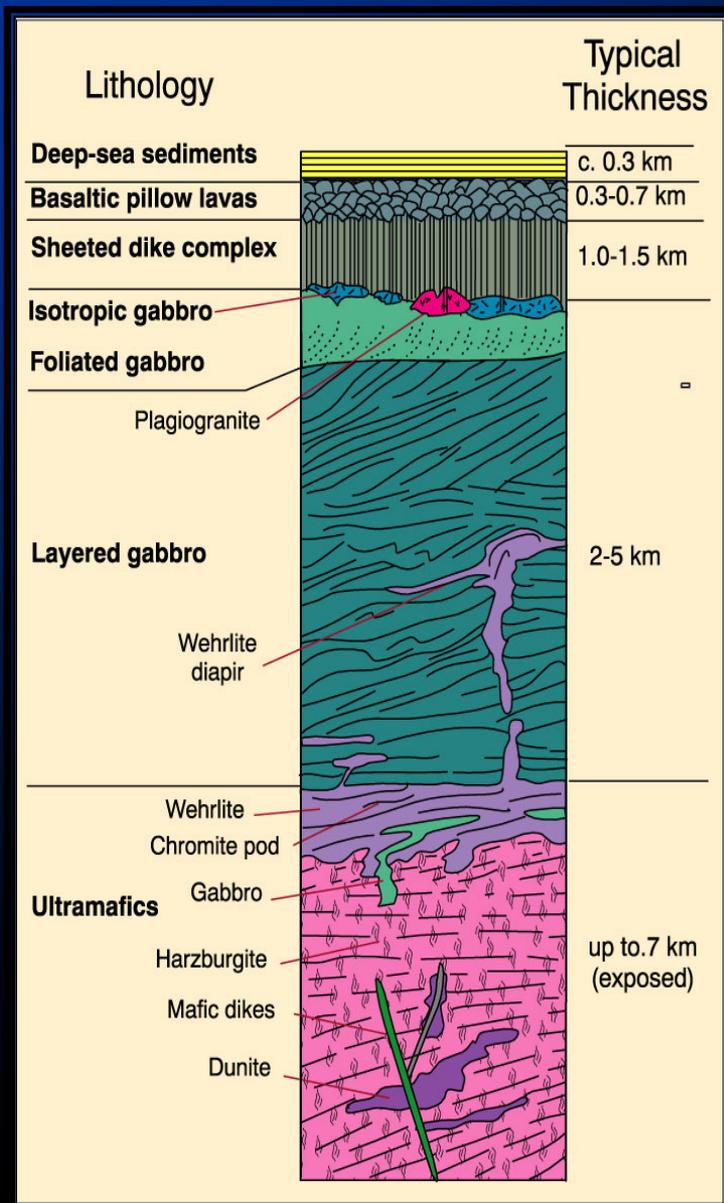
IV

**Магматический комплекс
океанической коры**

Источники информации: Оф иолитовый комплекс Омана как модель строения океанической коры



Офиолиты Омана: лавы, дайки, габбро, плагиограниты



Пиллоу-лавы



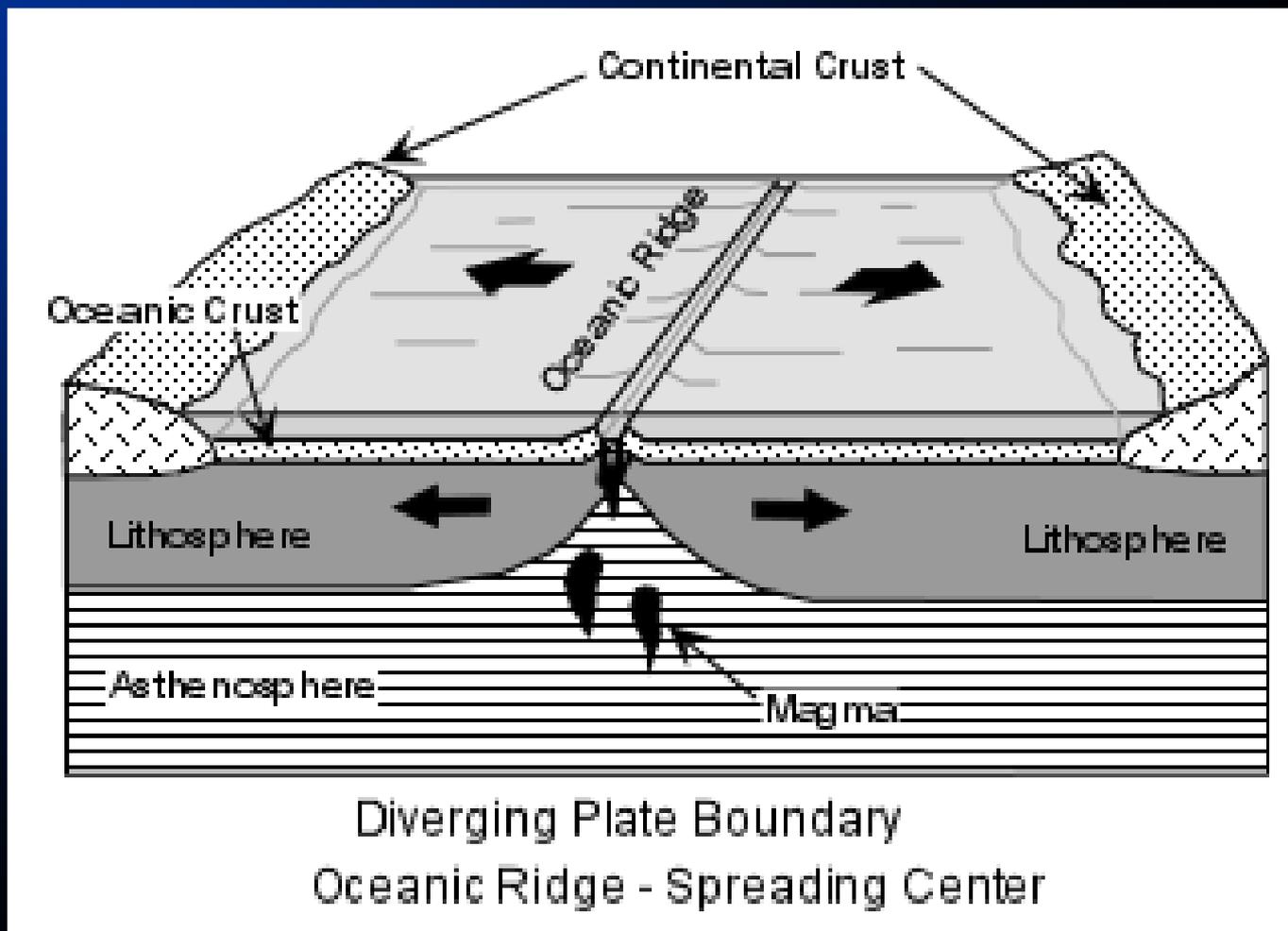
Дайки

Расслоенные габбро

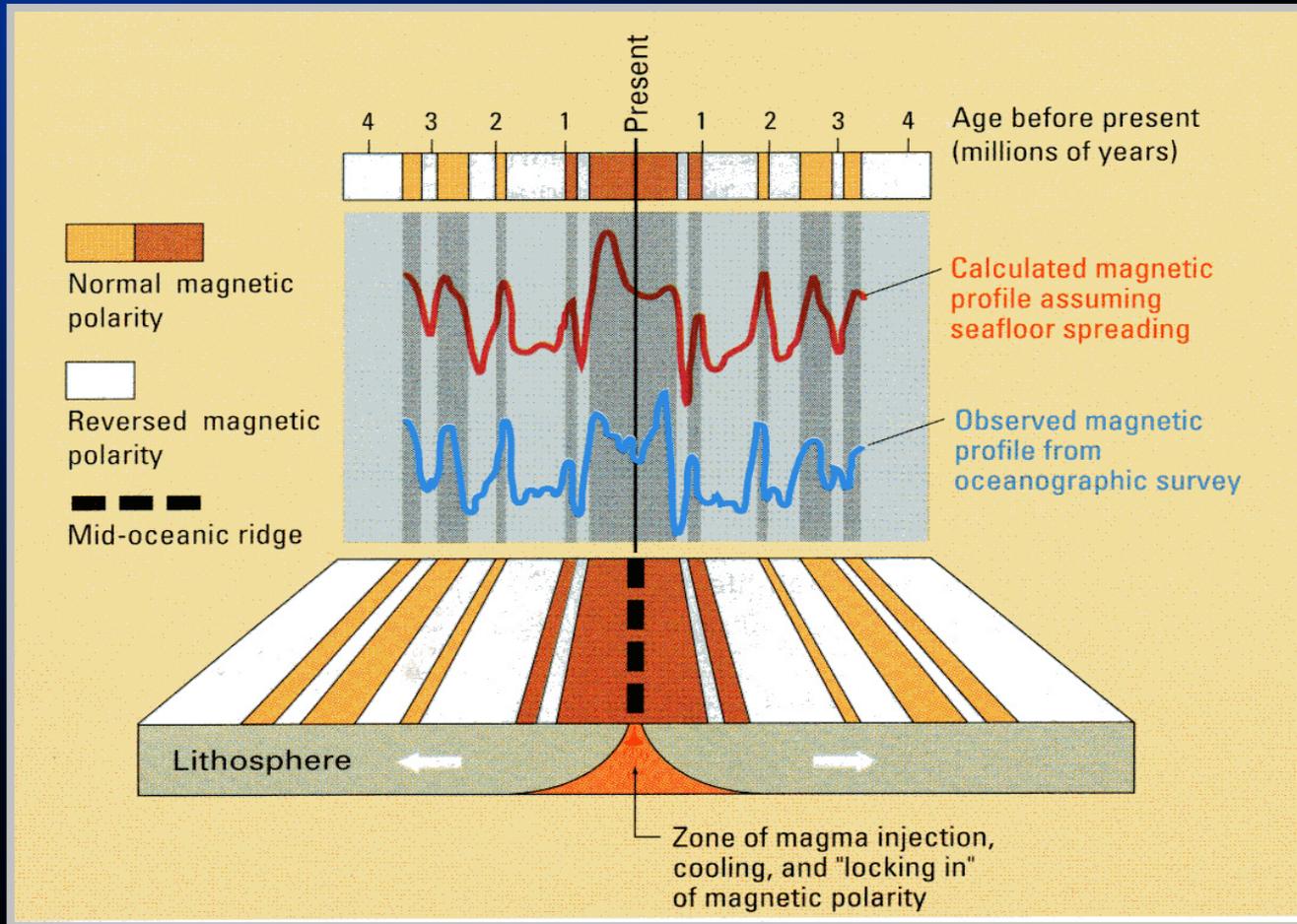


Жильные
плагиограниты

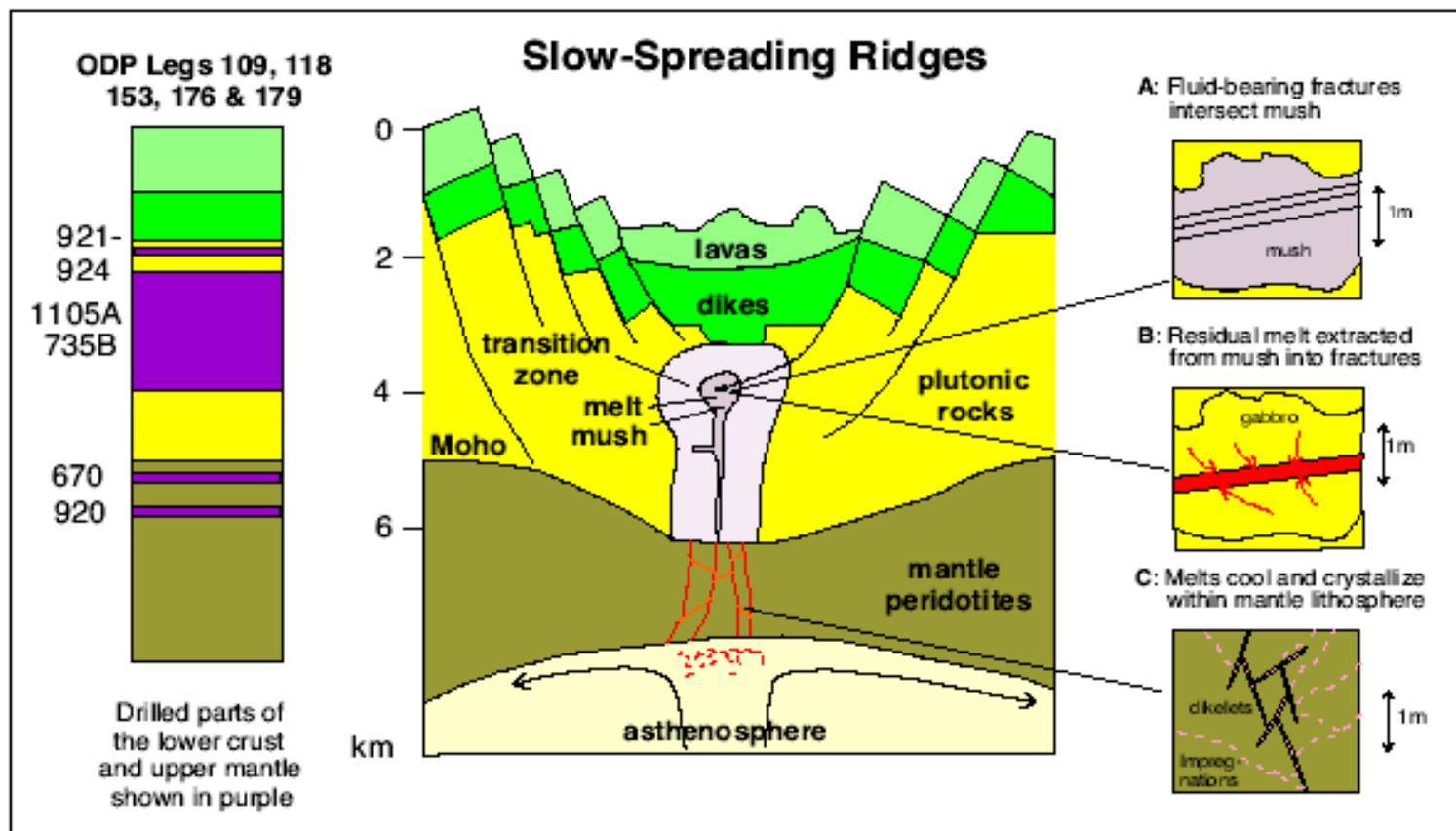
Классическая схема океанического спрединга



