

Новая тема:

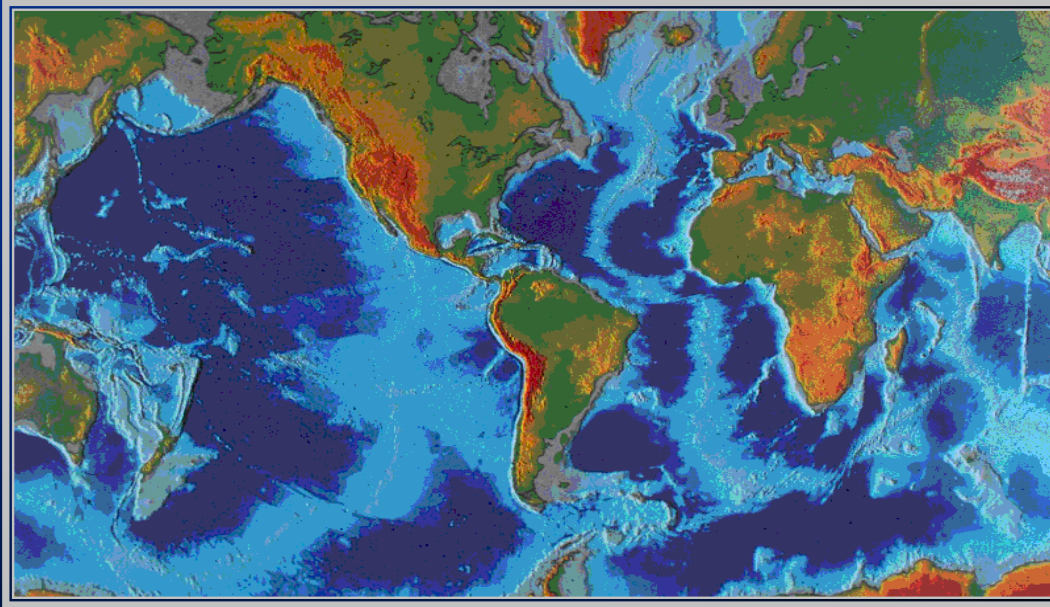
**МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ ОКЕАНОВ И
ПРОИСХОЖДЕНИЕ ТОЛЕИТОВЫХ СЕРИЙ МОРВ**

Лекция № 11

**ОСНОВЫ ГЕОЛОГИИ ОКЕАНОВ И ОСОБЕННОСТИ
ОКЕАНИЧЕСКОГО МАГМАТИЗМА**



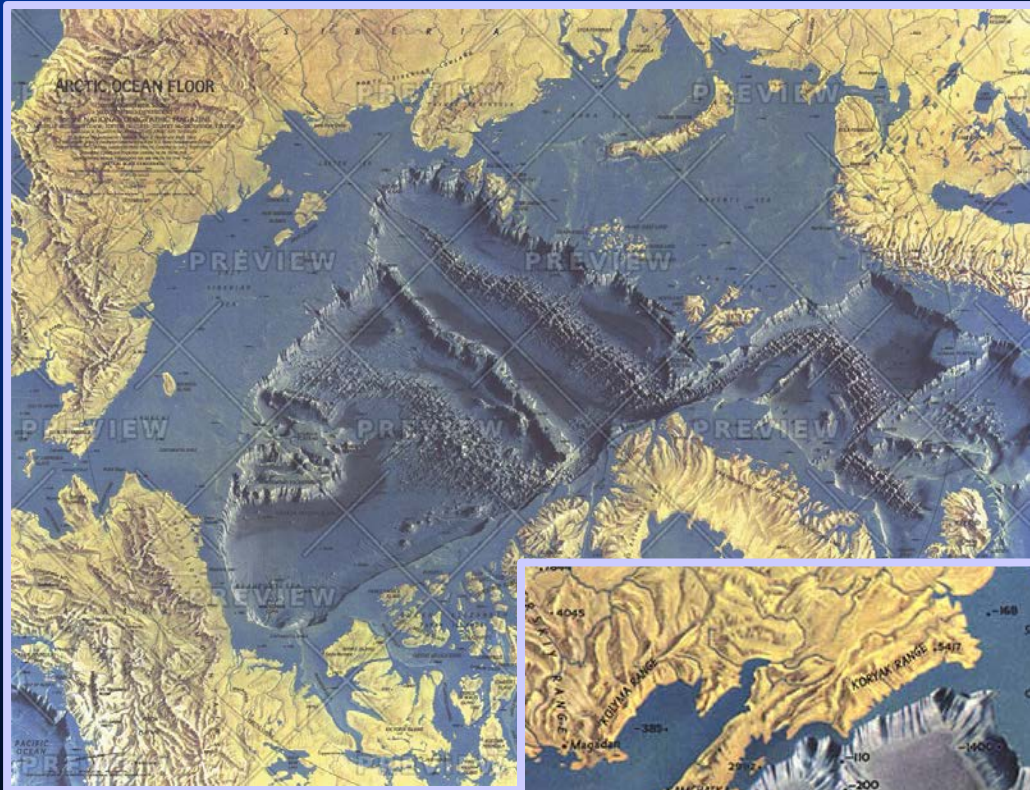
ОСНОВЫ ГЕОЛОГИИ ОКЕАНОВ



Главные тектоно-морфологические типы океанических областей:

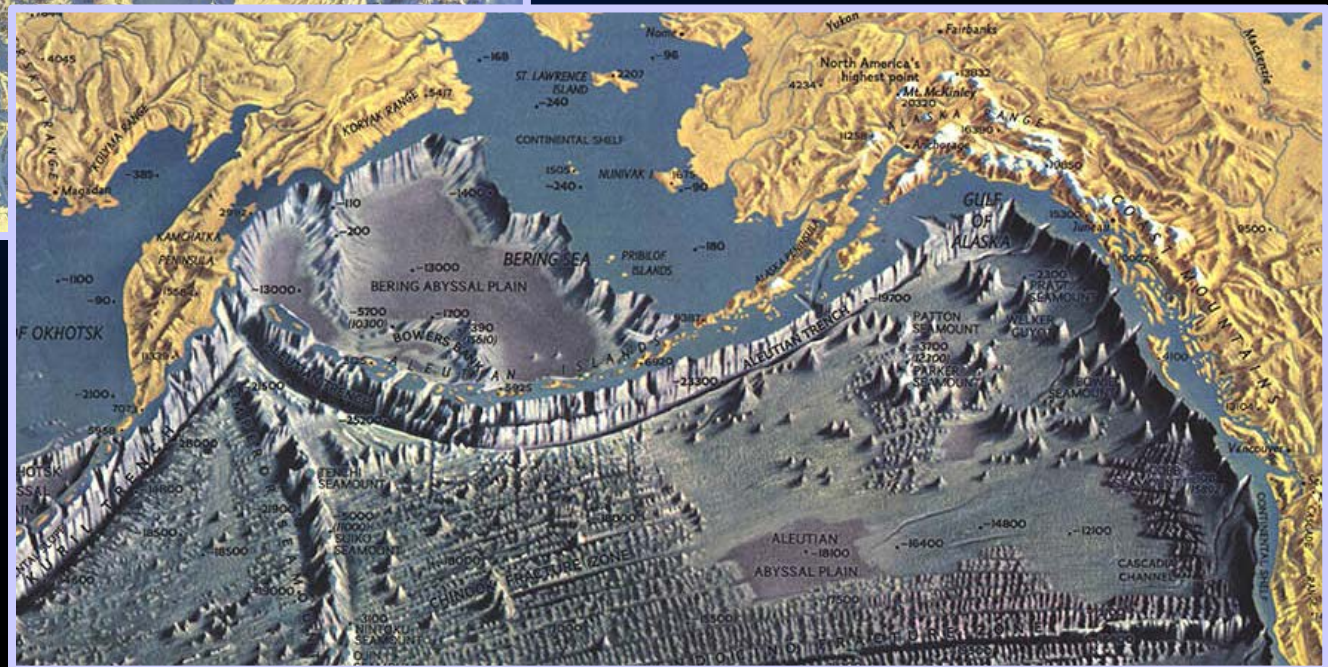
- океанические котловины (абиссальные равнины)
- океанические хребты
- глубоководные желоба в зонах сочленения
- океан-океан и
- океан-континент (континентальные окраины)

1. Океанические котловины



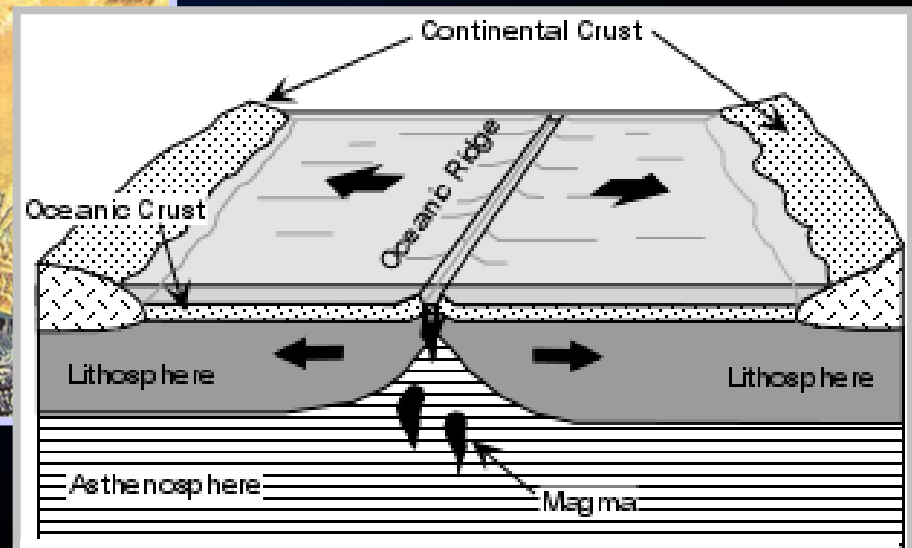
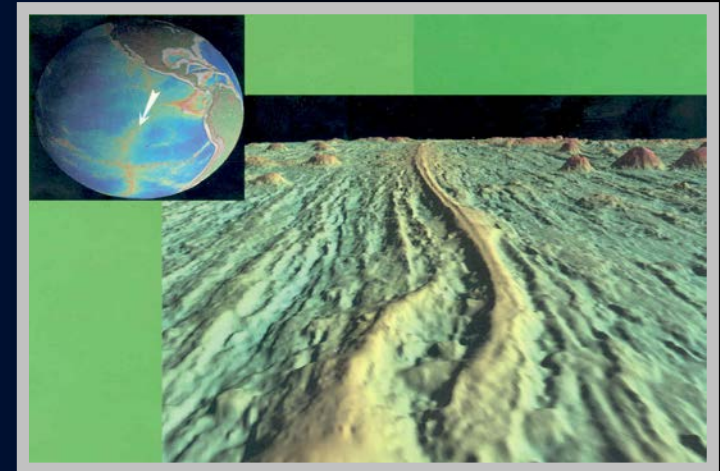
Арктический океан