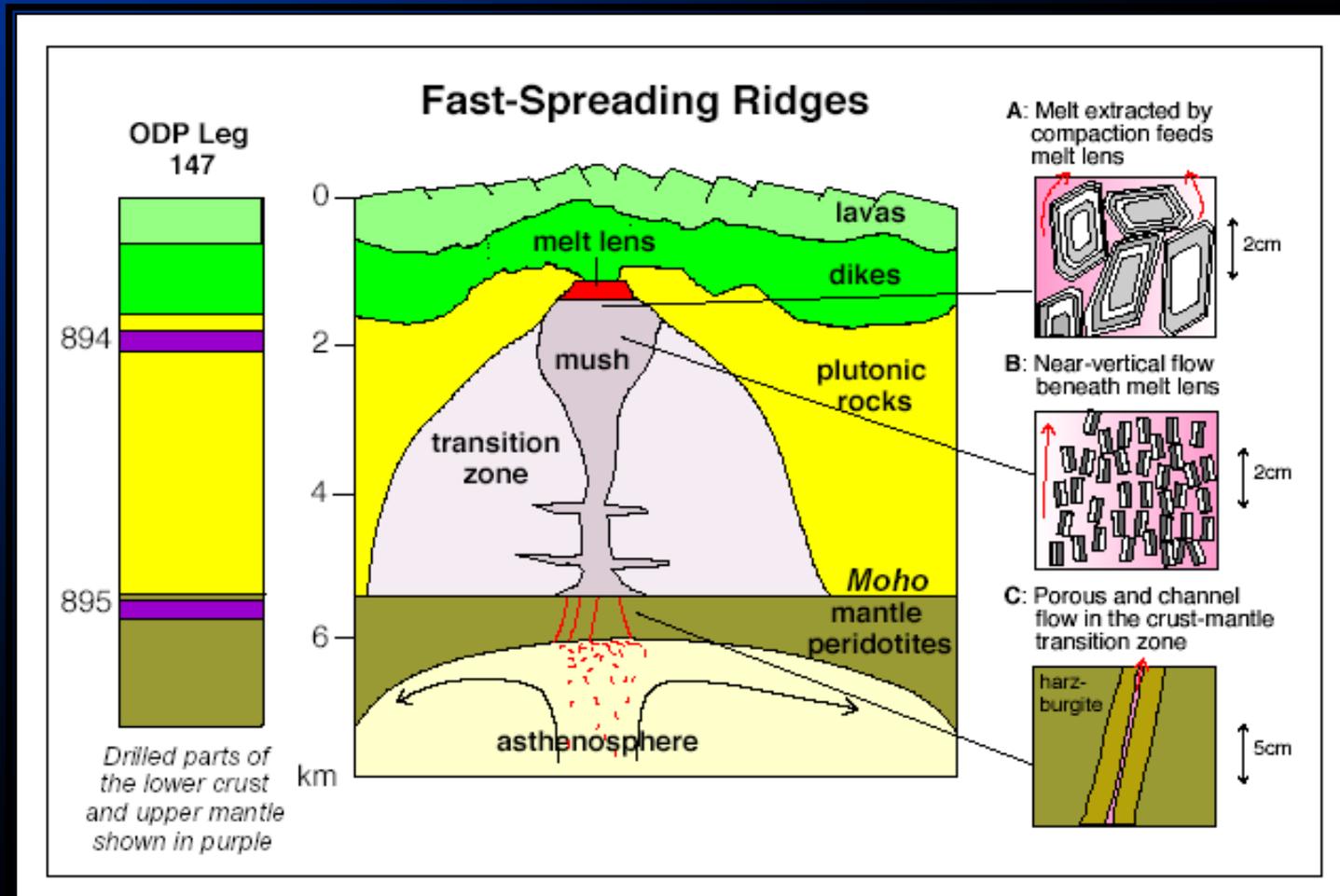
Остаточная намагниченность океанических базальтов в зоне океанического спрединга

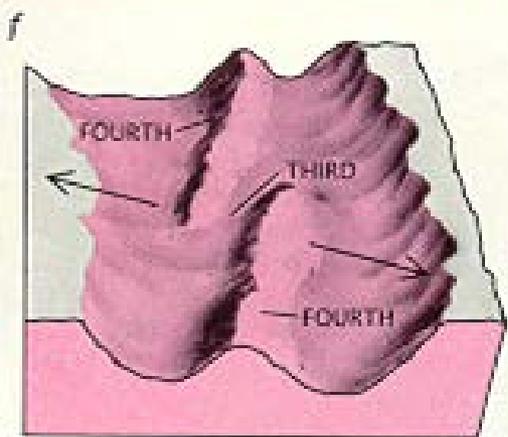
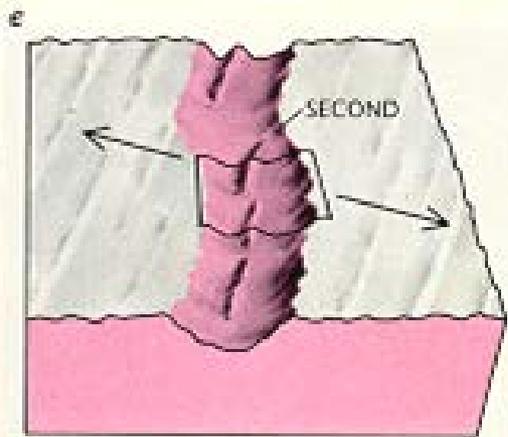
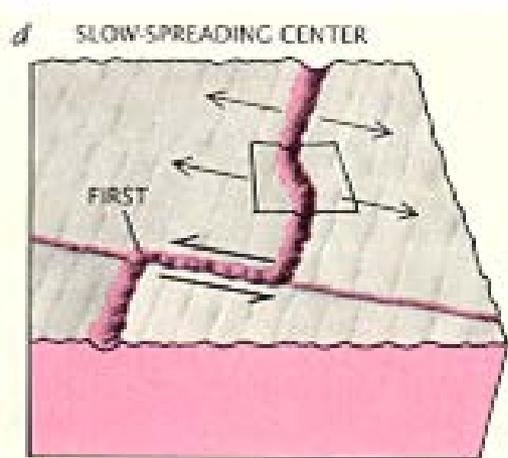


Строение низкоскоростных спрединговых зон

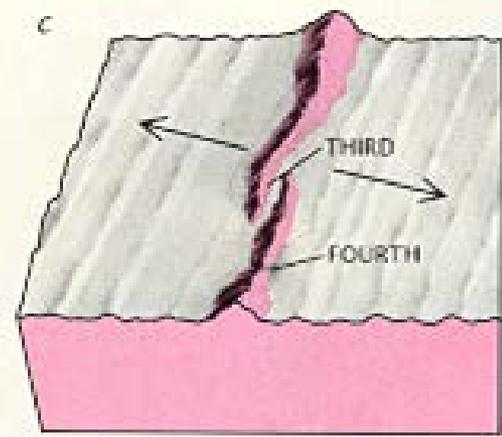
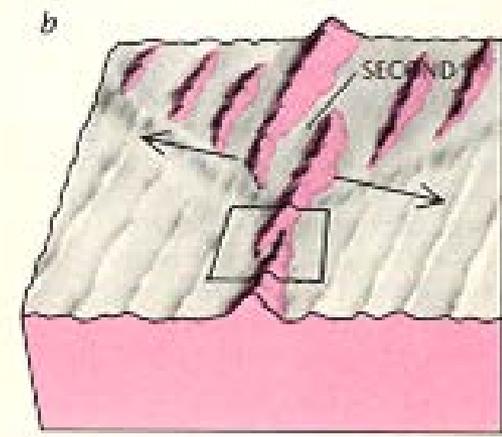
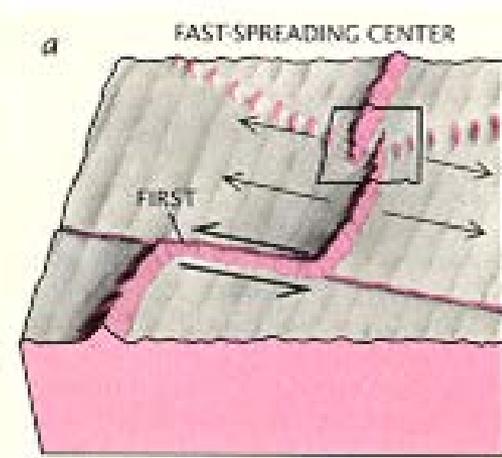
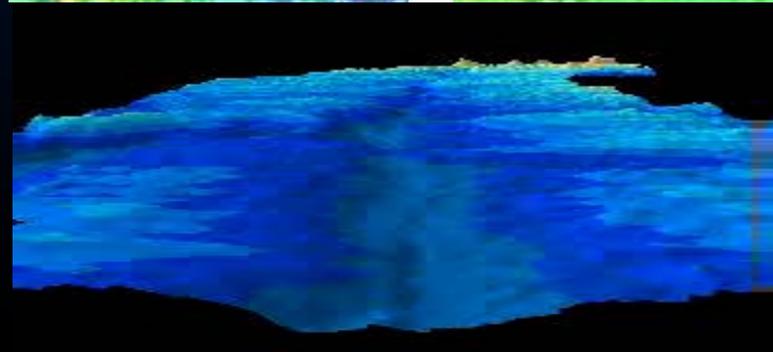
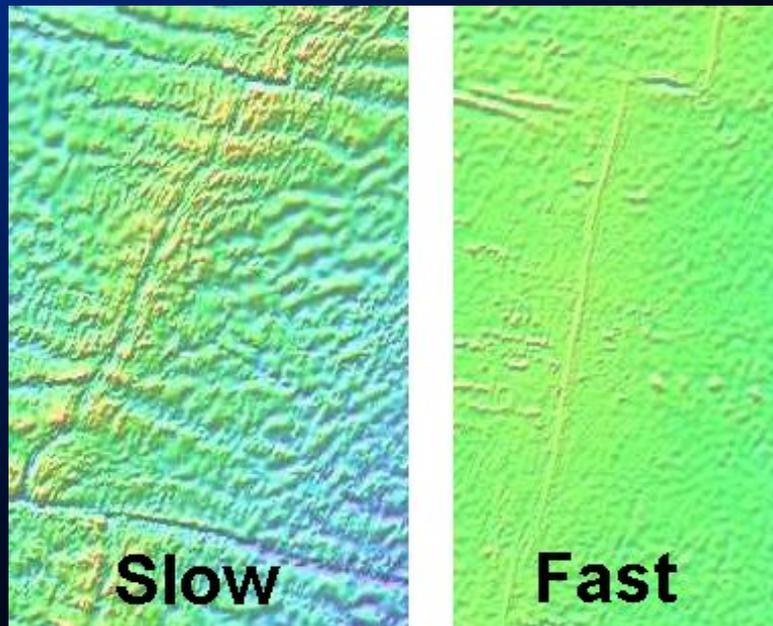