Северная часть Тихого океана



2. Океанические хребты

Морфология хребтов

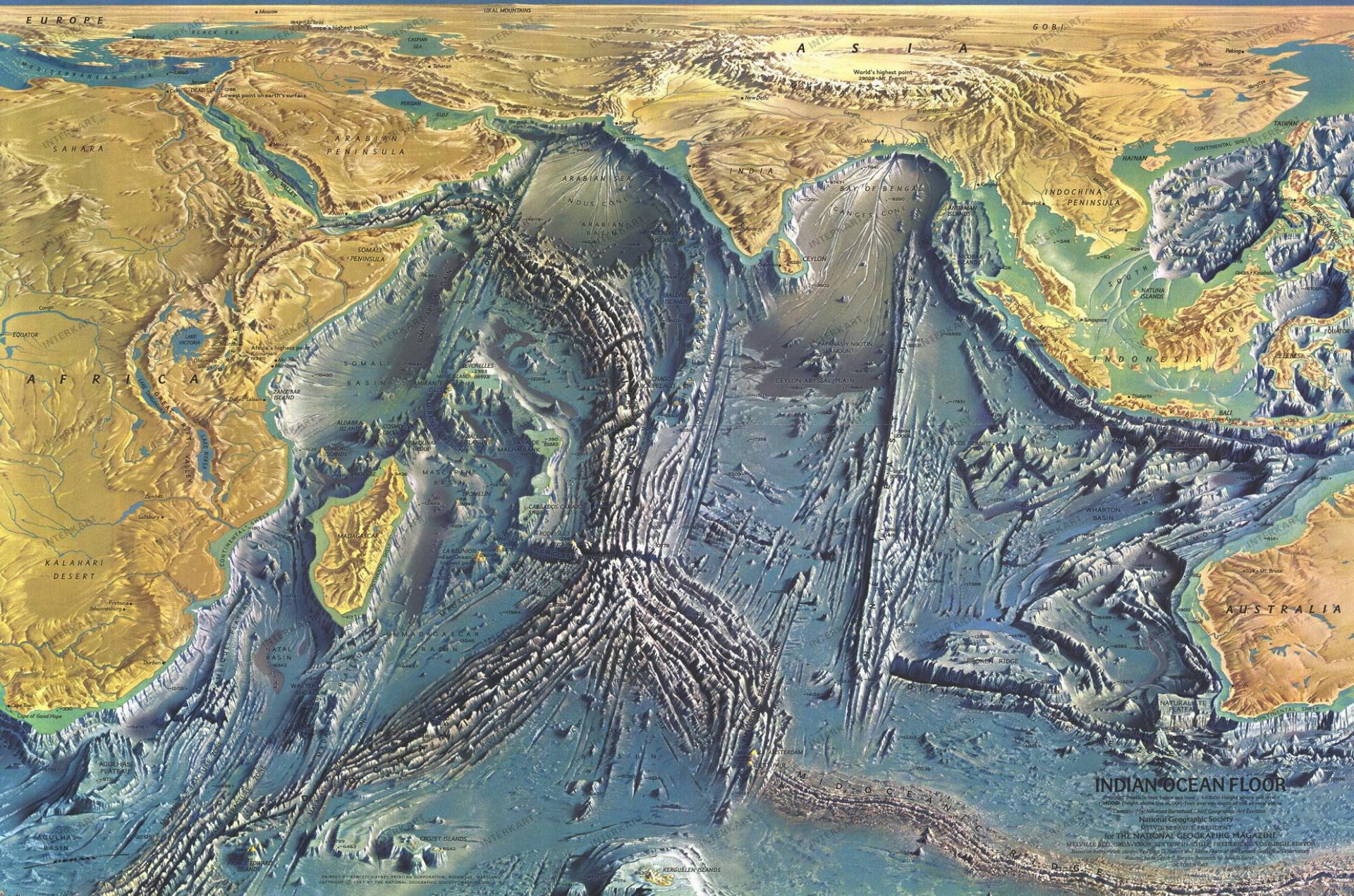


Центральная и северная
часть Атлантики

Схема строения
зоны спрединга

Дивергентная граница океанических плит

Океанические хребты и равнины Индийского океана

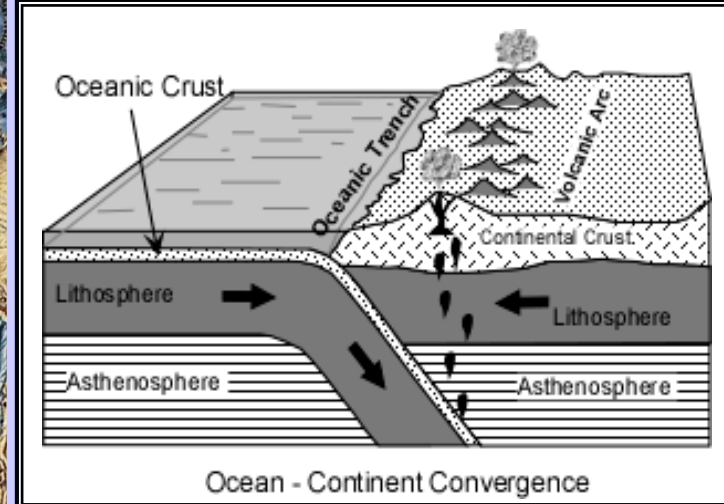
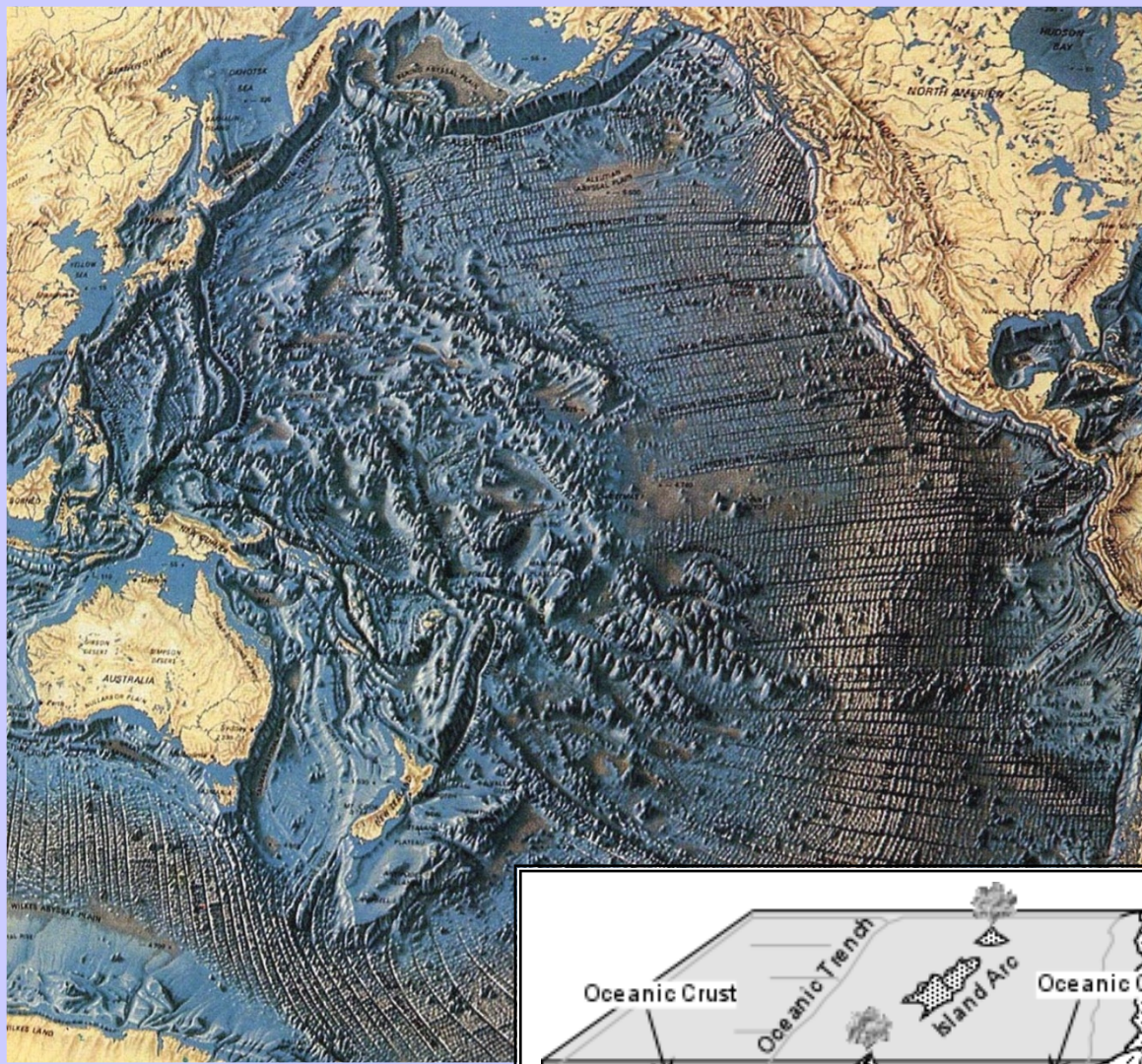


INDIAN OCEAN FLOOR

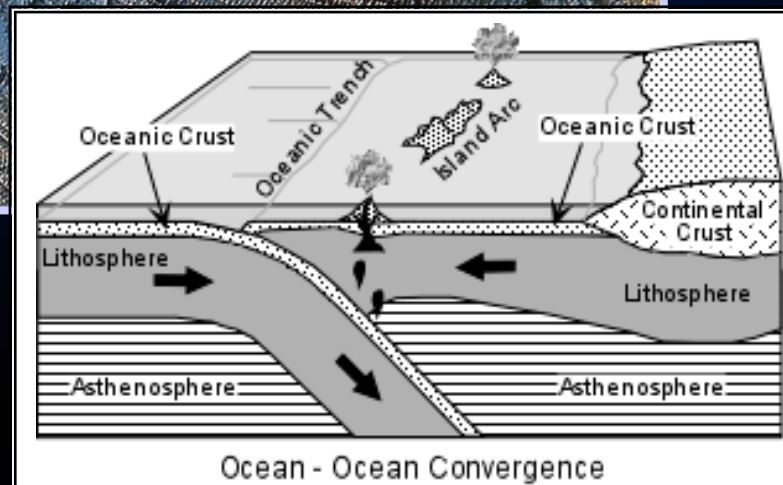
© 1997 by The National Geographic Society
For the National Geographic Magazine
Melville J. Bell, Chairman; Robert M. Anderson, President; Robert M. Anderson, Editor
National Geographic Society, 1145 17th Street, N.W., Washington, D.C. 20036
Published by National Geographic Society, 1145 17th Street, N.W., Washington, D.C. 20036
October 1997

PRINTED BY HANCOCK PAPER PRODUCTS CORPORATION, ROSELAND, N.J. 07068
COPYRIGHT © 1997 BY THE NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY

3-4. Глубоководные желоба и окраины континентов



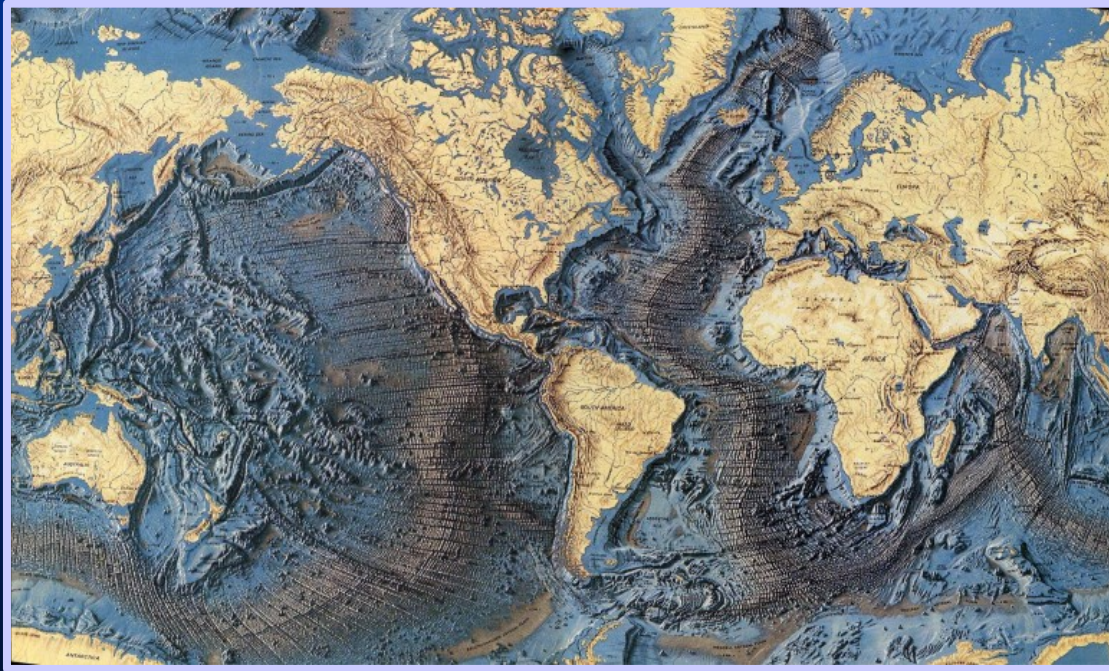
Конвергентная граница океан - континент



Конвергентная граница океан - океан

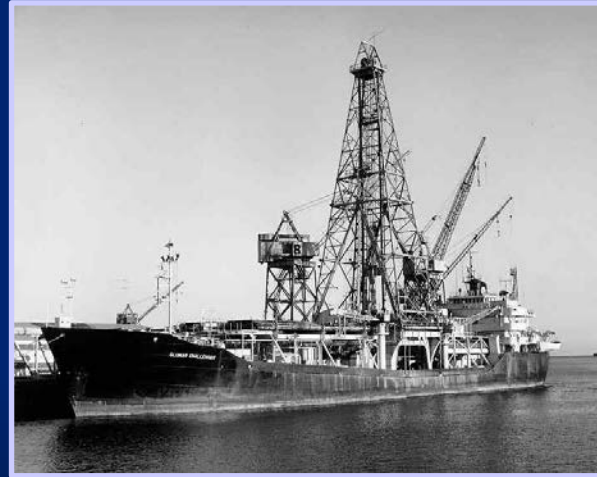
Морфология дна Тихого океана

Главные направления исследований океанов



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

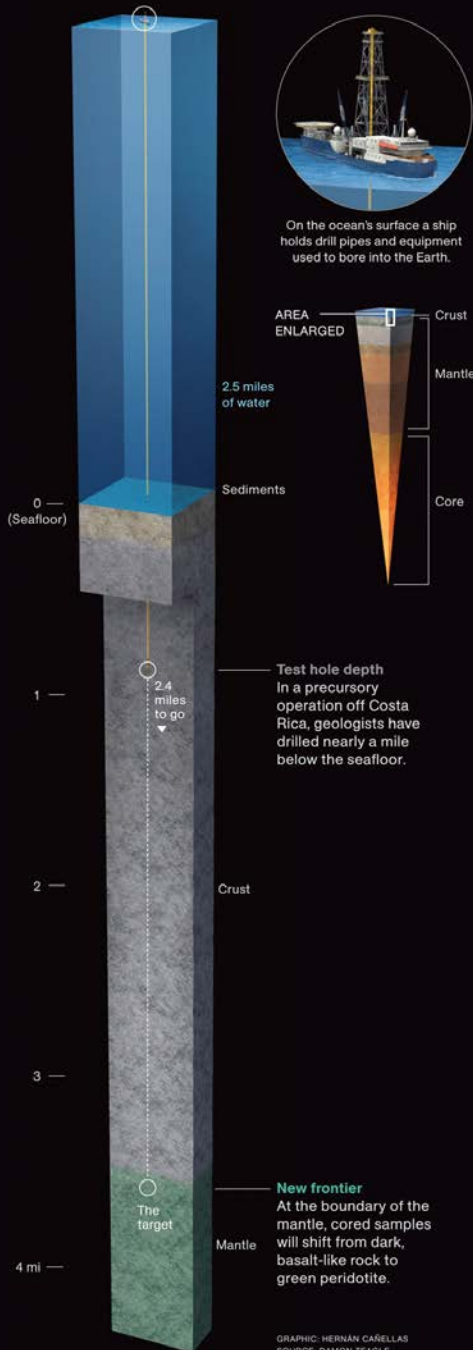
Значение международных проектов бурения океанического дна



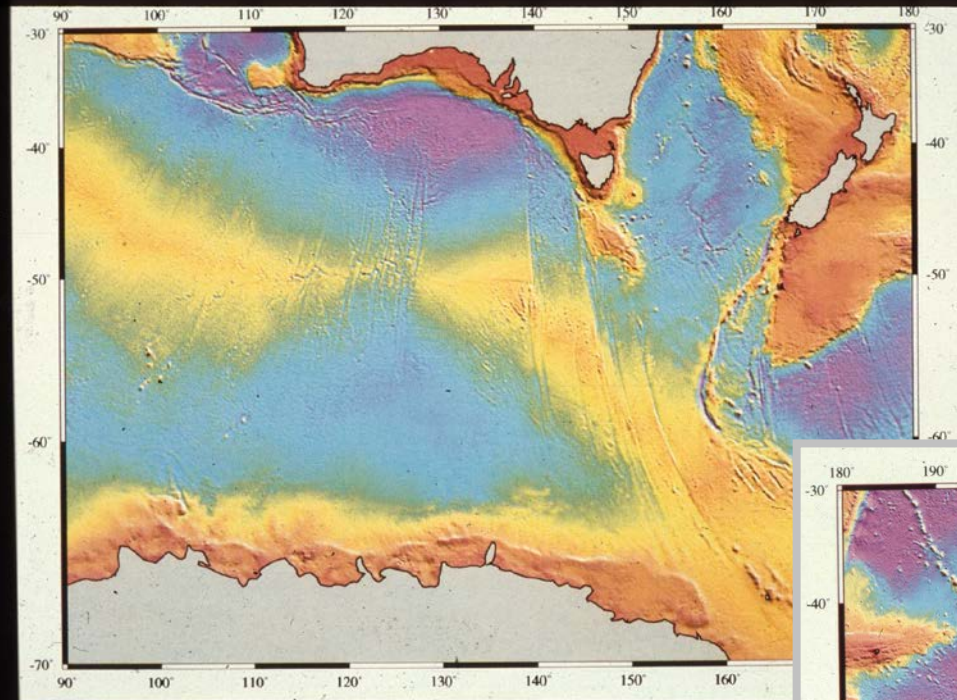
Glomar Challenger (1967)