Строение высокоскоростных спрединговых зон





Морфология низко- и высокоскоростных спрединговых зон

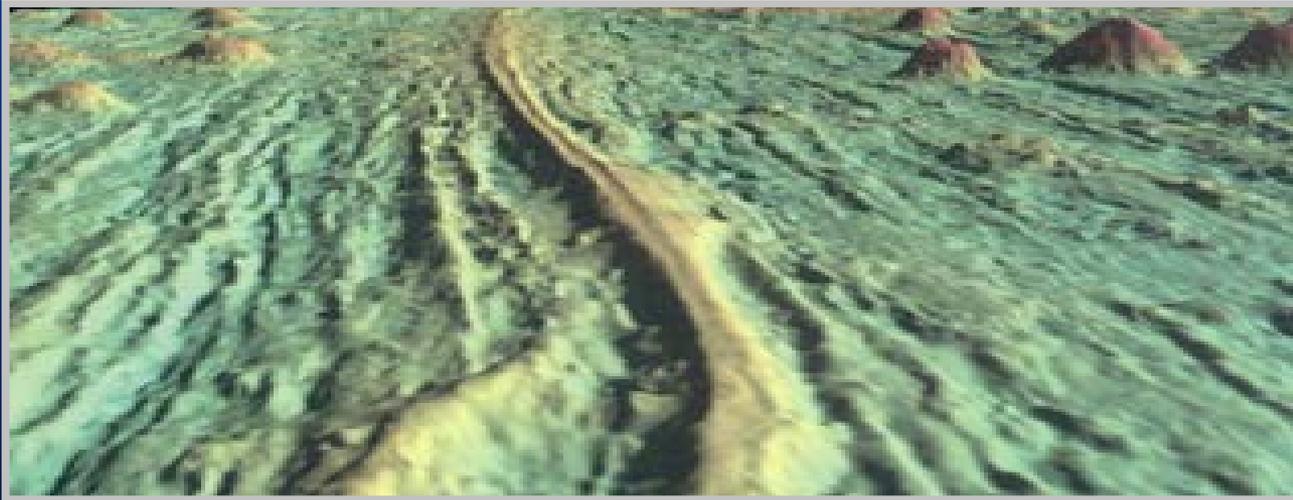


Мировая Система срединно-океанических хребтов



Главные структуры океанических плит

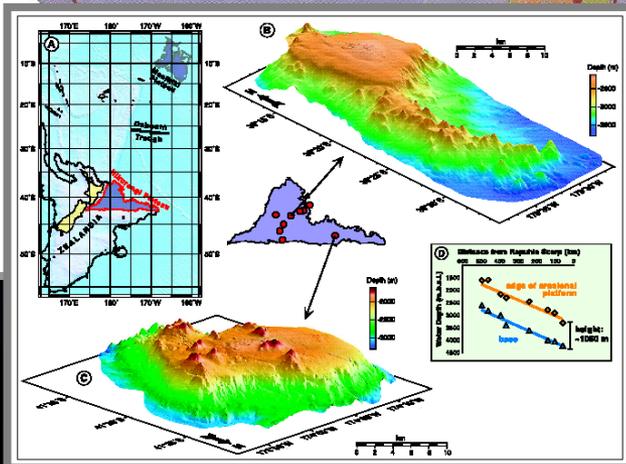
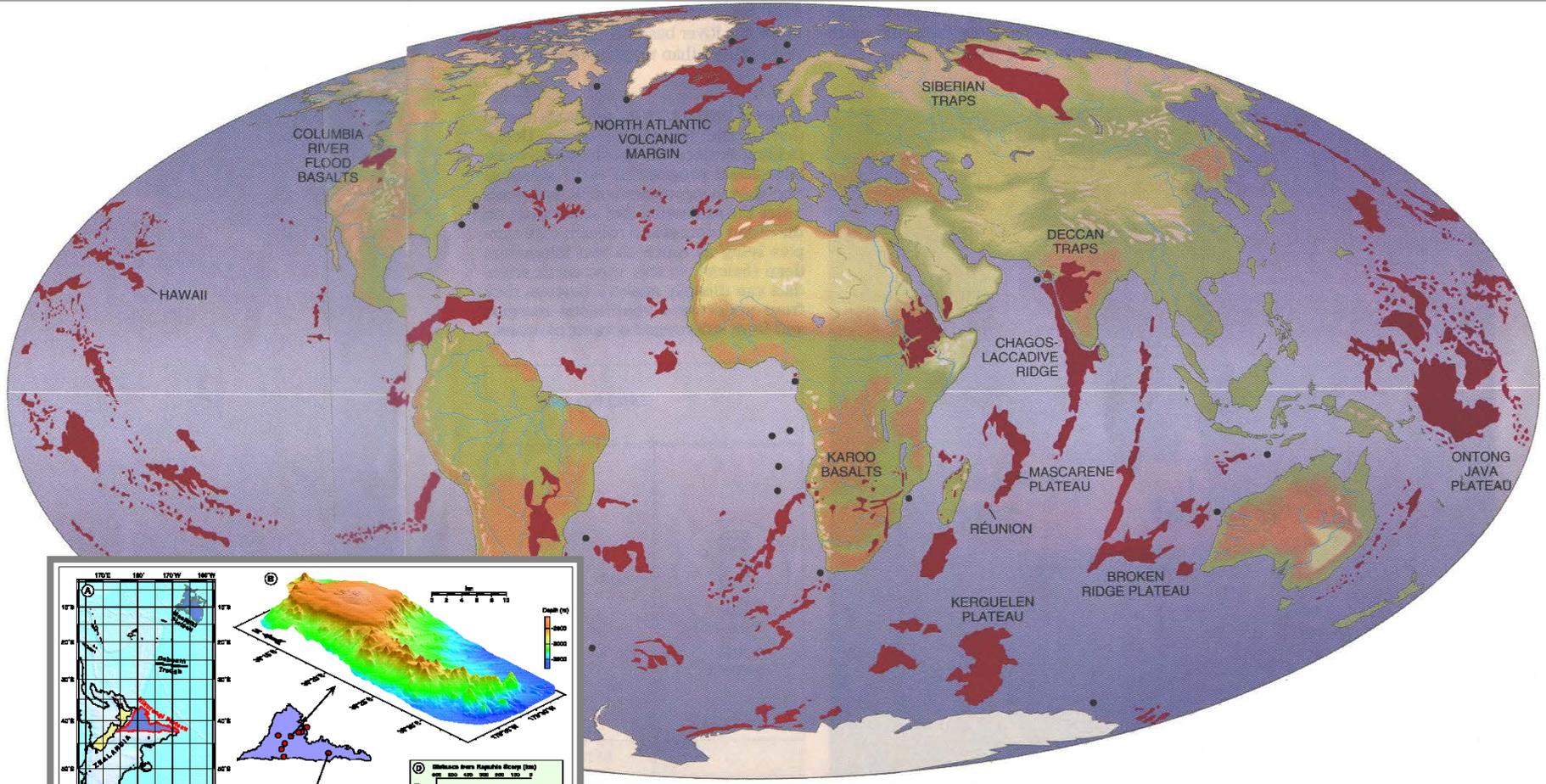
- Глубоководные равнины (котловины)



- Положительные структуры океанических плит
 - Океанические плато*
 - Асейсмичные хребты*
 - Подводные горы и океанические о-ва*
 - Микроконтиненты*

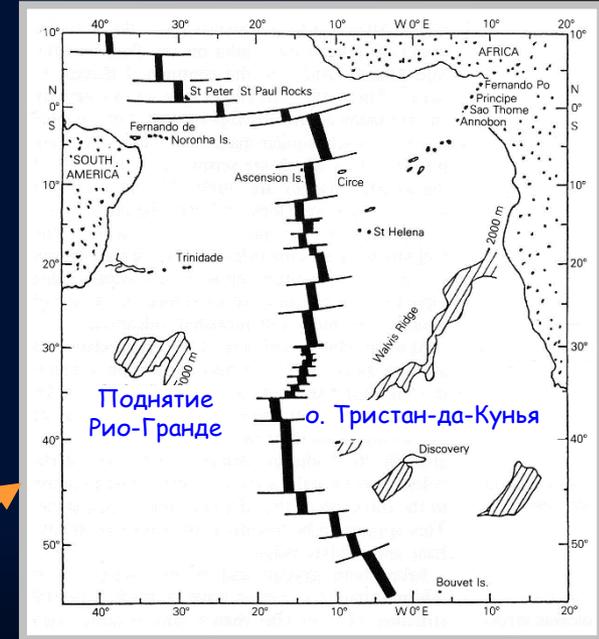
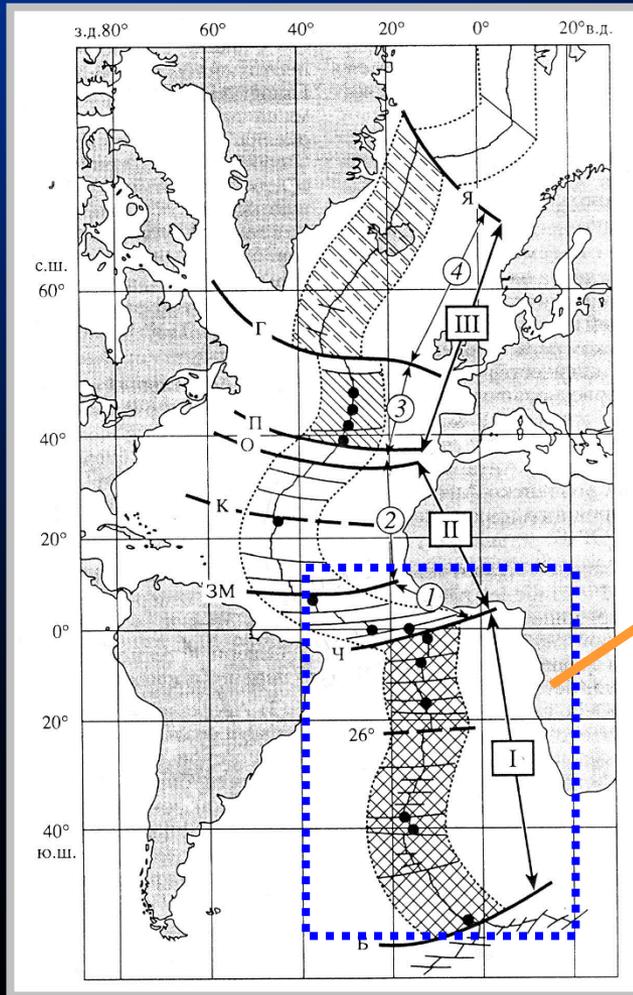
Положительные структуры океанических плит:

океанические плато



Морфология плато Хикurangi
(к востоку от Новой Зеландии)

Положительные структуры океанических плит: асейсмичные хребты



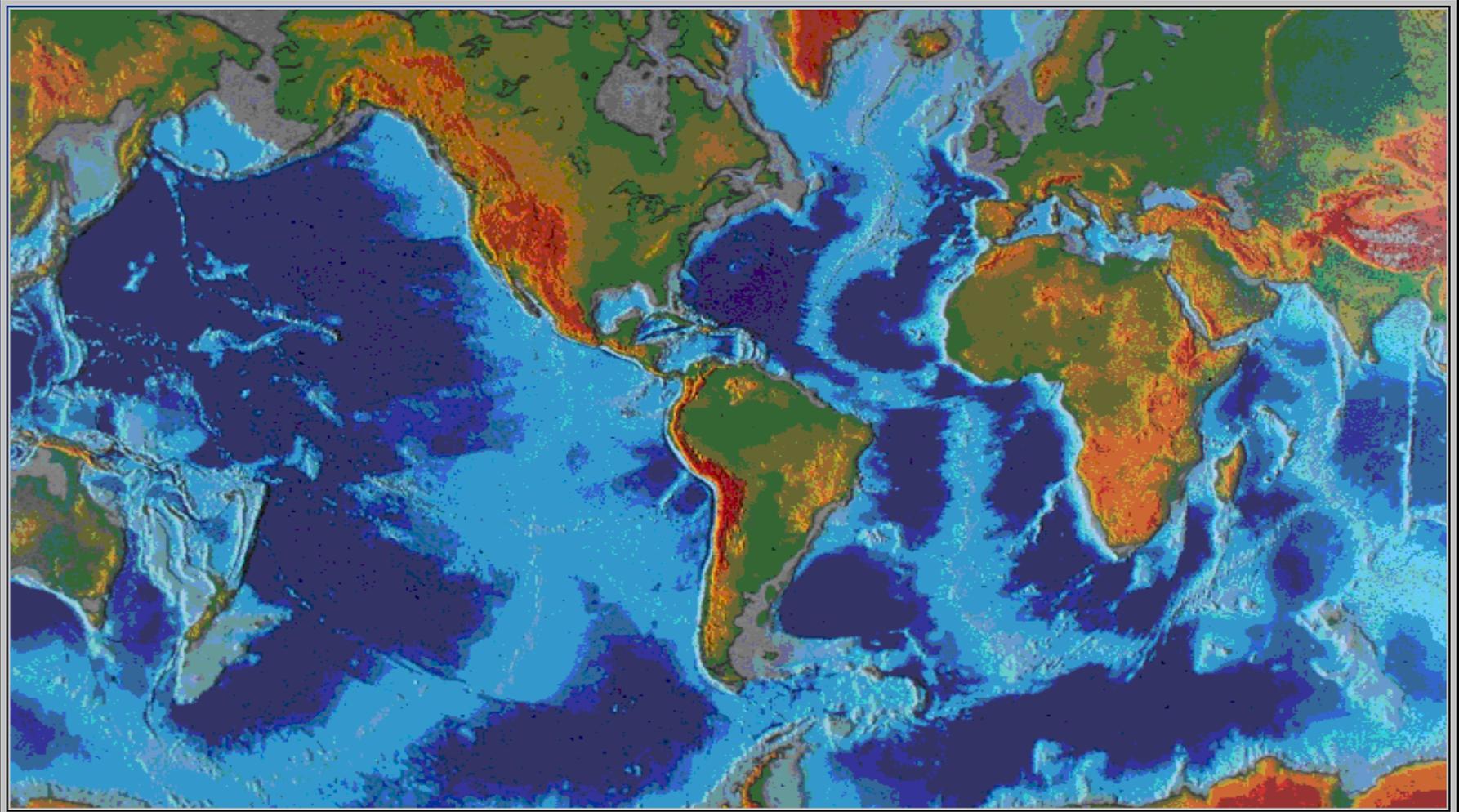
Асейсмичные хребты
Южной Атлантики

Сегментация
САХ

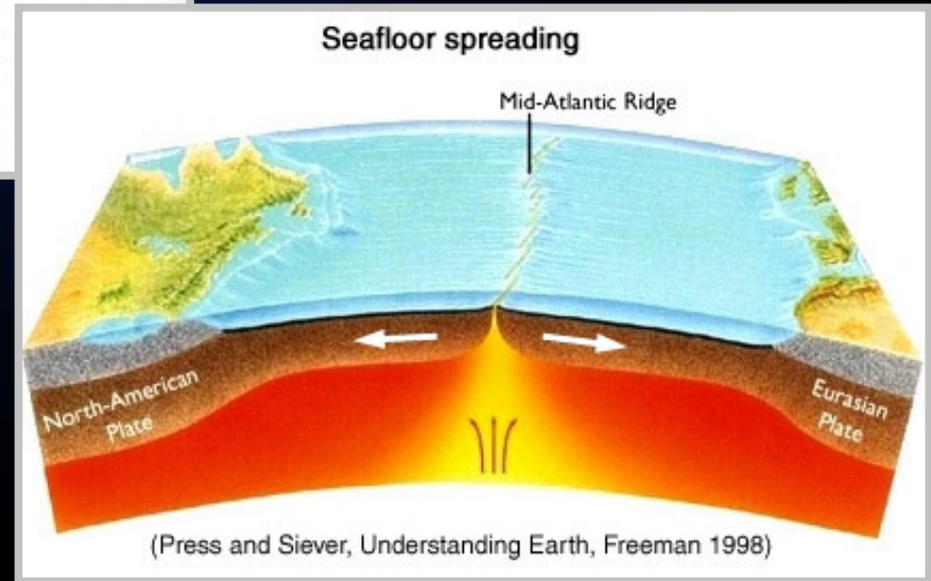
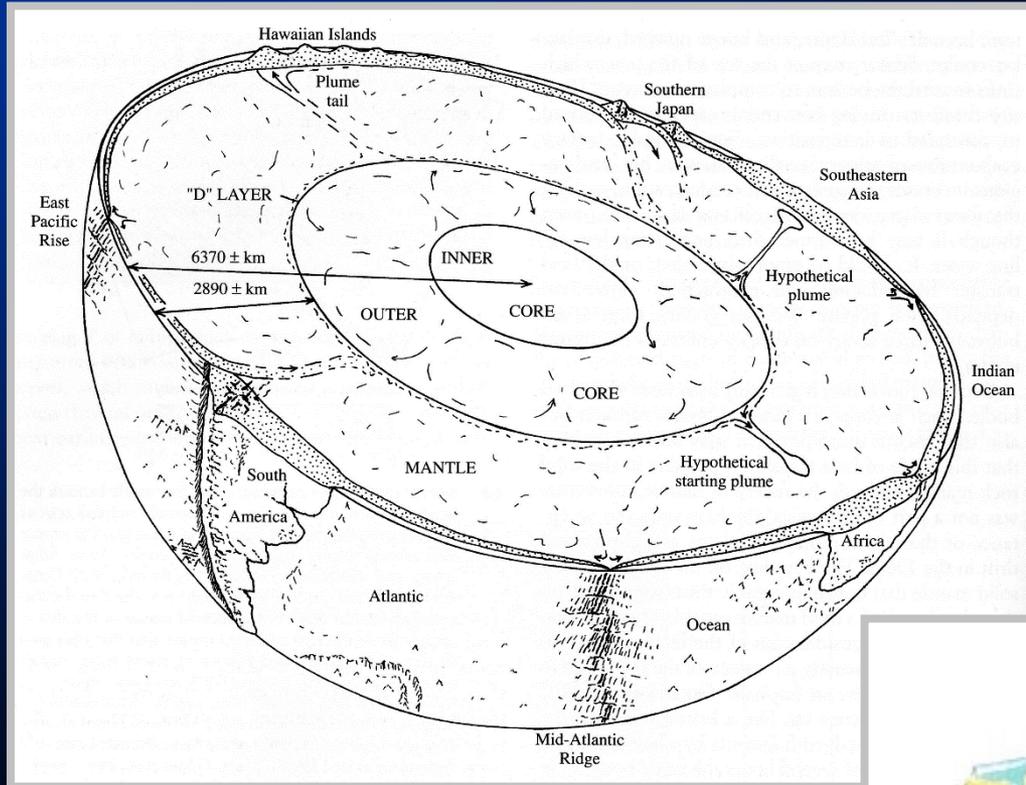
Положительные структуры океанических плит:

Подводные горы и океанические о-ва

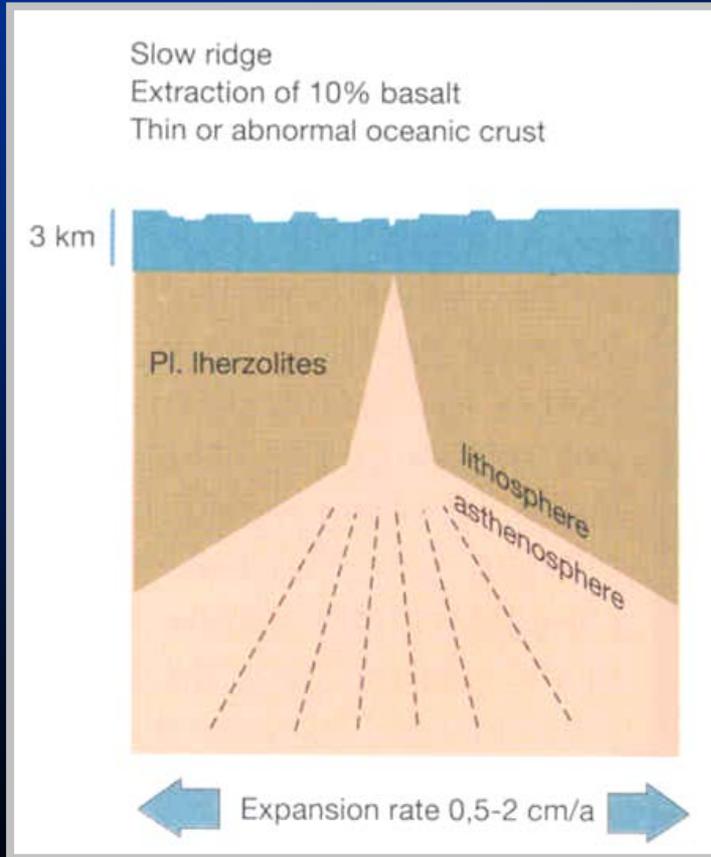
Микроконтиненты



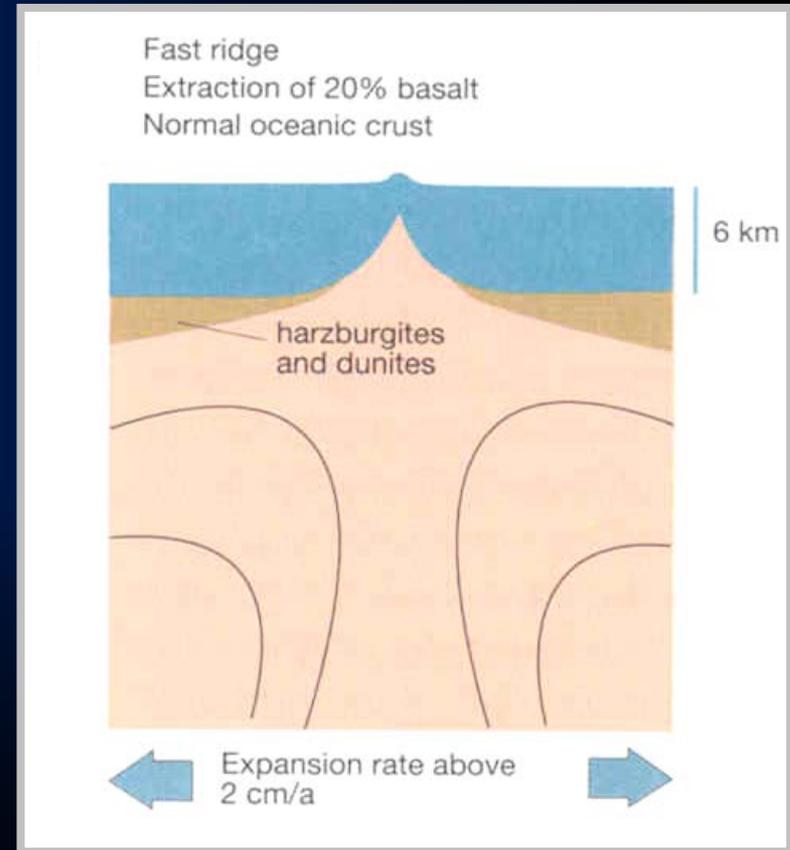
РОЛЬ МАНТИИ В ЭВОЛЮЦИИ ОКЕАНИЧЕСКОЙ КОРЫ



Различия мантии в низко- и высокоскоростных спрединговых зонах

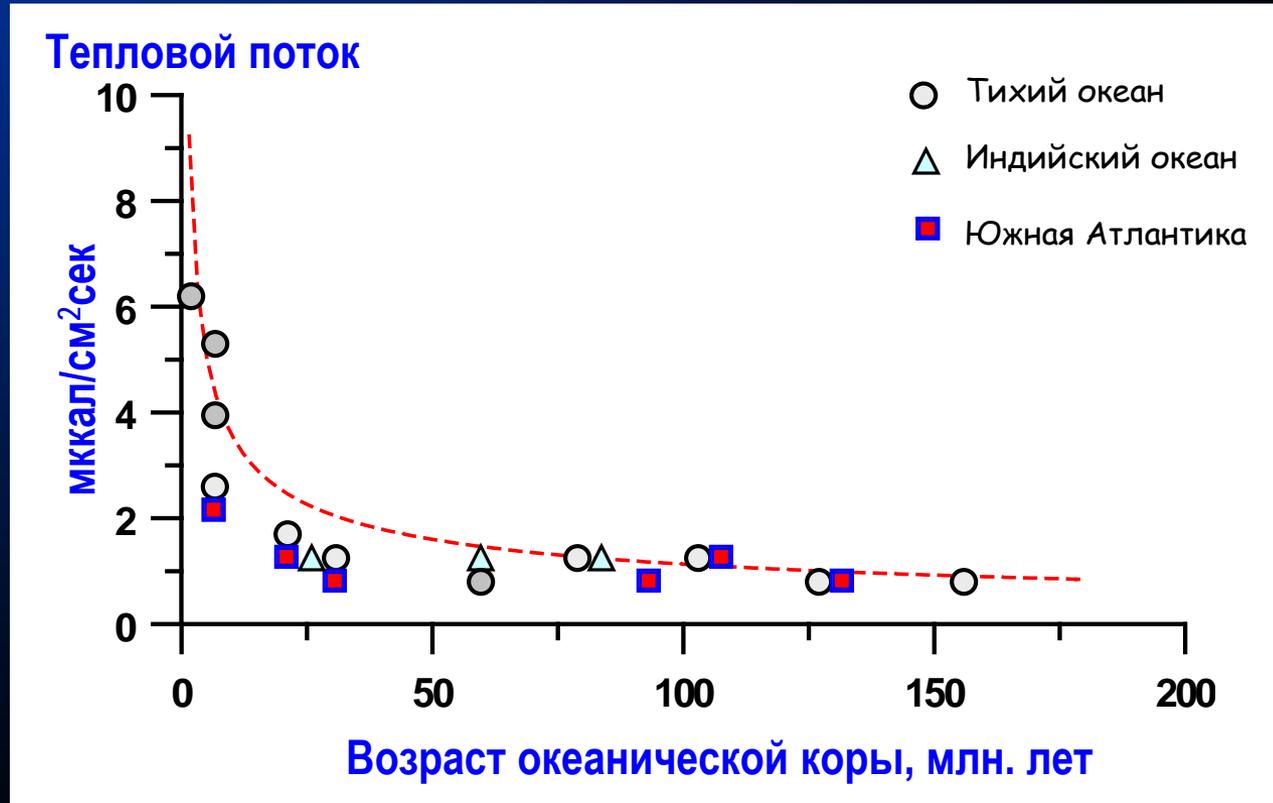


Низкоскоростная
спрединговая зона



Высокоскоростная
спрединговая зона

Тепловой поток в океанической мантии



$$q = 11.3/\sqrt{t}$$

Общая тема:

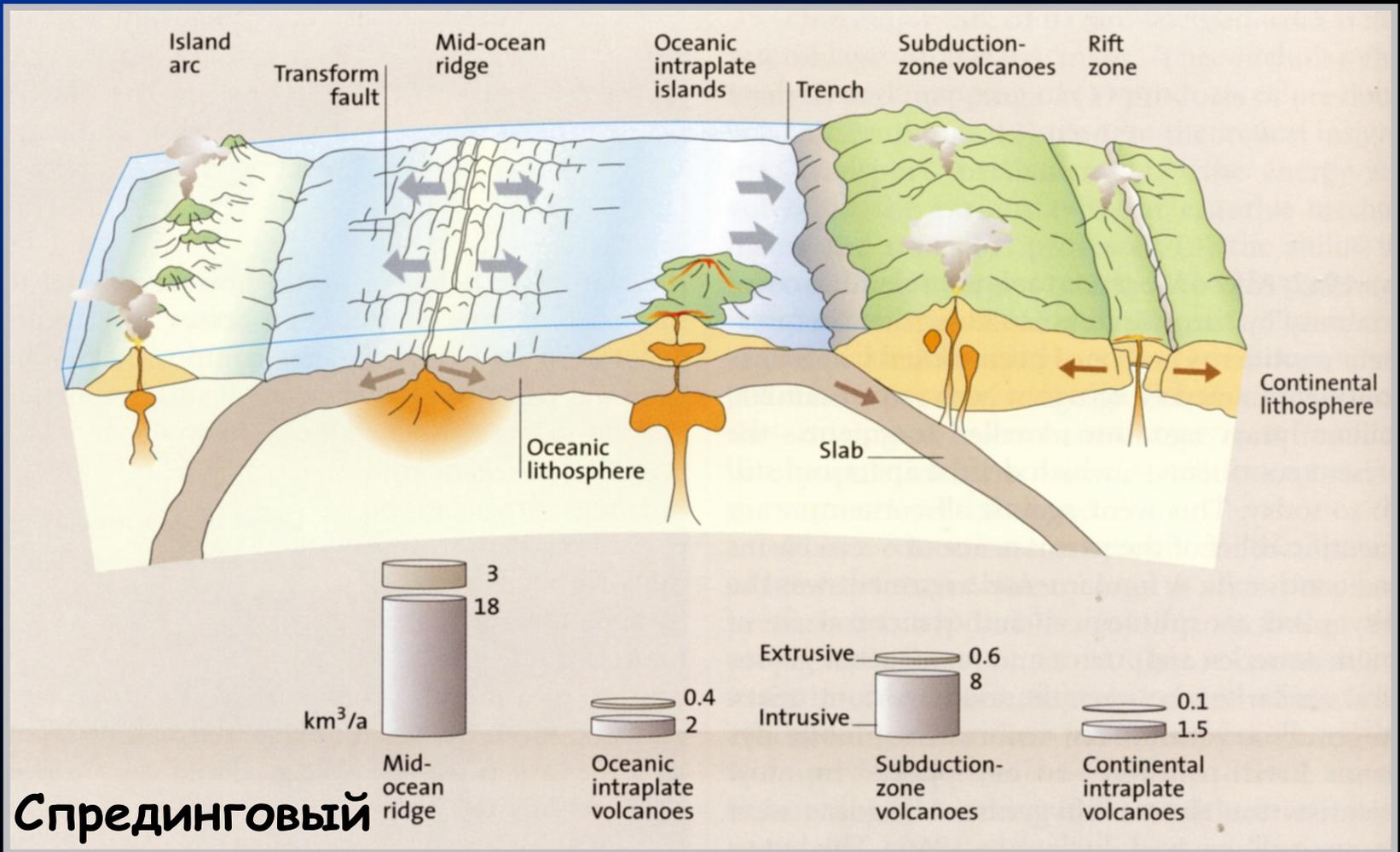
МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ ОКЕАНОВ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ТОЛЕИТОВЫХ СЕРИЙ МОРВ

Лекция № 12

ТОЛЕИТОВЫЙ МАГМАТИЗМ ОКЕАНОВ



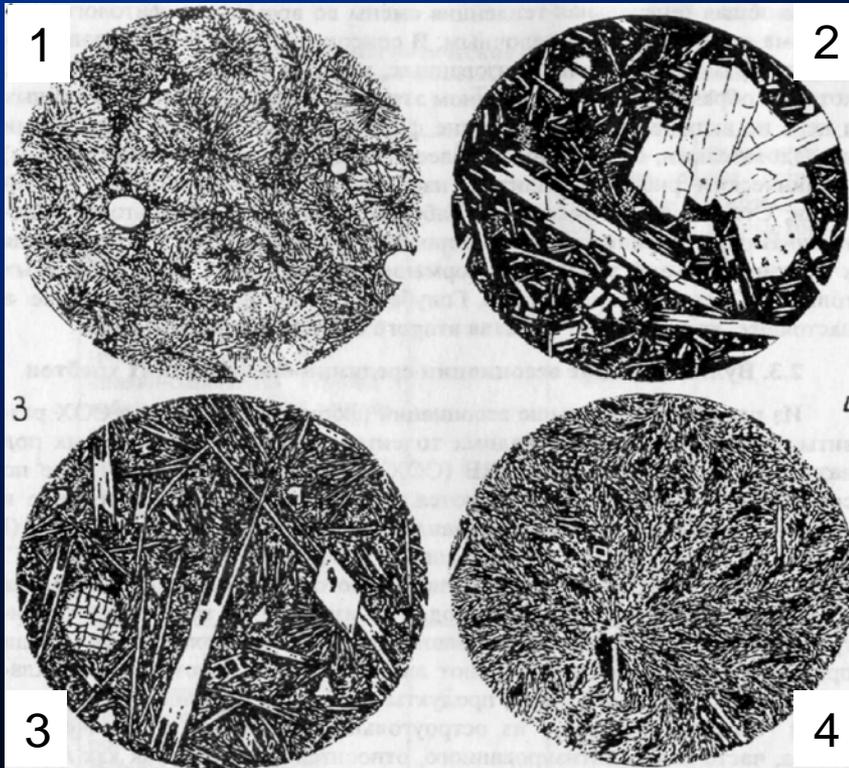
ПРОДУКТИВНОСТЬ ОКЕАНИЧЕСКОГО МАГМАТИЗМА



Спреди́нговый

Внутриплитный: *Океанических плато, асейсмичных хребтов, подводных гор и океанических о-вов*

"Толейтовая" специфика океанического магматизма: минералогия

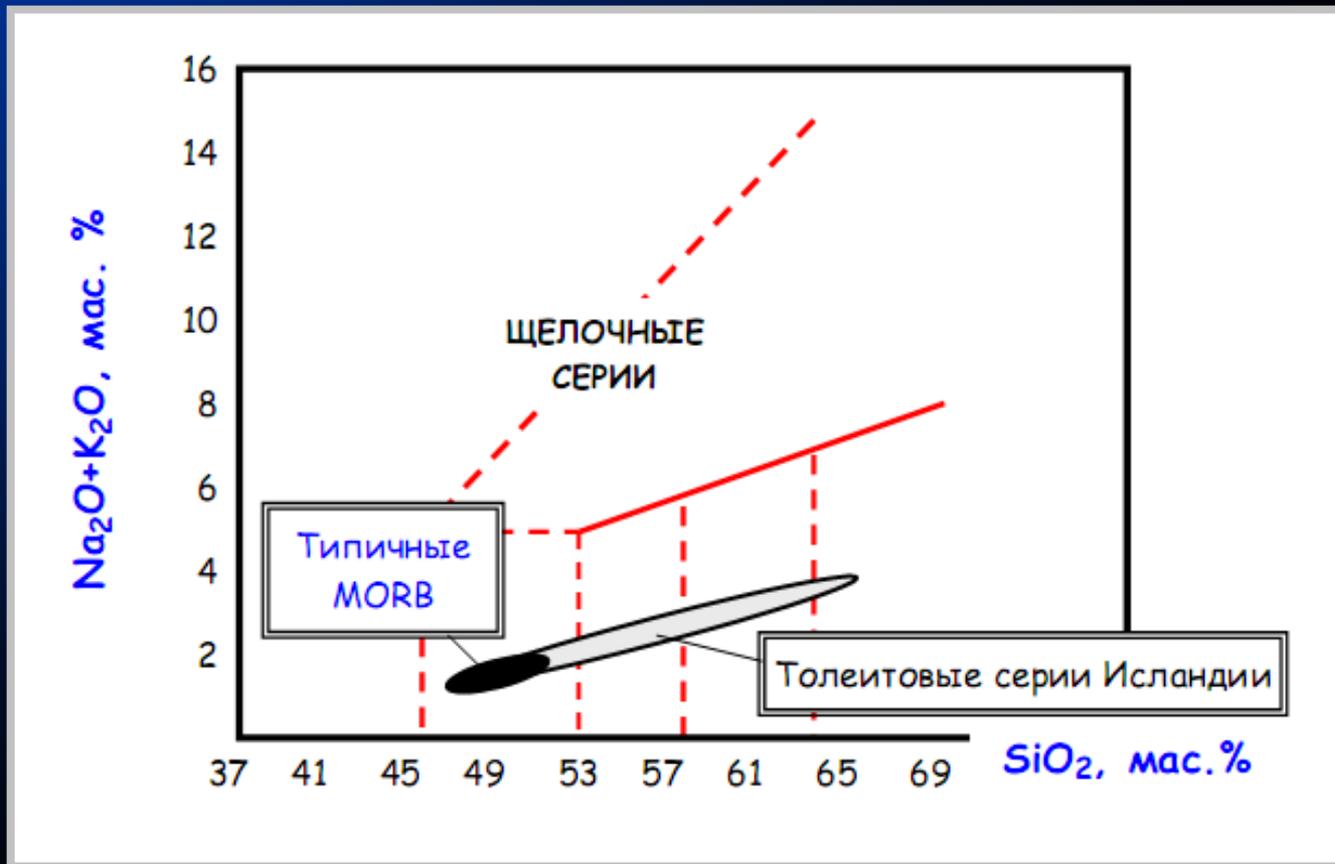


- 1 - Базальт толейтовый (d=0,9 мм).
Тихий океан, хр. Хуан-де-Фука.
- 2 - Базальт толейтовый (d=3,1 мм).
Тихий океан, Восточно-Тихоокеанское поднятие.
- 3 - Базальт толейтовый (d=1,8 мм).
Атлантический океан, трог Ройял.
- 4 - Базальт толейтовый (d=3,1 мм).
Индийский океан, Аравийско-Индийский хребет.

Порядок кристаллизации

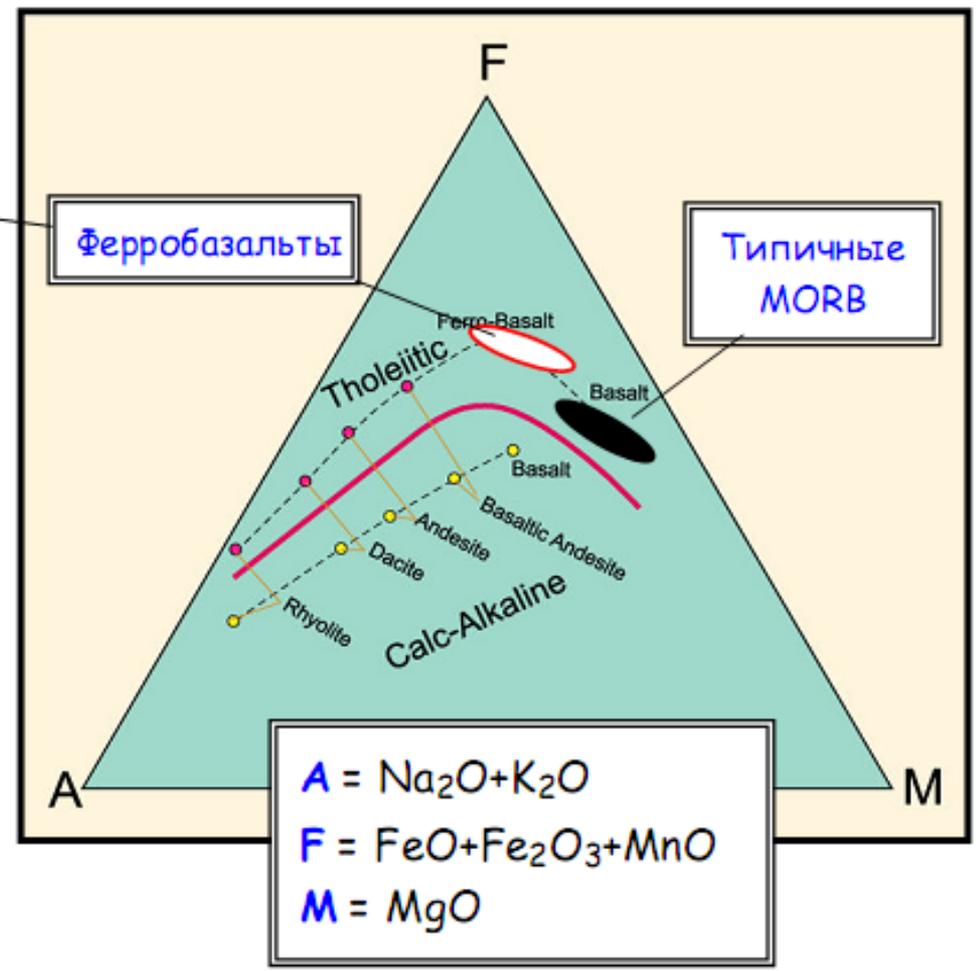
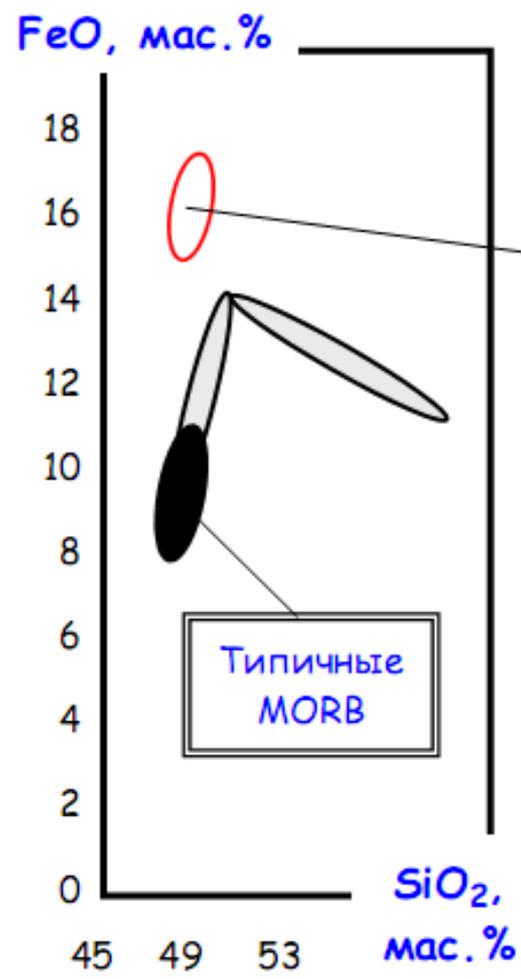
$Ol \rightarrow Ol + Pl \rightarrow Ol + Pl + \text{высоко-Са СРх (авгит)} \rightarrow$
 $Pl + Aug + \text{низко-Са Срх (пижонит, реже Орх)}$