JOIDES Resolution

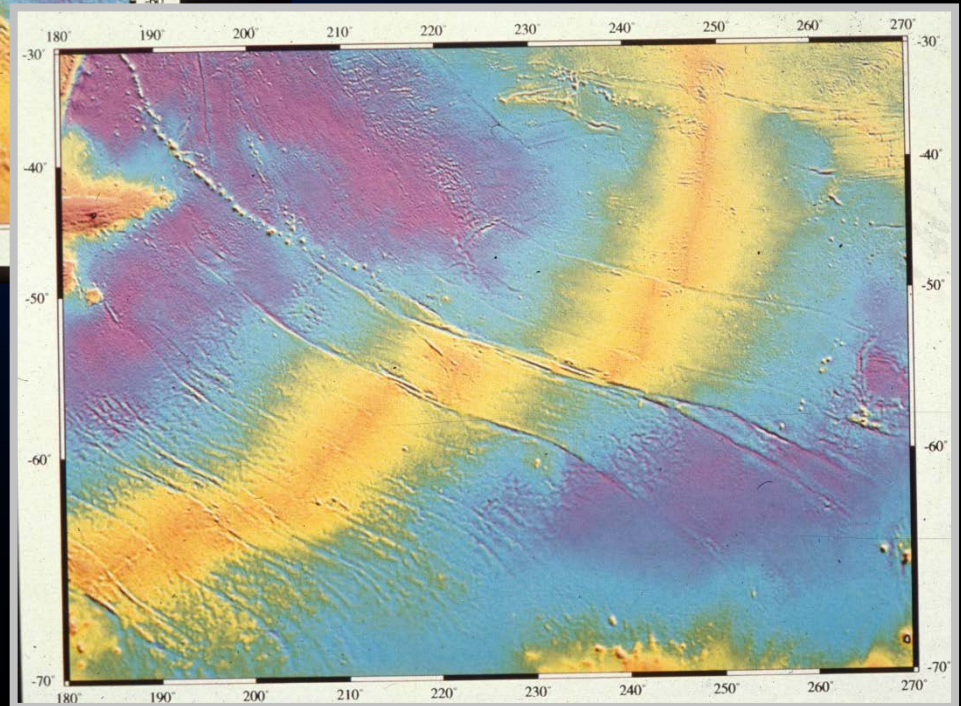


Примеры батиметрии океанических областей

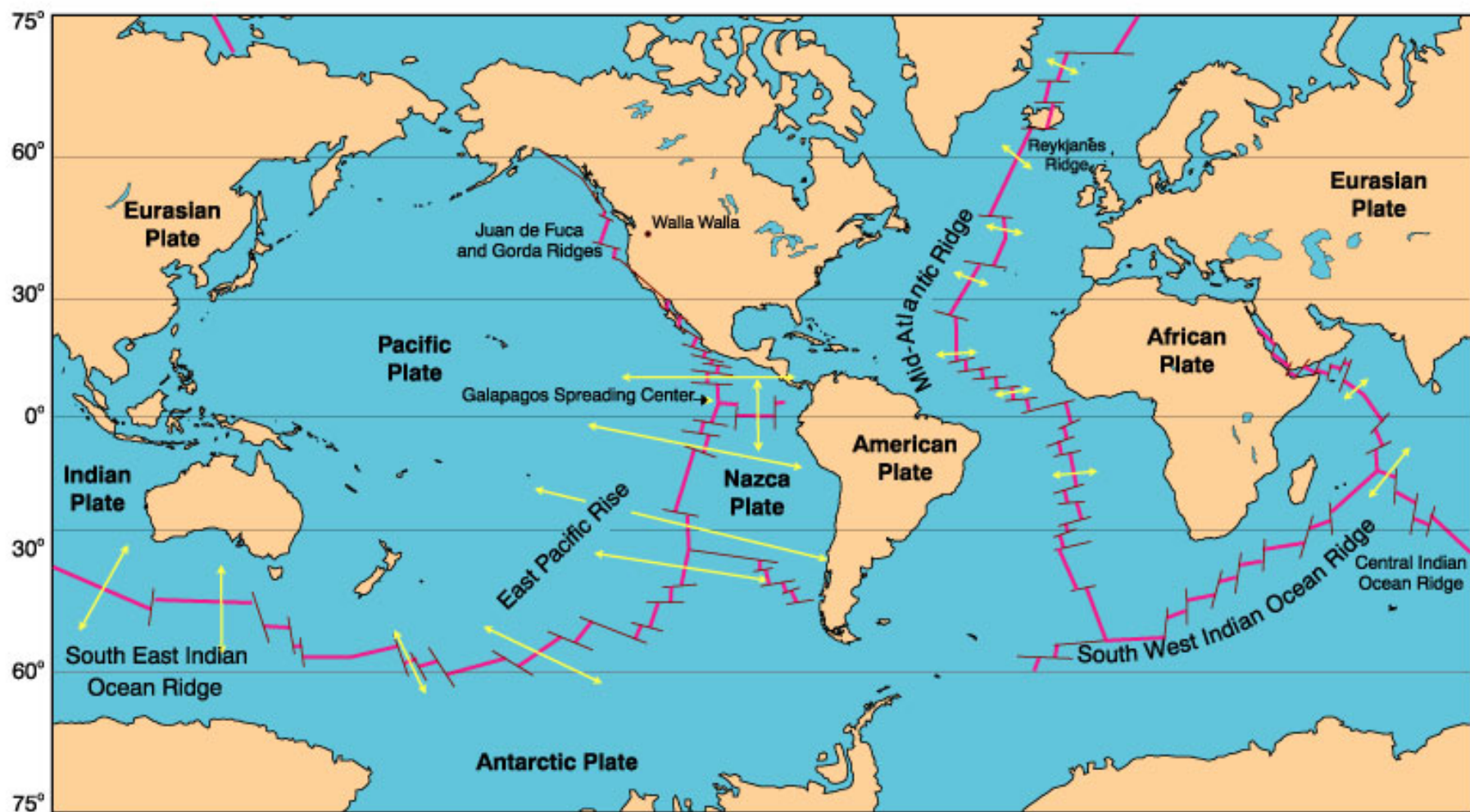


Рельеф дна антарктических морей Тихого океана

Трансформные разломы
Восточно-Антарктического
хребта

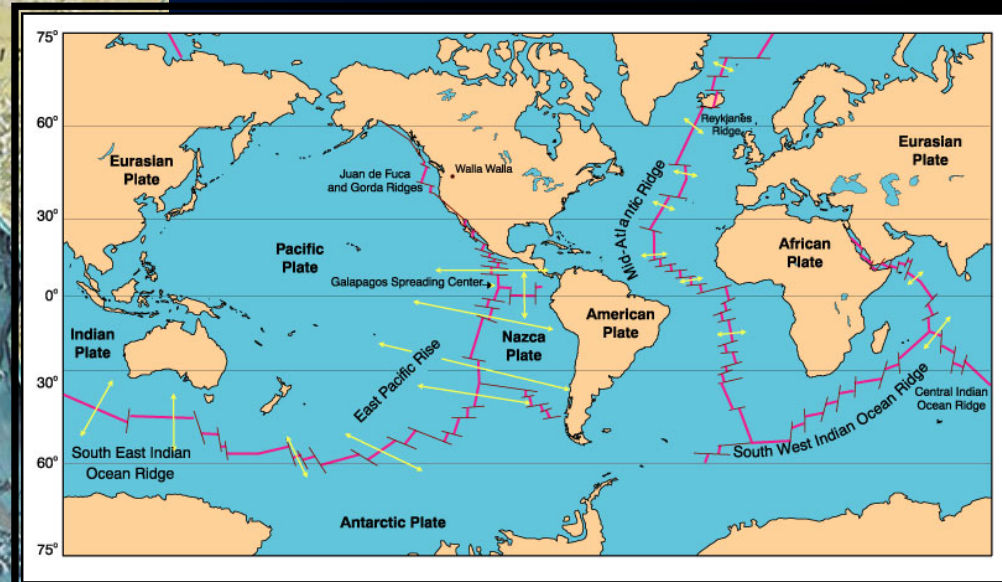


Мировая Система срединно-океанических хребтов



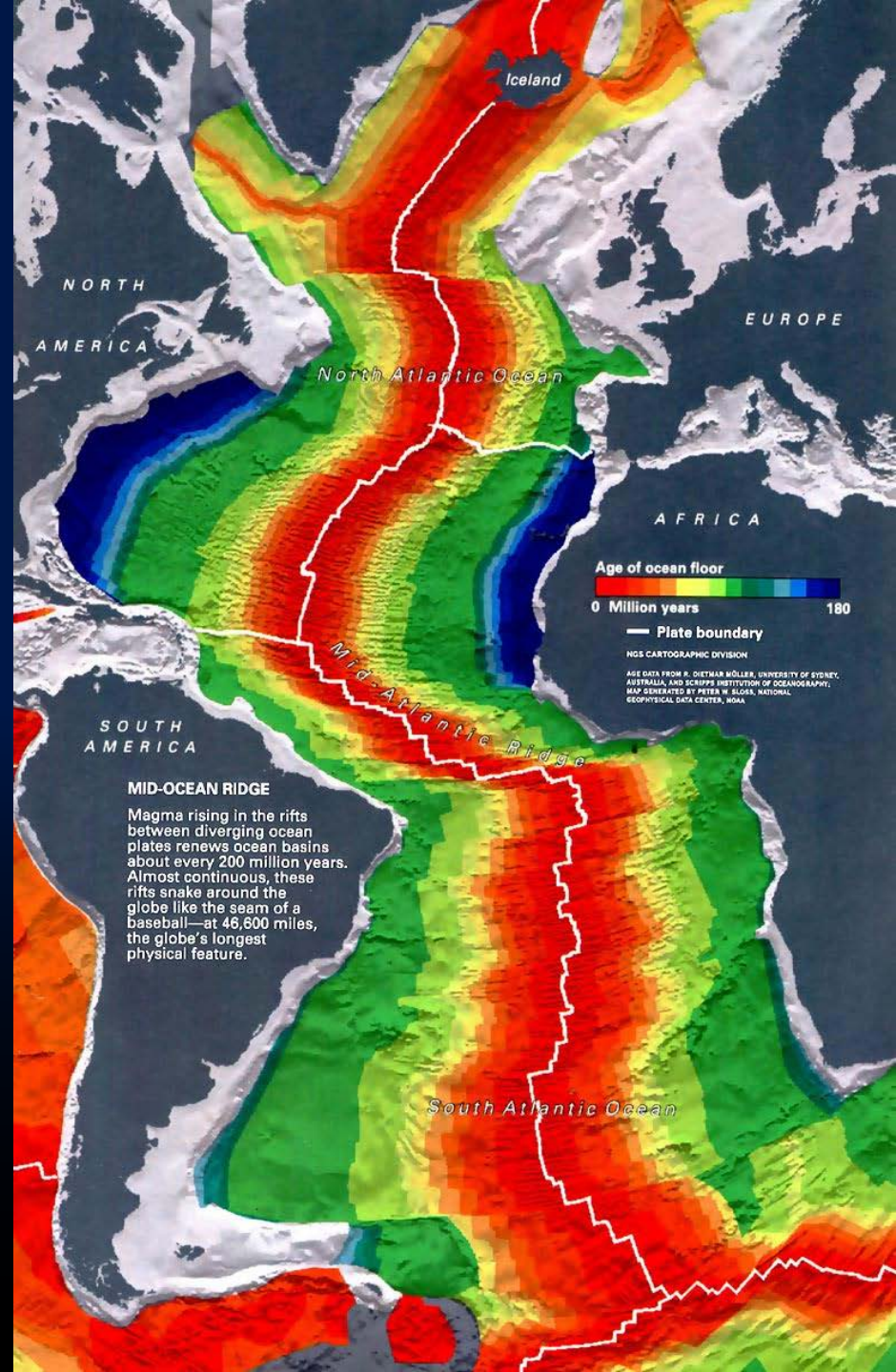


Срединно-Атлантический хребет



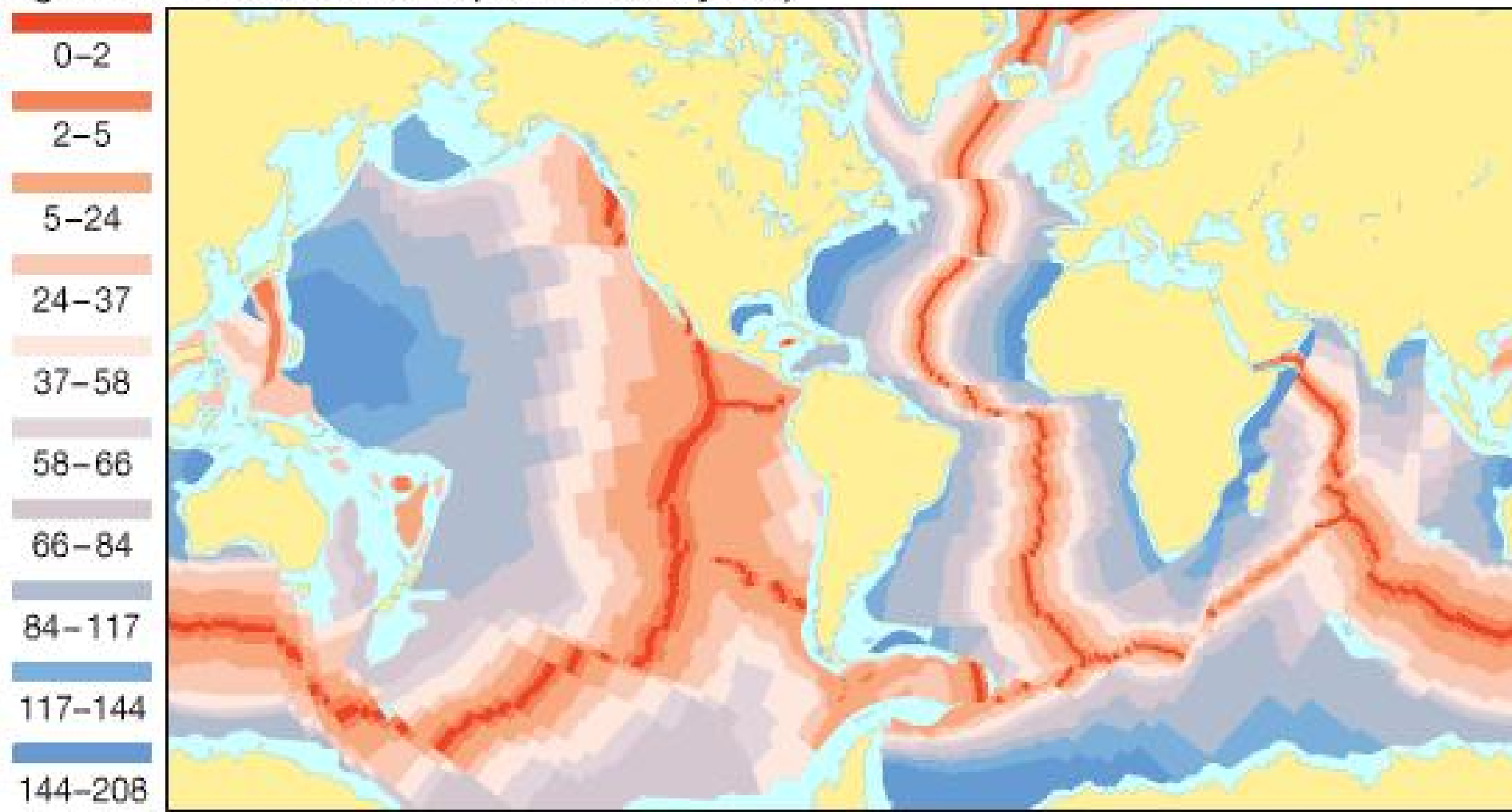
Мировая система Срединно-океанических хребтов