“Толейтовая” специфика океанического магматизма: петрохимия



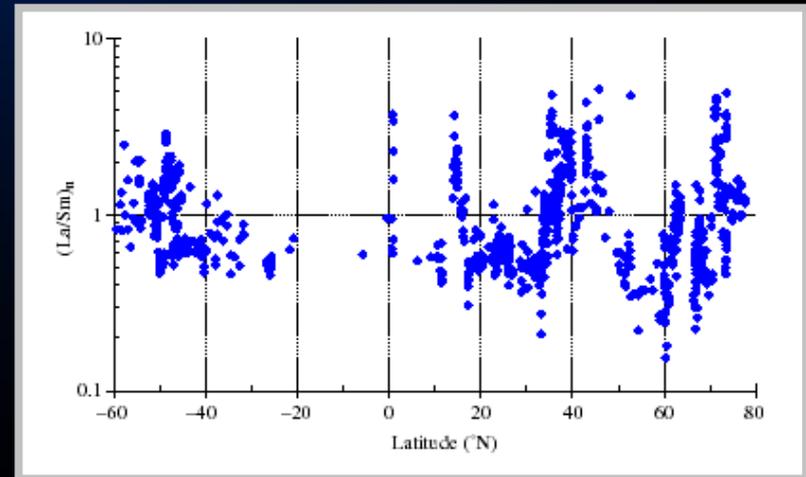
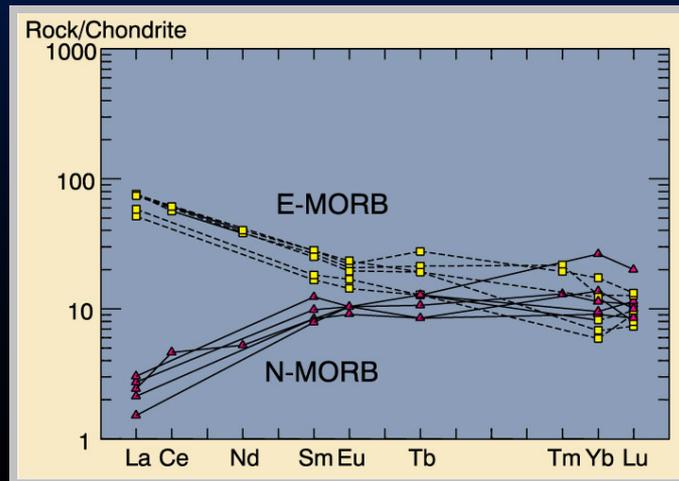
От типичных континентальных и островодужных толейтов MORB отличаются пониженными содержаниями щелочей (особенно калия)

“Толеитовая” специфика океанического магматизма: петрохимия



ОСОБЕННОСТИ ТОЛЕИТОВОГО МАГМАТИЗМА СРЕДИННО-ОКЕАНИЧЕСКИХ ХРЕБТОВ

- Объем и характер извержений
- Особенности структуры и минерального состава
- Петрохимические и геохимические характеристики
- “Обогащенные” и “обедненные” MORB
- Схемы образования базальтов СОХ



Объем и характер извержений БСОХ

Общий объем извергаемого в срединных хребтах вулканического материала составляет 3-4 км³ в год

Тип извержений трещинный и центральный при спокойном экструзивно-эффузивном характере. Среди продуктов вулканизма преобладают лавовые купола и потоки

Поскольку глубины СОХ (3-4 км) характеризуются высоким гидростатическим давлением, превышающим давление растворенных в магме газов, то гиалокластиты редки (*это продукты дробления и распыления базальтовой лавы и состоящие из остроугольных обломков вулканического стекла*)

Вследствие несопоставимых скоростей осадконакопления и вулканизма роль осадочных пород в толщах вулканитов незначительна

Структура базальтов СОХ

В толеитовых базальтах широко развиты афировые и серийно-порфиновые, реже порфиновые структуры. Также варьирует и степень кристалличности - от стекловатых пород до полностью раскристаллизованных. Эти породы слагают дайки и силлы 2-го слоя коры (IIb).

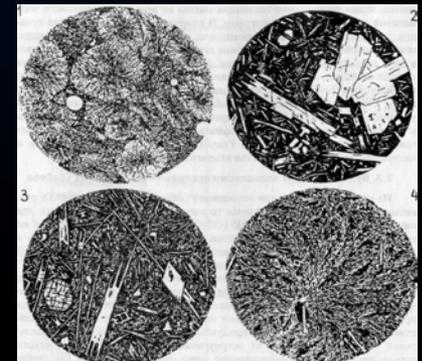
Во вкрапленниках преобладают следующие парагенезисы:

Ol + Chr-Sp, Pl + Ol + Chr-Sp, Pl + Ol + Aug

Основная масса сложена Pl, Crx (авгит, пижонит) и поздним Ti-Mt, реже ильменитом. В отличие от толеитов других обстановок пироксен во вкрапленниках относительно редок

Вулканические стекла двух разновидностей:

- чистые прозрачные *гиаломеланы* и
- темно-бурые непрозрачные *сидеромеланы*



Особенности минерального состава БСОХ

Оливин: состав обычно варьирует от Fo90 в пикритах до Fo80 в менее магнезиальных разностях.

Плагиоклаз: содержание анортита (An) во вкрапленниках плагиоклаза составляет от 90 до 60%,

в основной массе присутствуют микролиты кислого плагиоклаза An 60-50.

Шпинели:

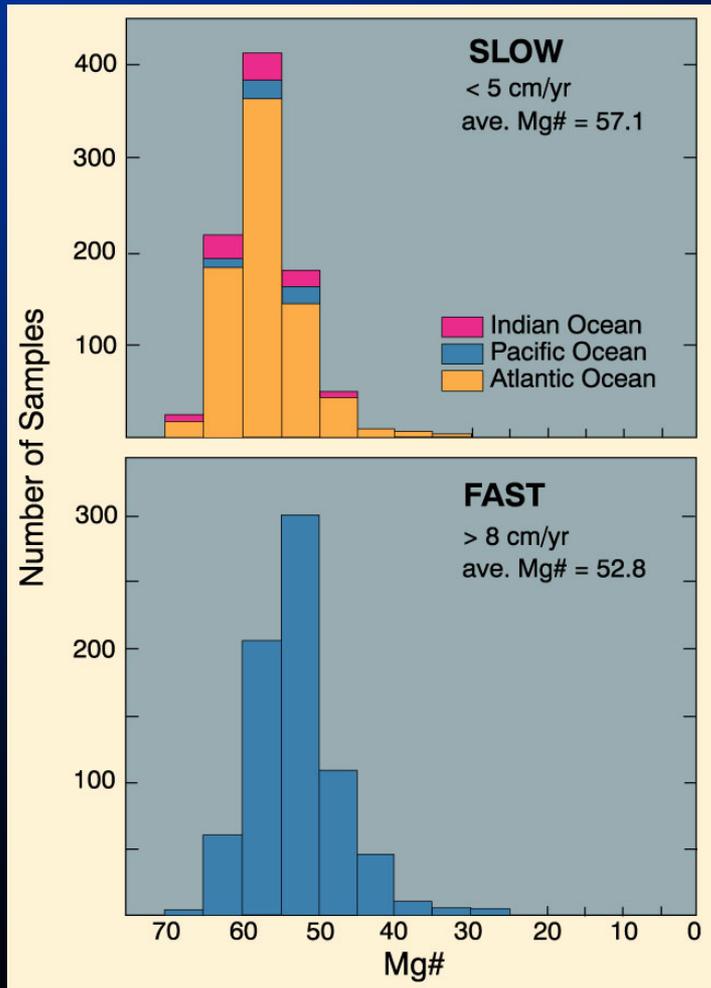
- *Магнезиально-хромистые и хромистые* обычны в пикритах и высокомагнезиальных базальтах. Содержание Cr_2O_3 в них достигает 25-45%, а Al_2O_3 — 12-20%.

- *Высокоглиноземистые шпинели* включают до 40% Al_2O_3 при содержаниях окиси хрома около 20%.

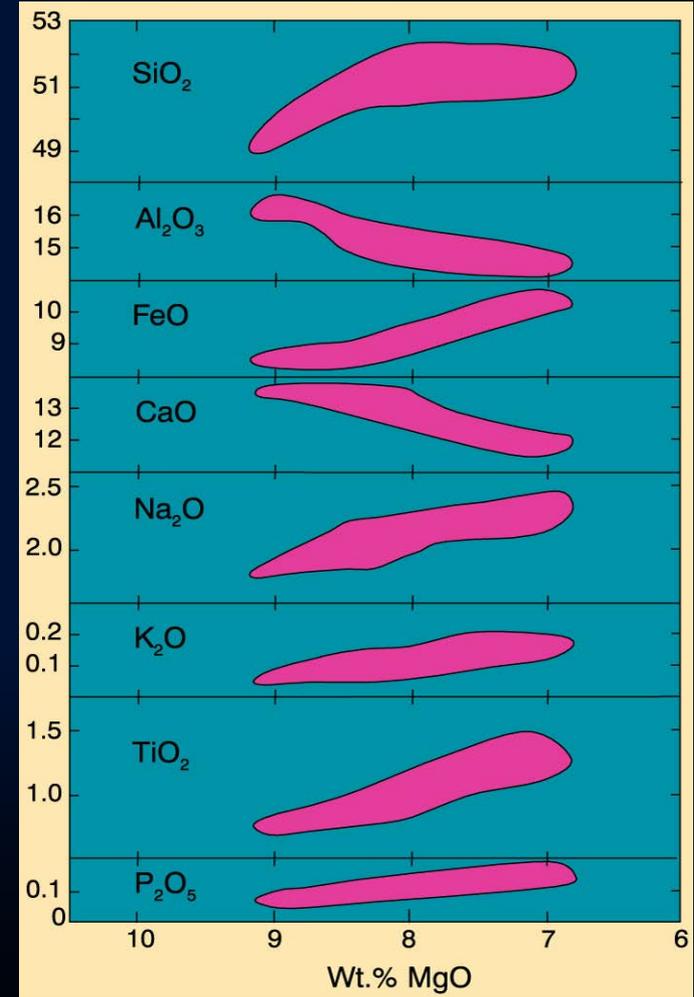
Летучие компоненты базальтах COX

1. Состав летучих (H_2O , CO_2 , S) изучался посредством декрипитации газов, заключенных в интрателлурических фазах, и при исследованиях состава расплавных включений.
2. **Содержания воды** в закаленных стекловатых разностях базальтов обычно не превышают десятых долей процента, а в расплавных еще ниже - порядка **0,05-0.1% H_2O** .
3. Существует положительная корреляция микросодержаний воды во включениях и концентрации K_2O , то есть **вода ведет себя как несовместимый компонент**.
4. **Содержание CO_2** в расплавах океанических толеитов составляет **0.2-0.4 мас.%**.
5. **Относительно низкое давление кислорода**, отвечающие интервалу буферных равновесий **WM -QFM** (вюстит-магнетит FeO/Fe_3O_4 –кварц-фаялит-магнетит).

Признаки фракционирования MORB магм



Вариации магнезиальности толеитовых стекол из высоко- и низкоскоростных срединговых центров



Вариации составов толеитовых стекол из срединговых зон Срединно-Атлантического хребта

Общие геохимические особенности базальтов СОХ

1. **Обедненность крупноионными литофильными элементами** (Cs, Rb, Ba, Pb, Sr, La) по сравнению с толеитами других обстановок

Все они являются несовместимыми элементами, накапливаются в расплаве и поэтому отражают состав и степень плавления мантийного субстрата. Однако крайне чувствительны ко вторичным изменениям

2. **Аномально высокие K/Rb отношения** - до 1500.
3. Наиболее **примитивные БСОХ характеризуются повышенными содержаниями Ni (>300 ppm) и Cr (>500 ppm)**. В более дифференцированных разностях концентрации этих элементов быстро снижаются до 50-100 ppm. При этом содержания V и Co закономерно возрастают
4. **Содержания высокозарядных элементов (HFSE - Zr, Hf, U, Th, Ta, Ti, Y, P) варьируют не так сильно** как крупноионные литофилы и обычно возрастают параллельно увеличению содержаний щелочей (K, Rb и др.)

Различия толеитов СОХ "по степени обедненности"



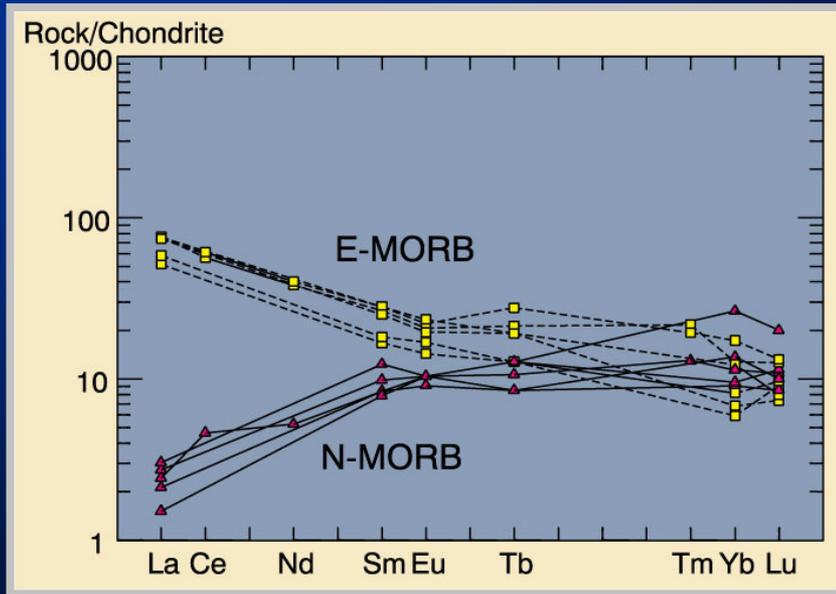
Базальты E-MORB по сравнению с N-MORB заметно богаче Ti, K и P, а по содержаниям крупноионных литофильных элементов отличаются от 5 до 10 раз.

Заметно обогащение и легкими лантаноидами, тогда как вариации Y, Yb и Lu весьма незначительны

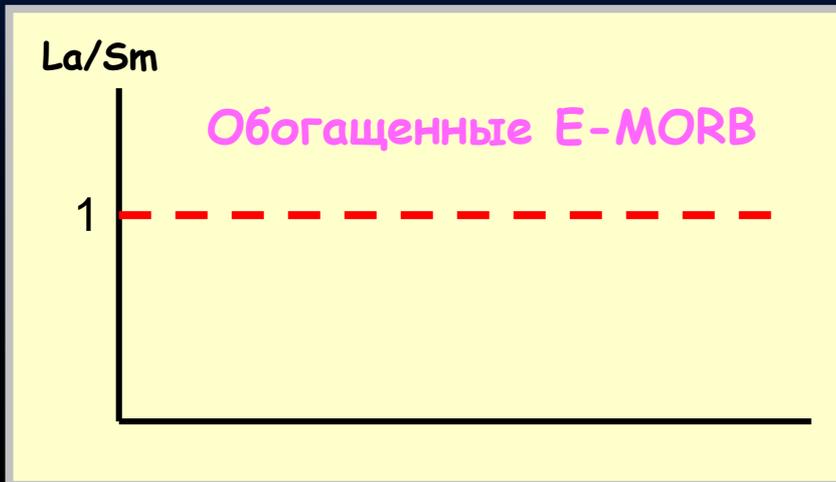
Представительные составы N-MORB и E-MORB

Компонент			Микро-элементы, ppm		
	N-MORB	E-MORB		N-MORB	E-MORB
SiO ₂	50.4	49.2	Rb	0.56	5.04
TiO ₂	1.36	2.57	Ba	6.3	57
Al ₂ O ₃	15.2	12.8	Th	0.12	0.6
FeO	9.31	11.4	Nb	2.33	8.3
MnO	0.18	0.17	La	2.5	6.3
MgO	8.96	10.0	Ce	7.5	15
CaO	11.4	10.8	Sr	90	155
Na ₂ O	2.3	2.12	Y	28	22
K ₂ O	0.09	0.51	Yb	3.05	3.37
P ₂ O ₅	0.14	0.25	Lu	0.46	0.35

Геохимические параметры N-MORB и E-MORB



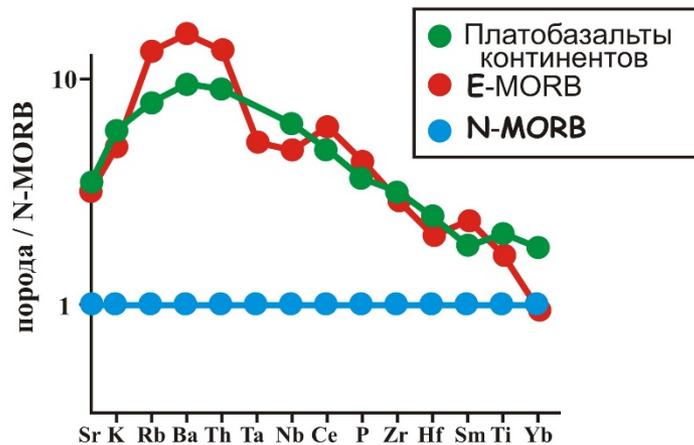
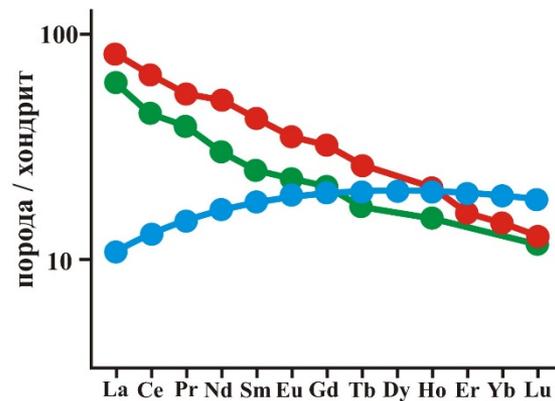
- Для базальтов N-типа характерно примерно 5-ти кратное обеднение La относительно Yb и Lu
- Для обогащенных толеитов наблюдается 4-5-ти кратное накопление.



- Другой важный критерий для разделения обогащенных и обедненных толеитов – по отношению La/Sm

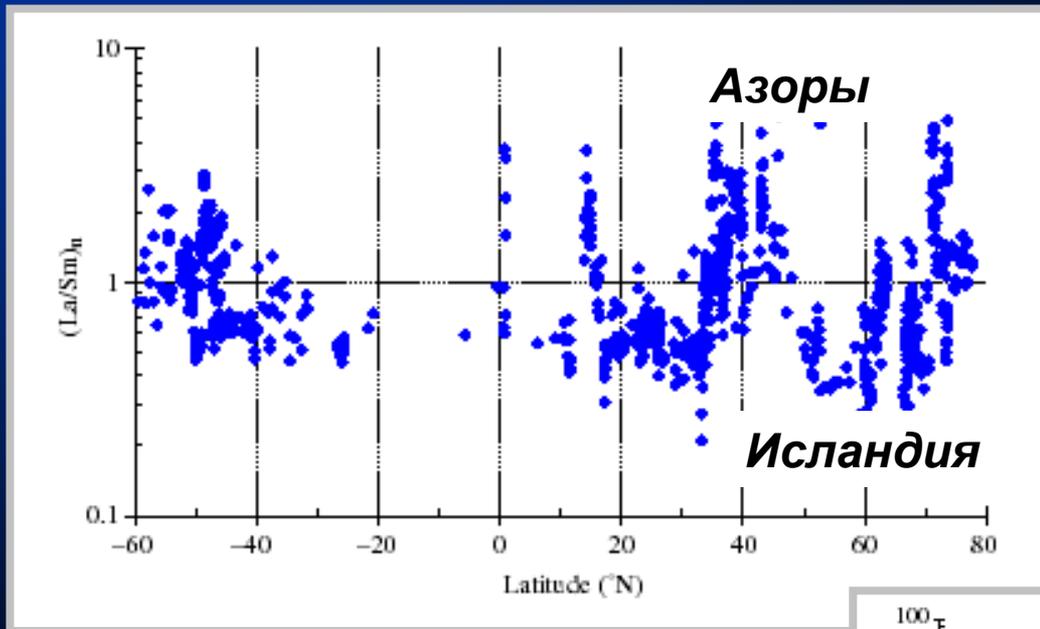
Сравнение с континентальными платобазальтами и нормализация на N-MORB

СОПОСТАВЛЕНИЕ ОКЕАНИЧЕСКИХ ТОЛЕИТОВ И ПЛАТОБАЗАЛЬТОВ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ТРАППОВ



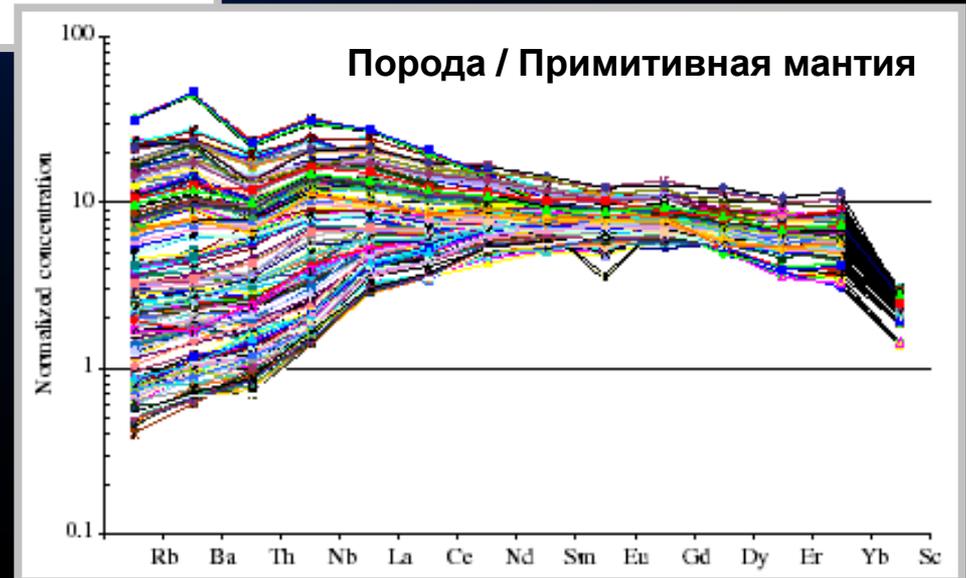
- **Базальты E-MORB по своим параметрам приближаются к толеитам океанических островов, которые дают пример не спредингового, а типично плюмового магматизма горячих точек**
- **Есть подобие наиболее обогащенных E-MORB континентальным платобазальтам, условия зарождения и эволюции которых также обусловлено поднятием глубинных диапиров, связанных с мантийными плюмами**

Сравнение с континентальными платобазальтами и нормализация на N-MORB

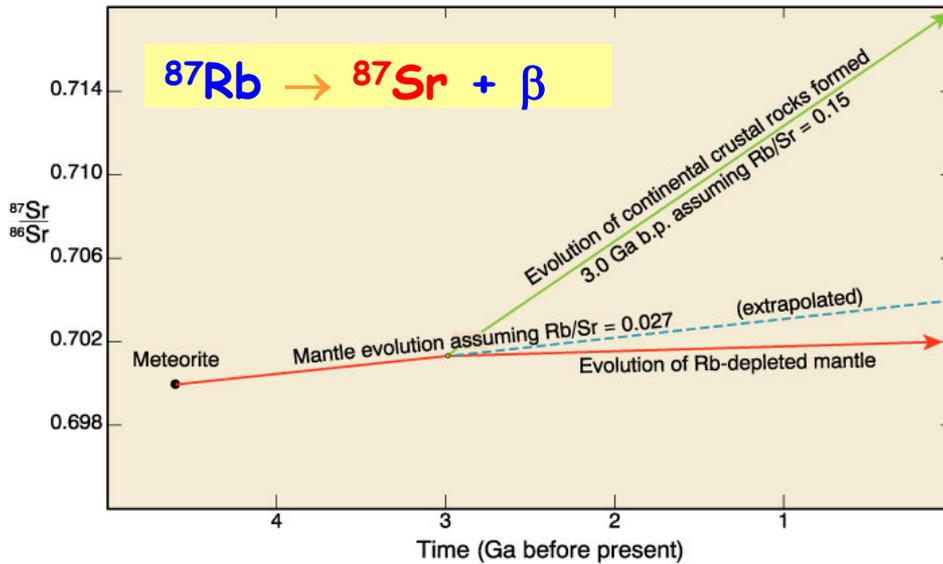


250 составов MORB в интервале 40-55° ю.ш. вдоль оси САХ

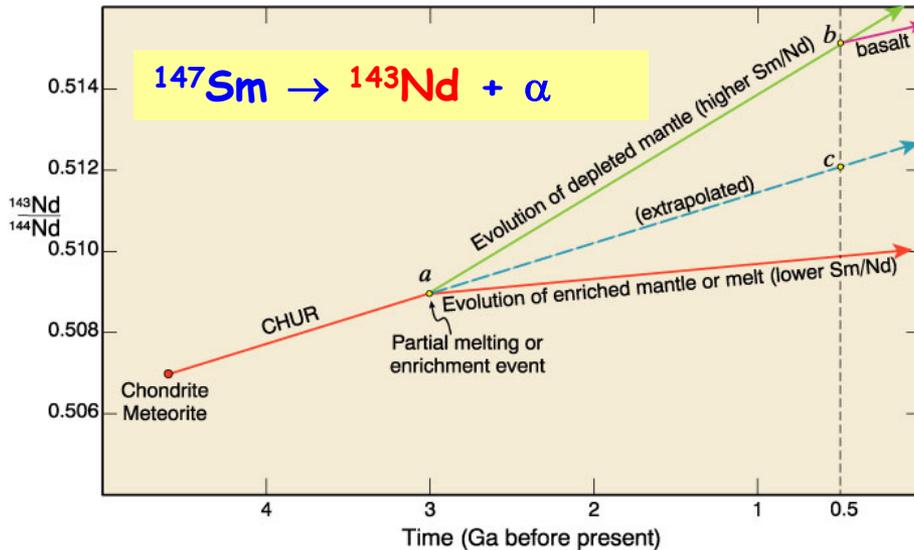
La/Sm отношение в зависимости от широты вдоль оси САХ