Базальтовые лавы и возраст пород Атлантического океана



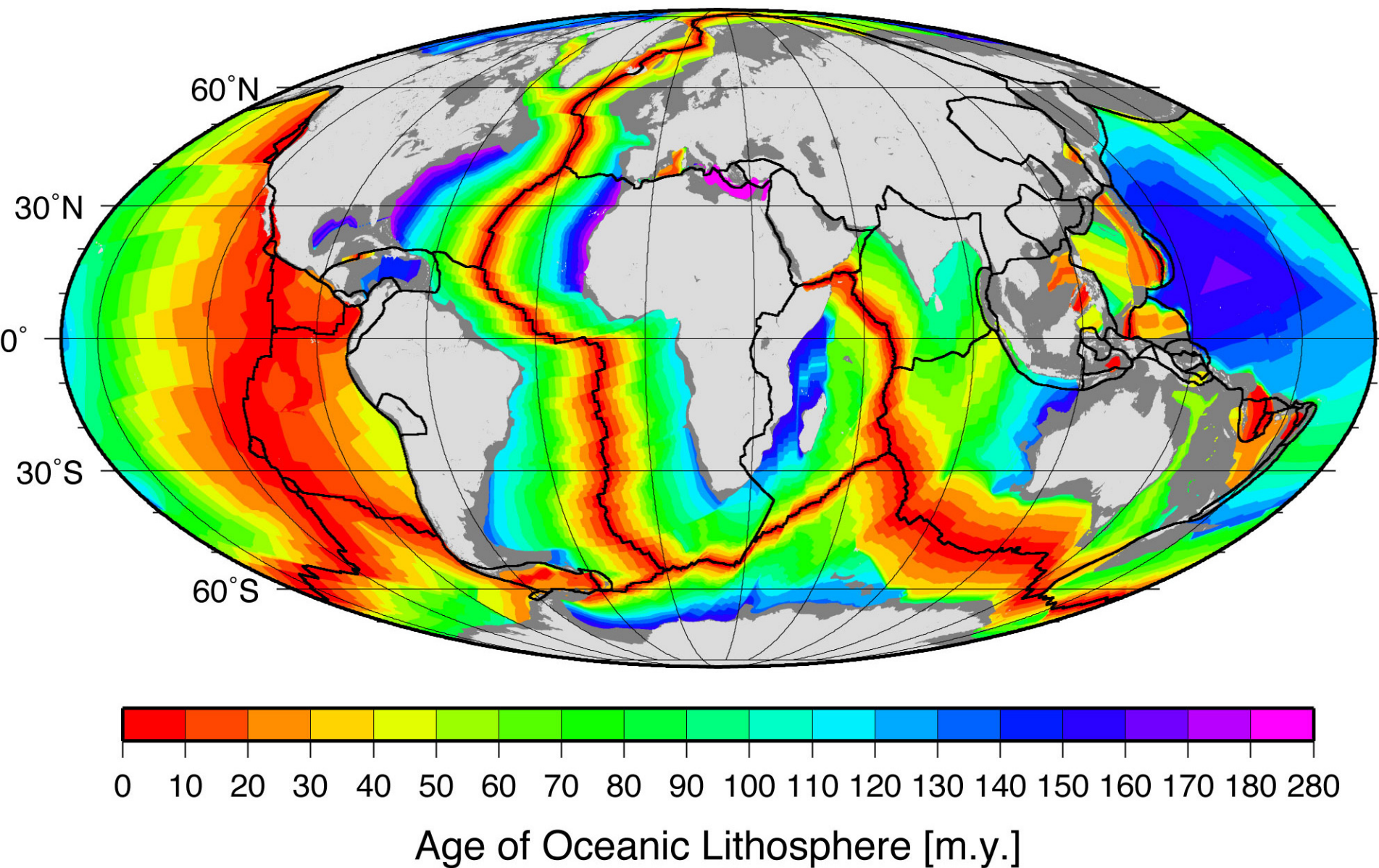
Возраст пород Мирового океана

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



© 2007 Encyclopædia Britannica, Inc.

Возраст пород Мирового океана



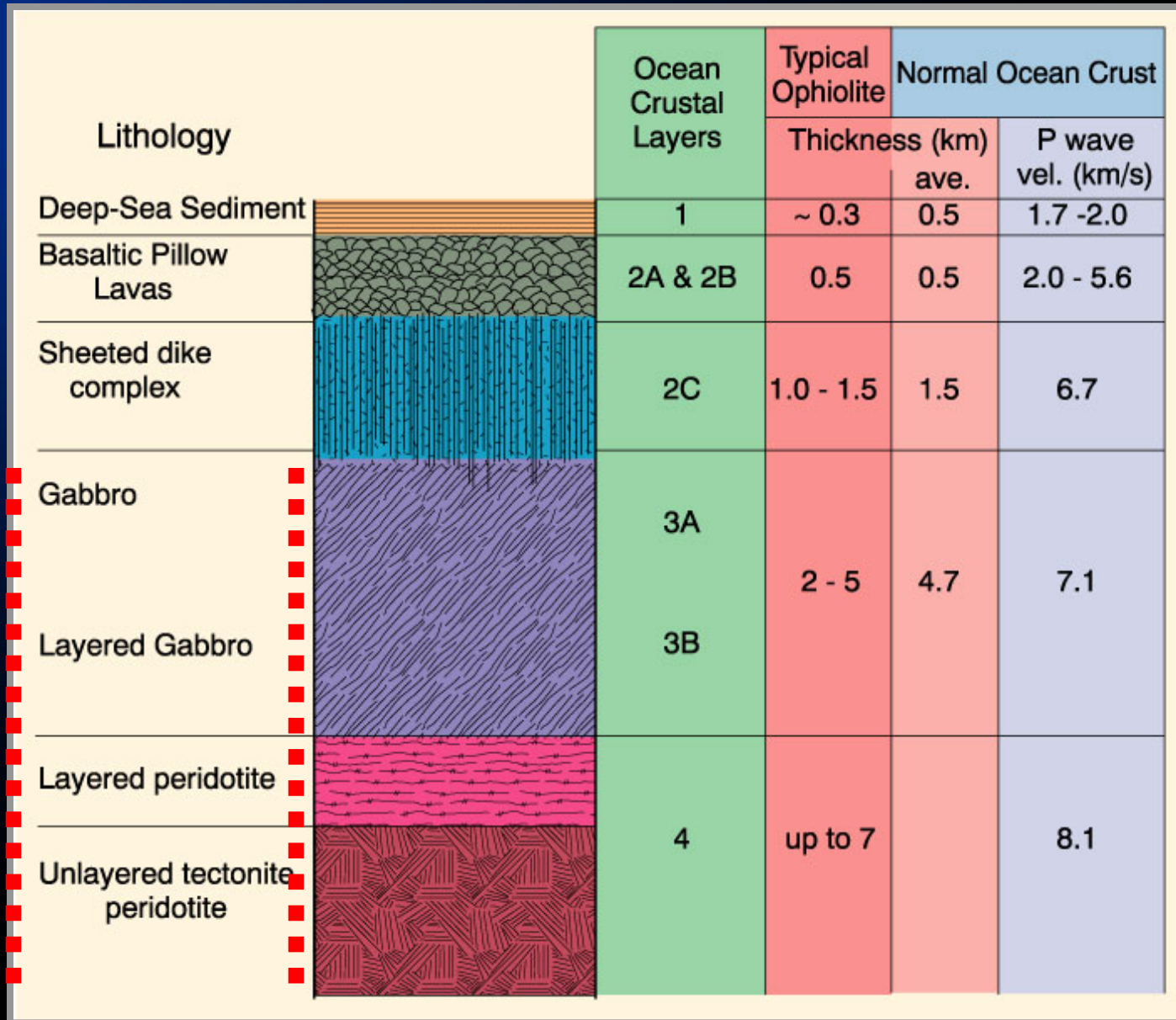
Каноническое строение океанической коры

I. Глубоководные осадки

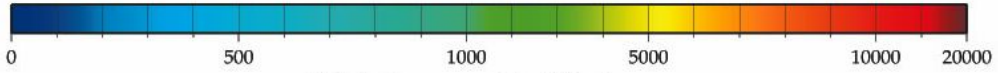
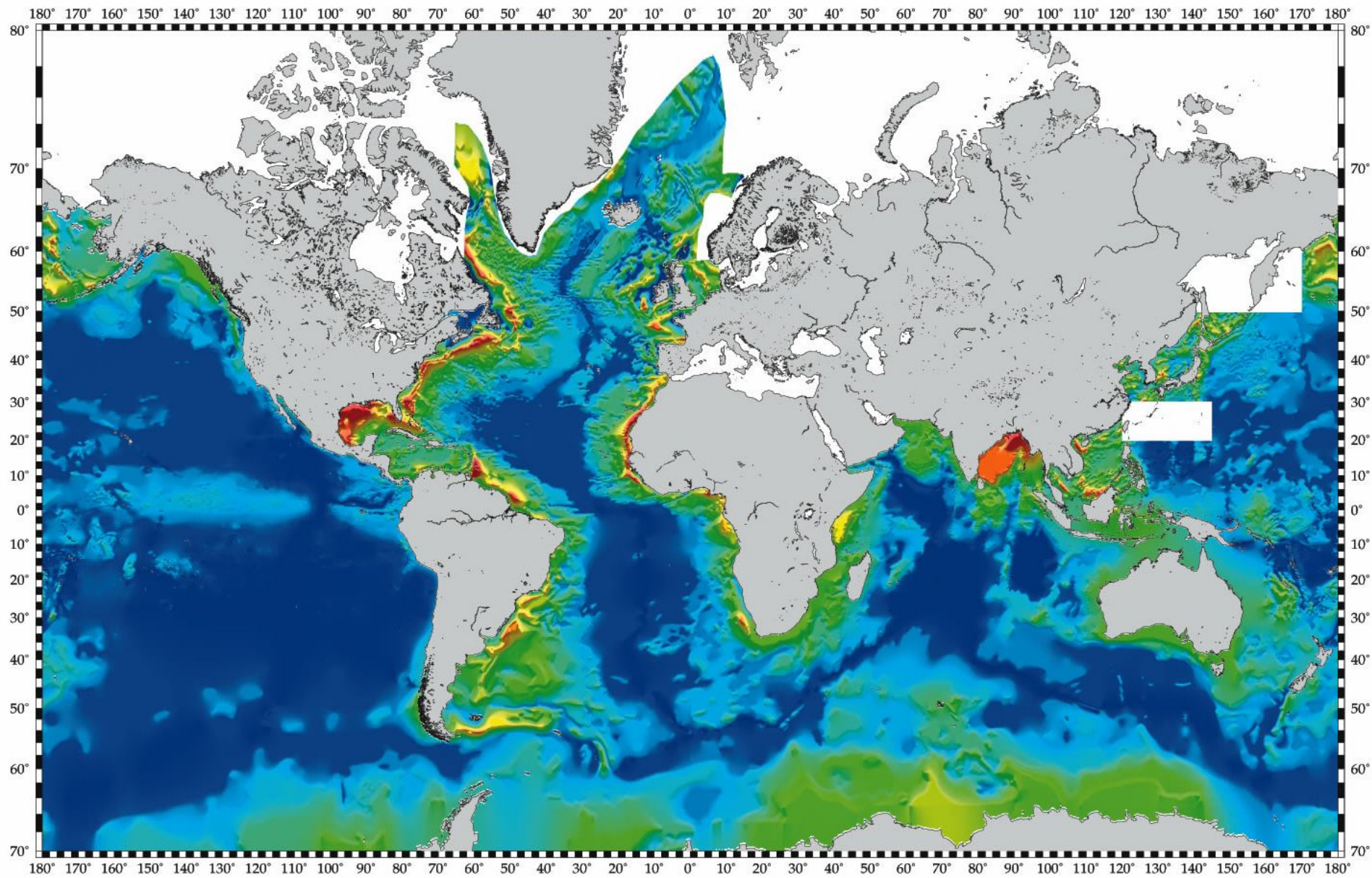
II. Пиллоу-лавы и дайковый комплекс