Схемы эволюции изотопного состава Sr и Nd с учетом ранней дифференциации примитивной мантии

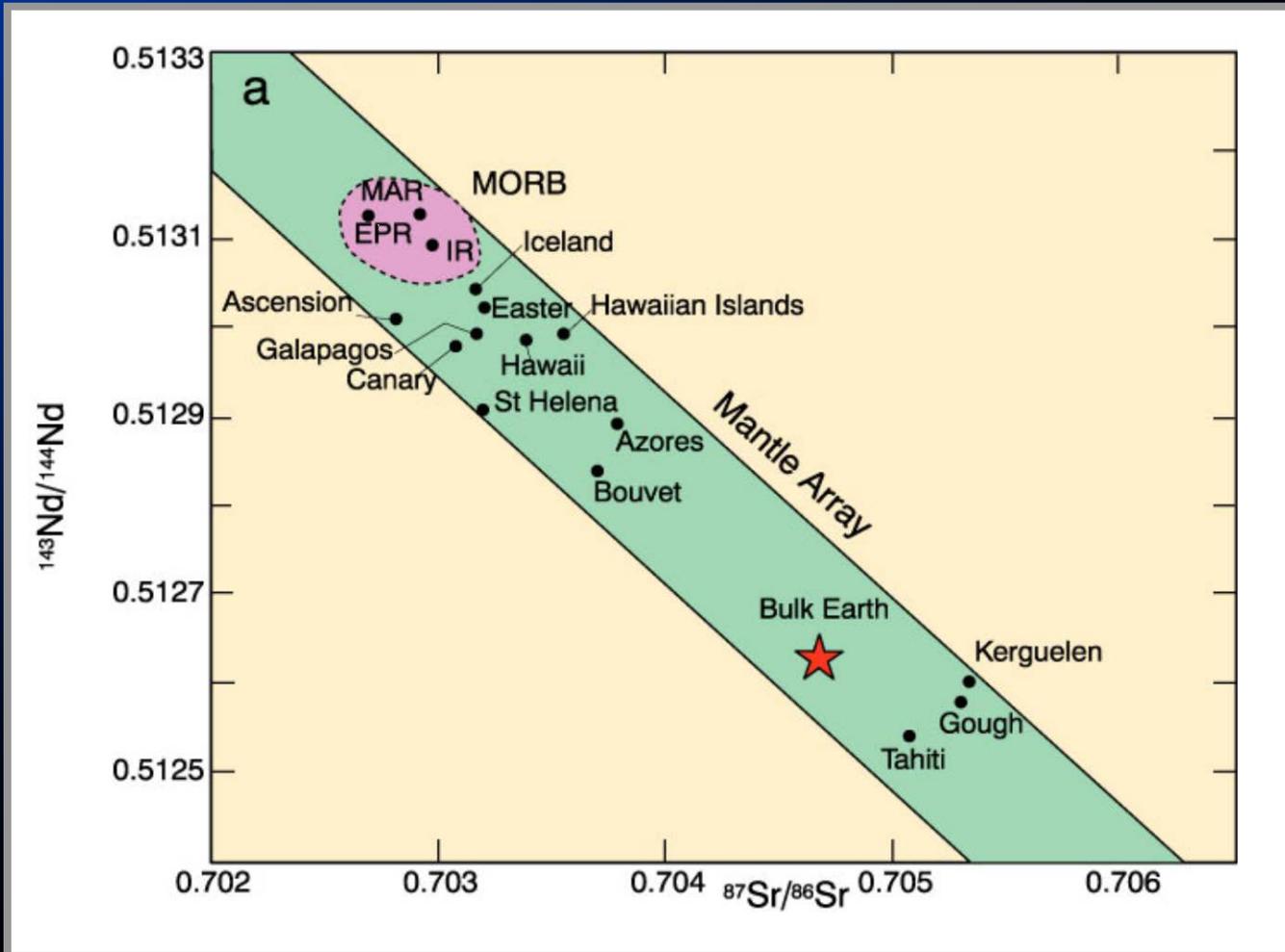


- **Деплетированная мантия** и ее производные в форме базальтов должны иметь **наиболее низкое отношение $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$**

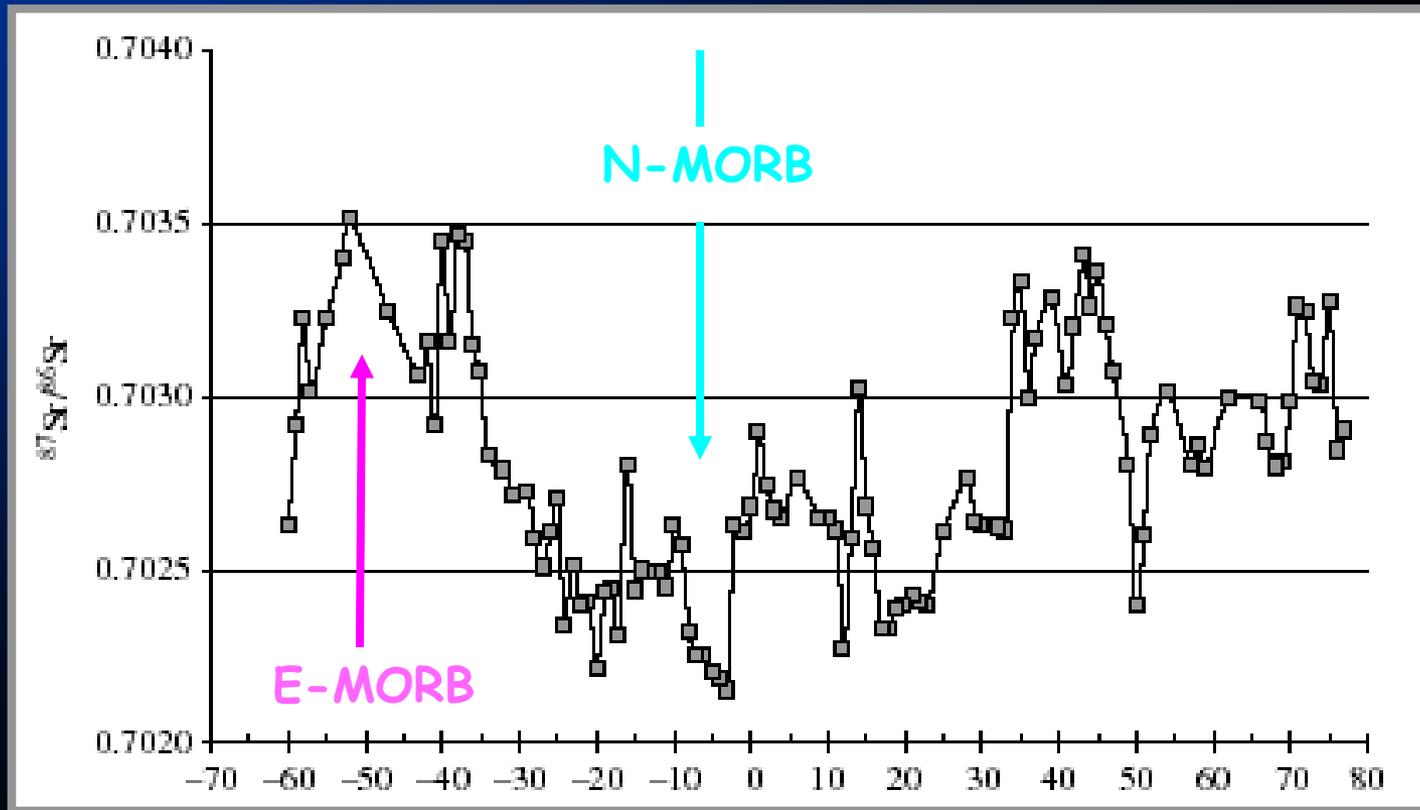


- Базальты, выплавляющиеся **из деплетированного мантийного источника**, на современном этапе развития Земли должны иметь **максимальный радиогенный ^{143}Nd**

Линия мантийной корреляции



Широтные вариации отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (СAX)



Вариации в составах базальтов различных океанов

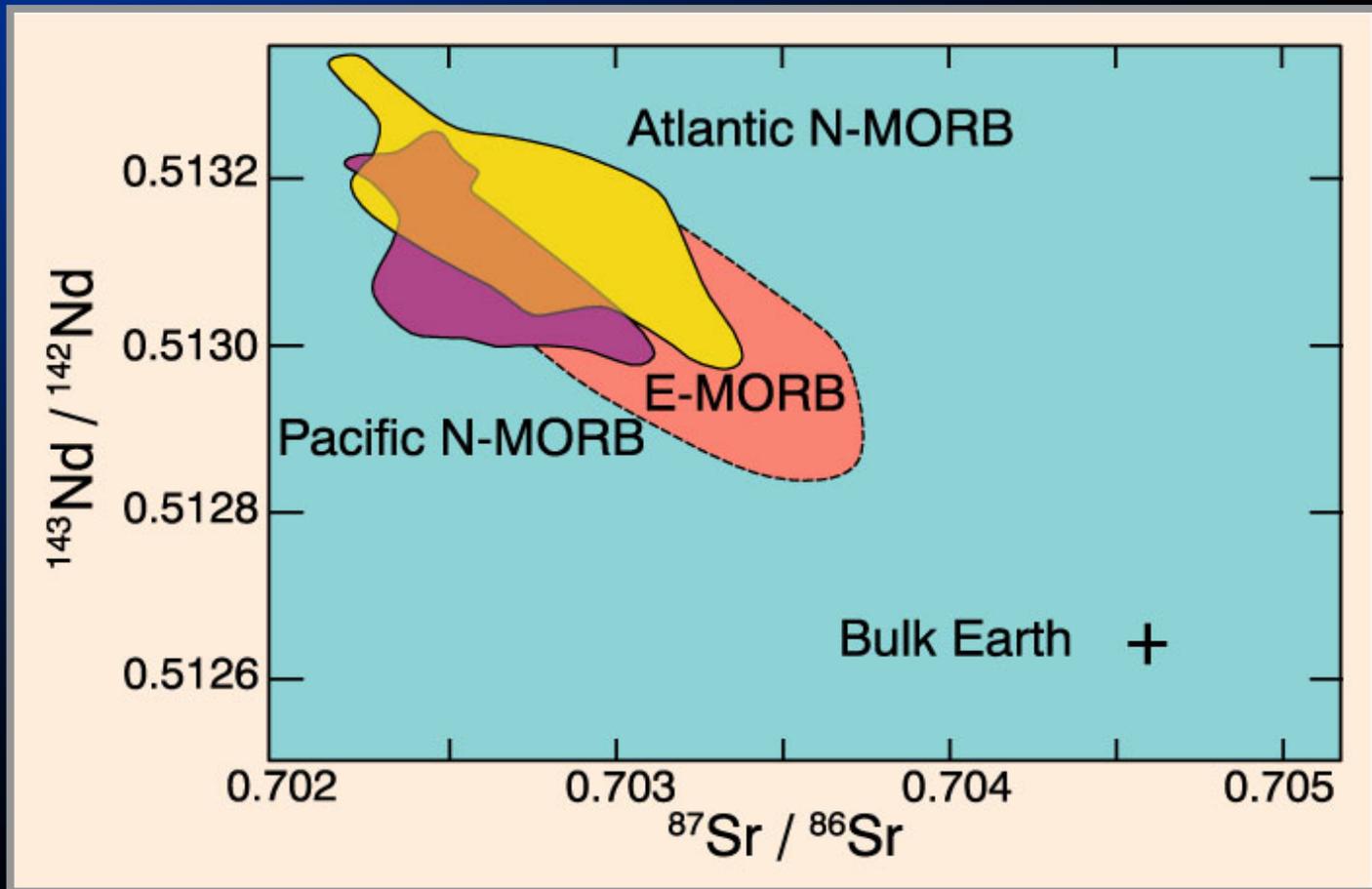


Схема генетических соотношений N-MORB и E-MORB