III. Изотропные и расслоенные габбро

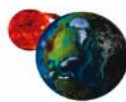
IV. Расслоенные и тектонизированные перидотиты



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



Thickness in Meters



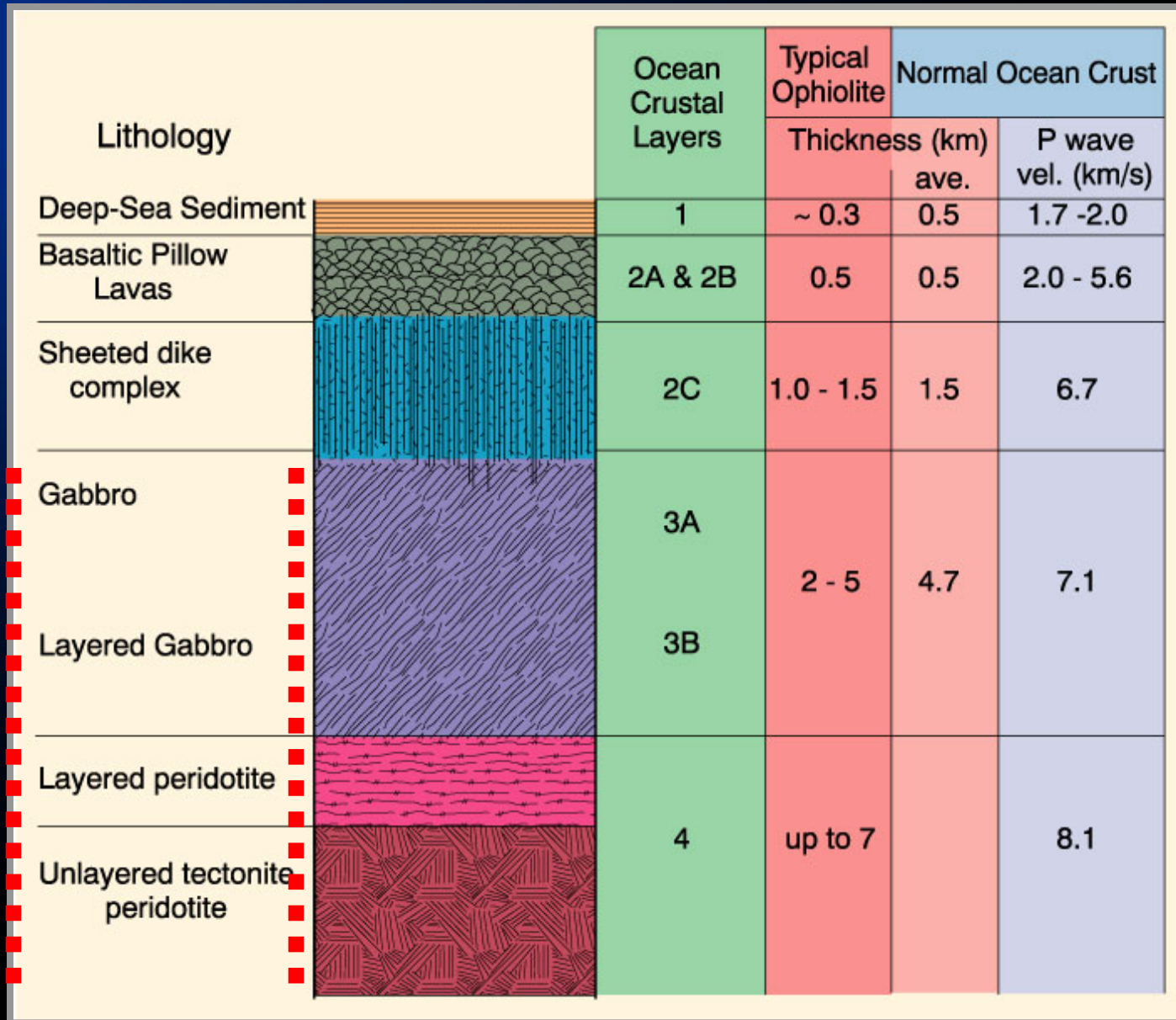
Каноническое строение океанической коры

I. Глубоководные осадки

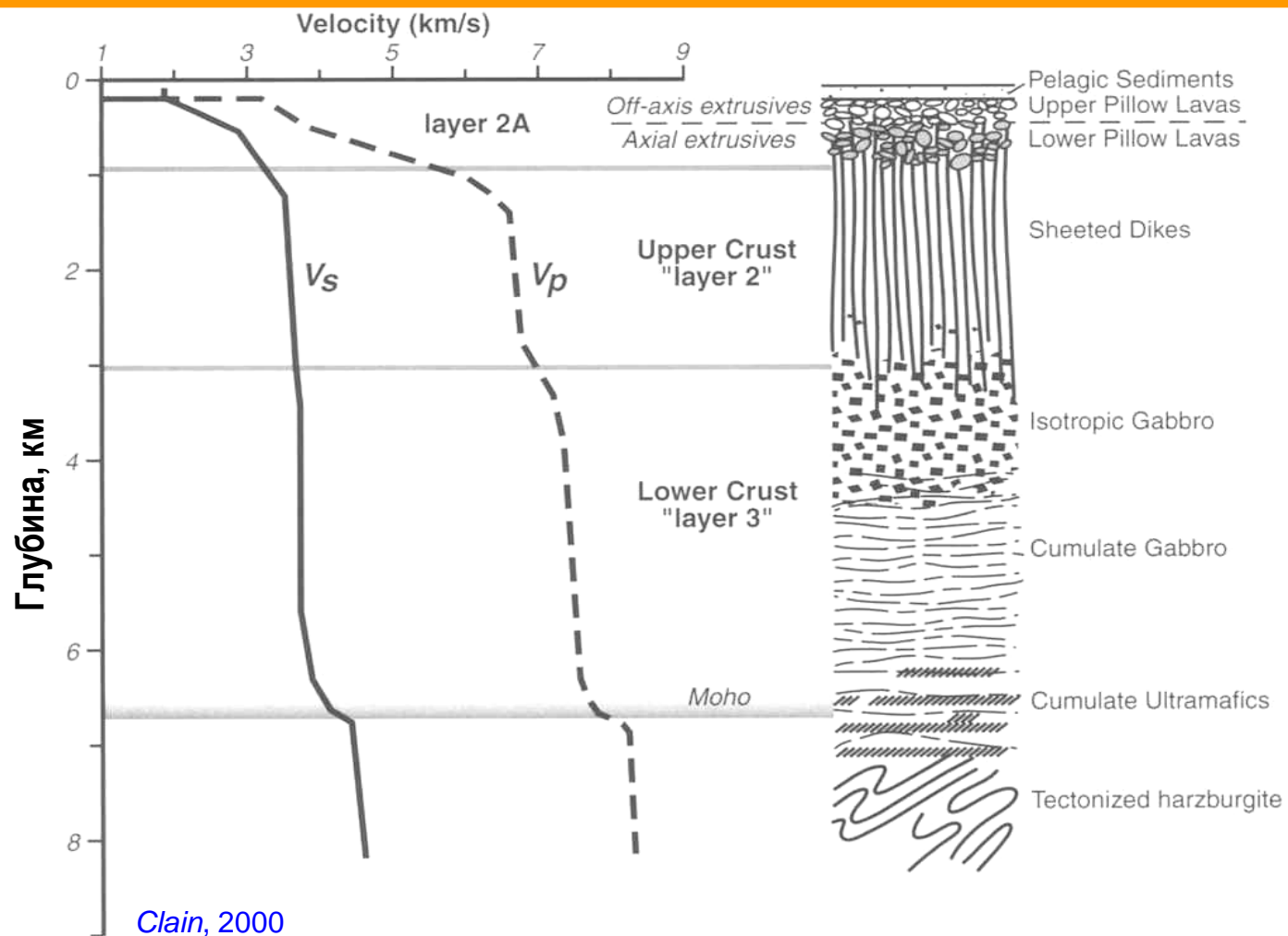
II. Пиллоу-лавы и дайковый комплекс

III. Изотропные и расслоенные габбро

IV. Расслоенные и тектонизированные перидотиты



Источники информации о строении коры: Скорости сейсмических волн



I (осадки)

IIa

IIb

III

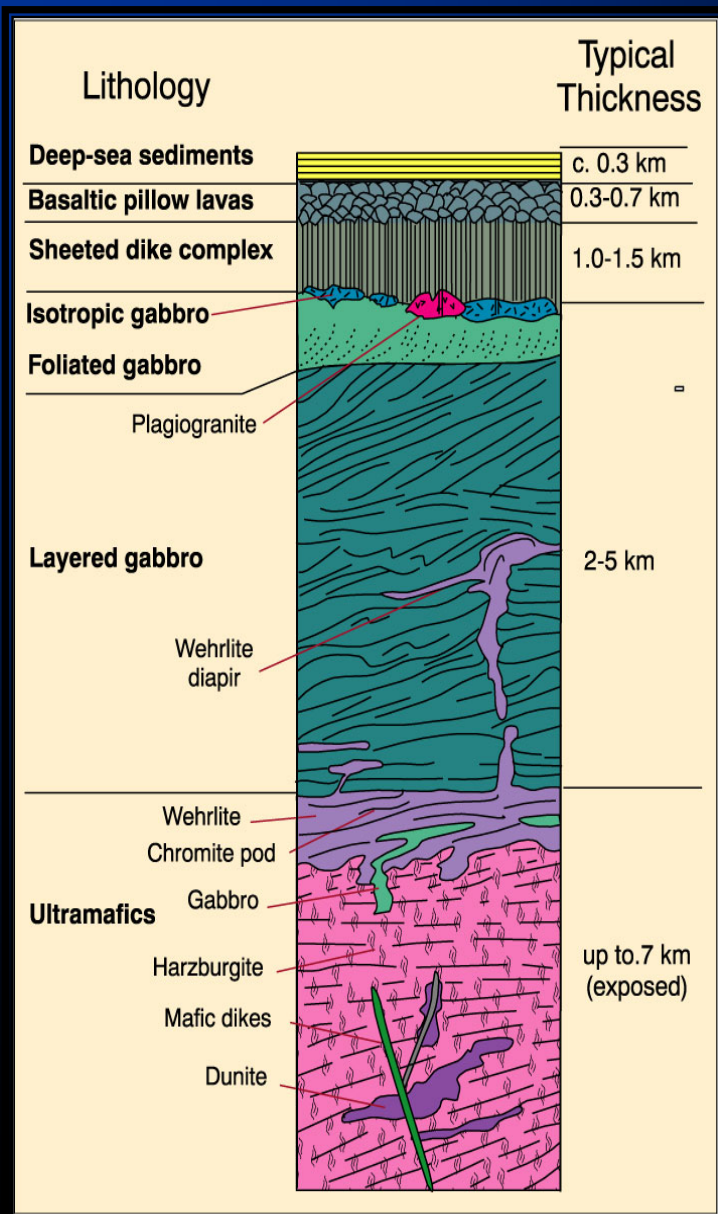
IV

Магматический комплекс
океанической коры

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



Офиолиты Омана: лавы, дайки, габбро, плагиограниты



Пиллоу-лавы



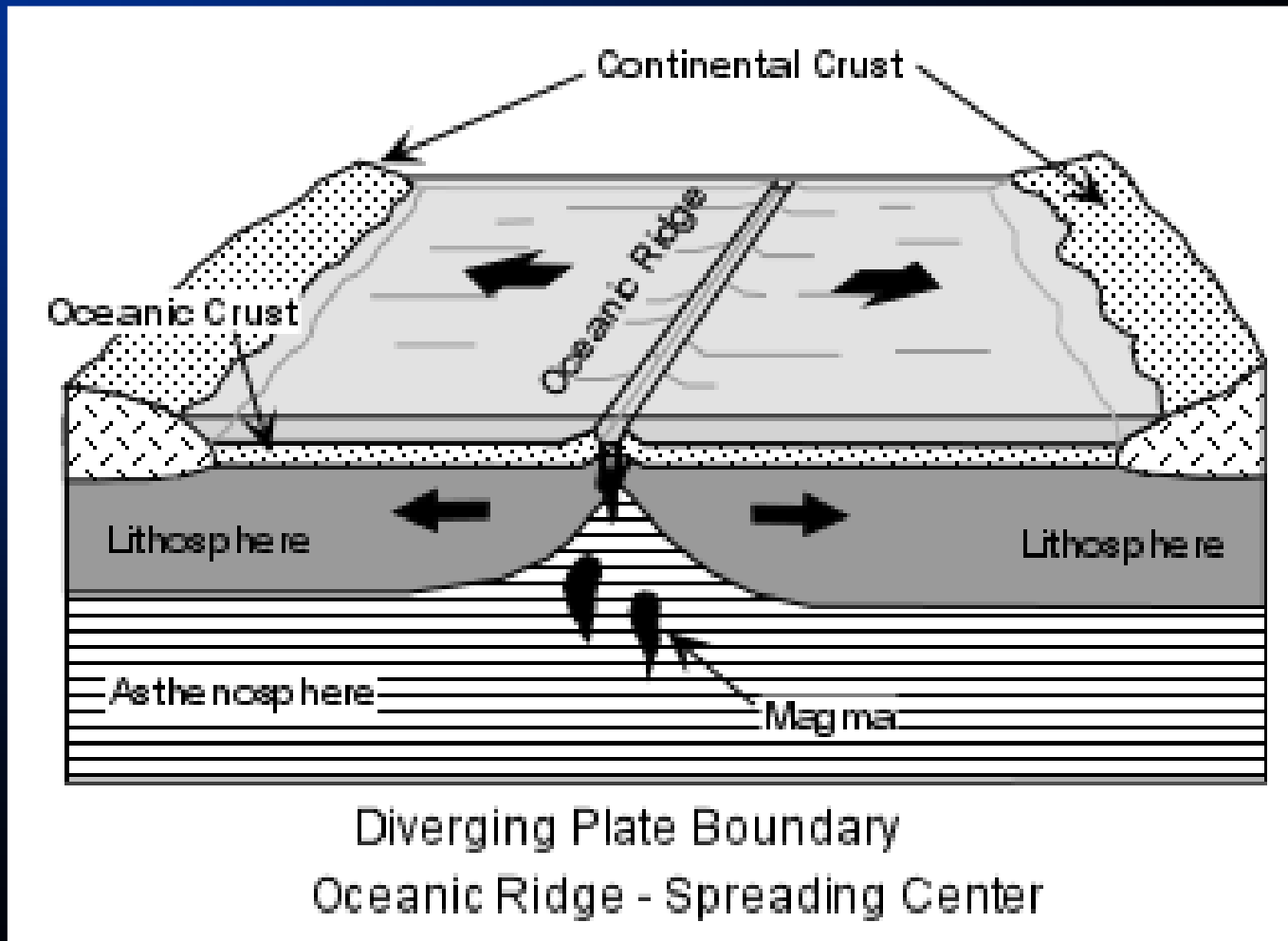
Дайки

Расслоенные габбро

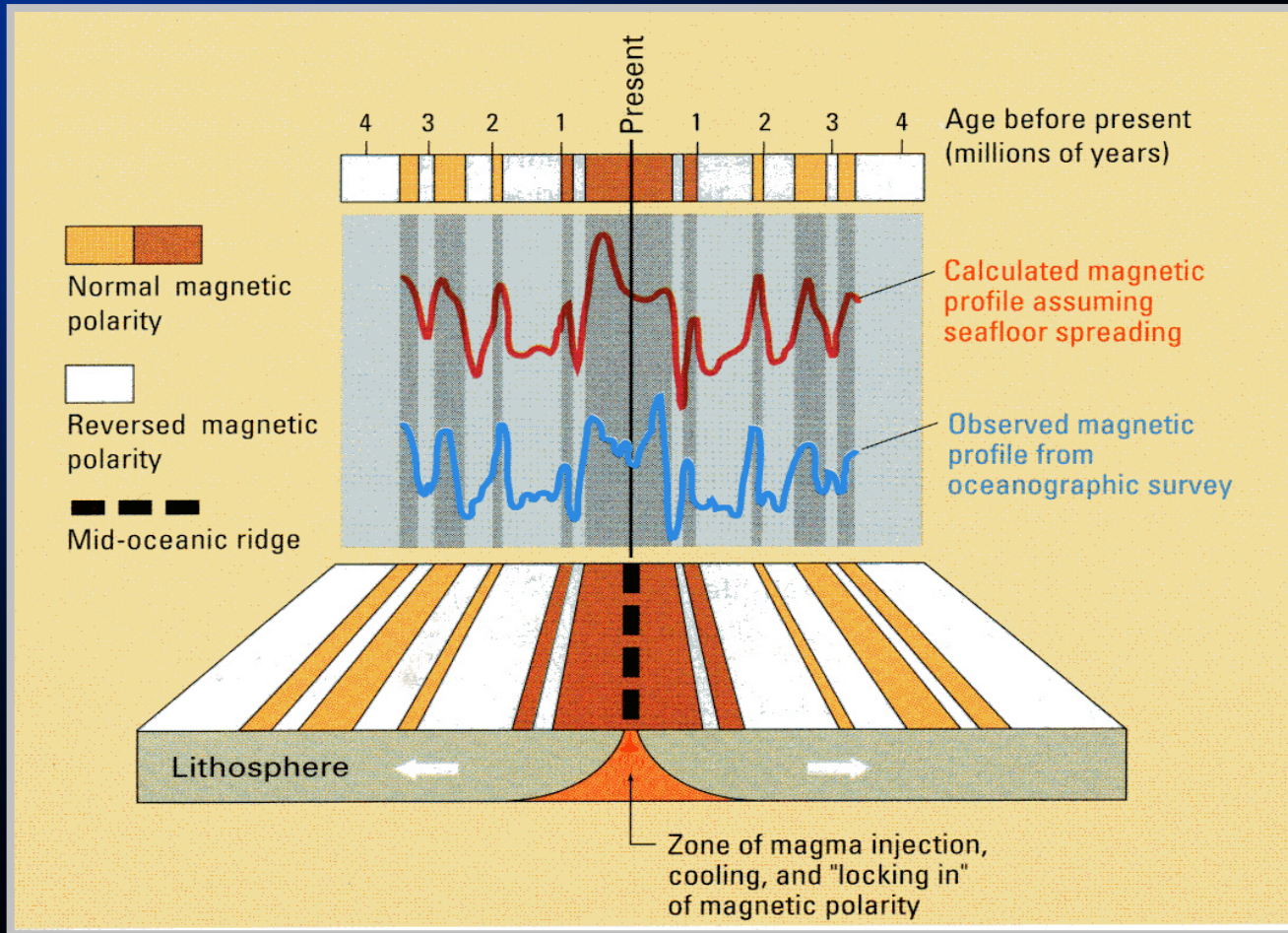


Жильные
плагиограниты

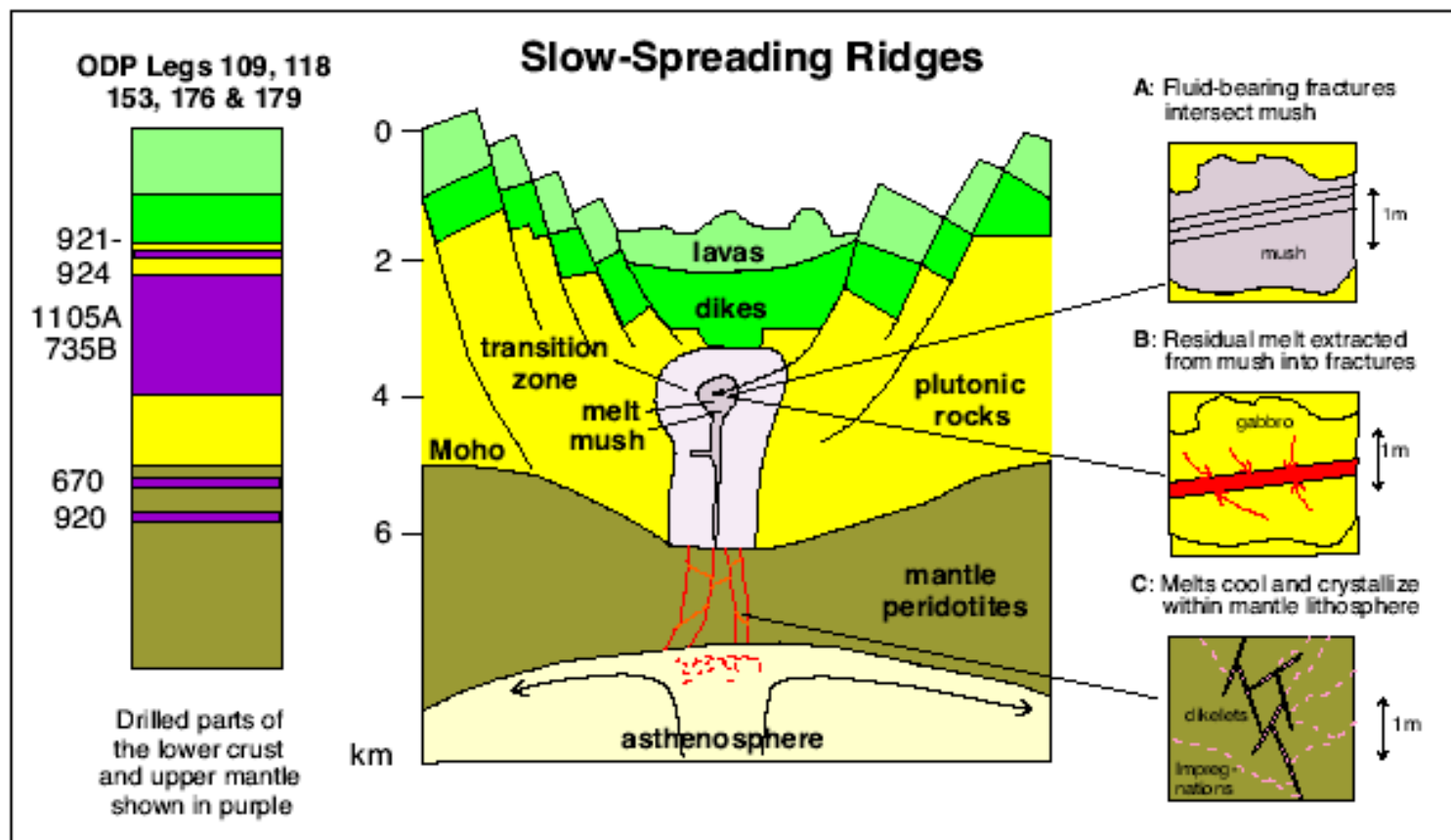
Классическая схема океанического спрединга



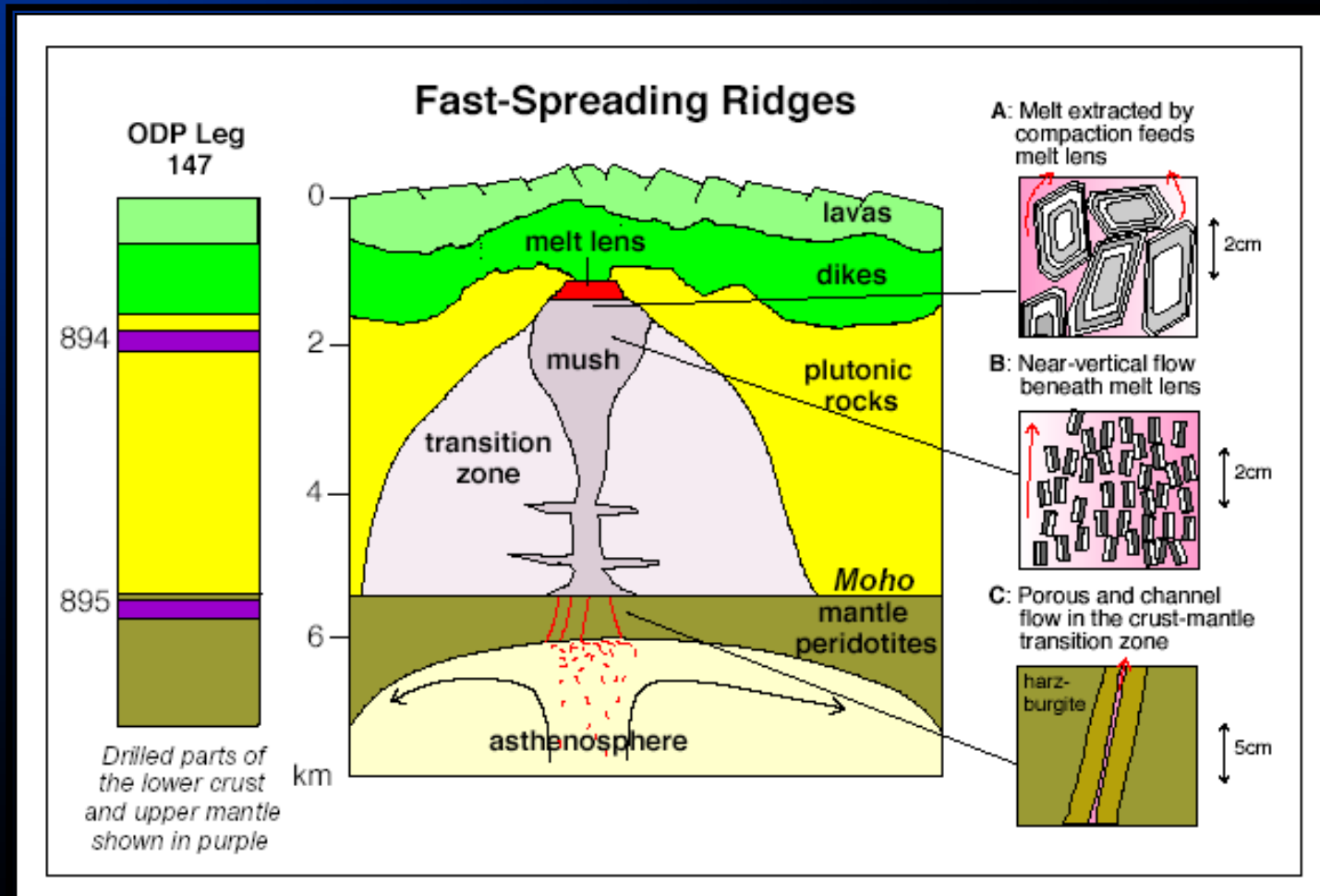
Остаточная намагниченность океанических базальтов в зоне океанического спрединга



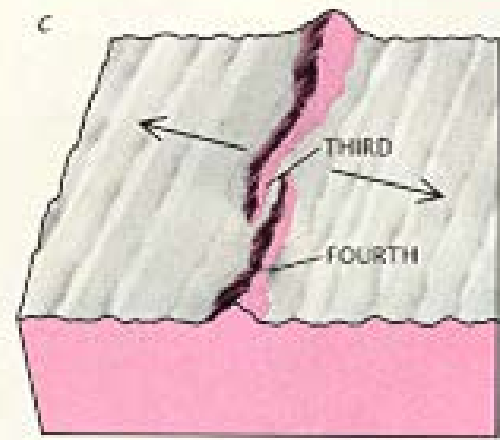
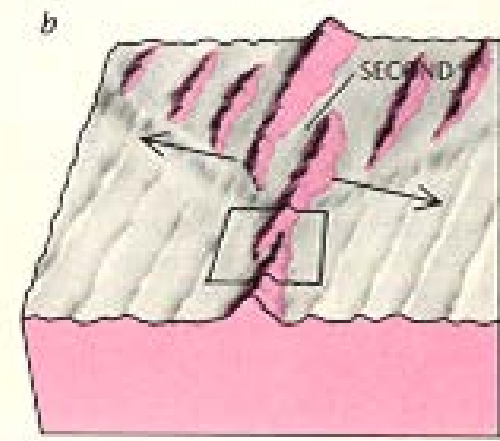
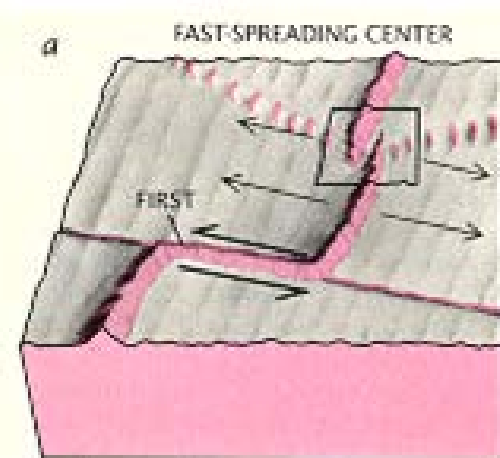
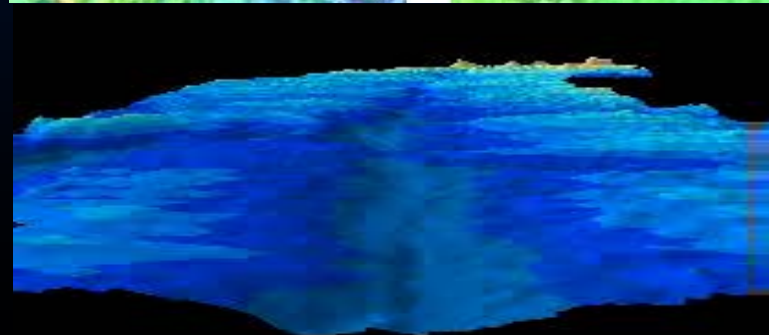
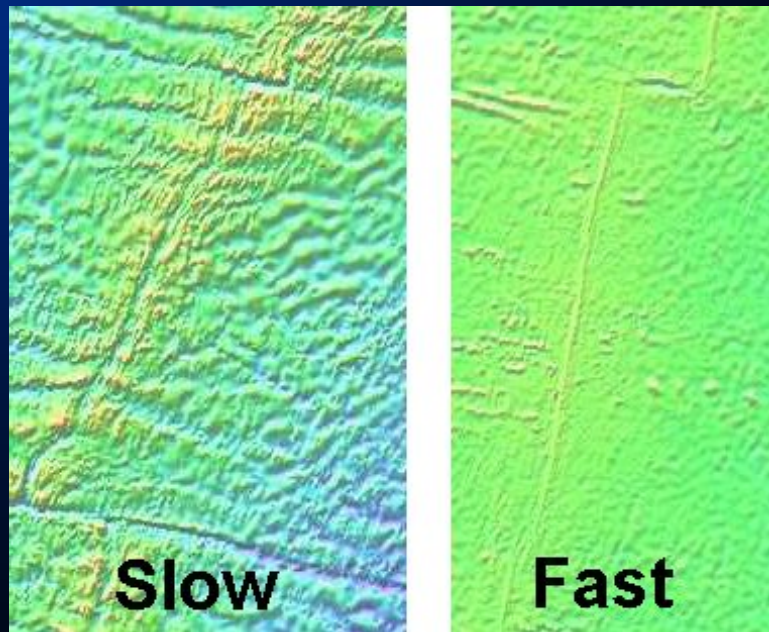
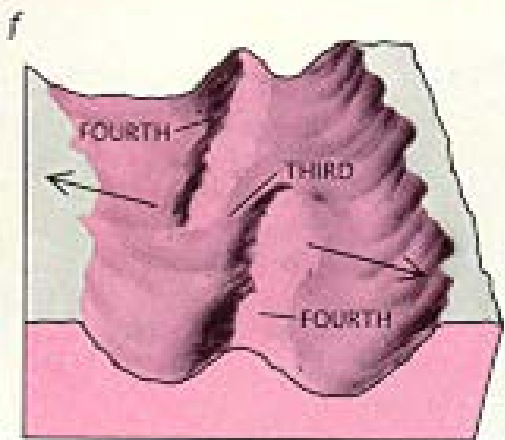
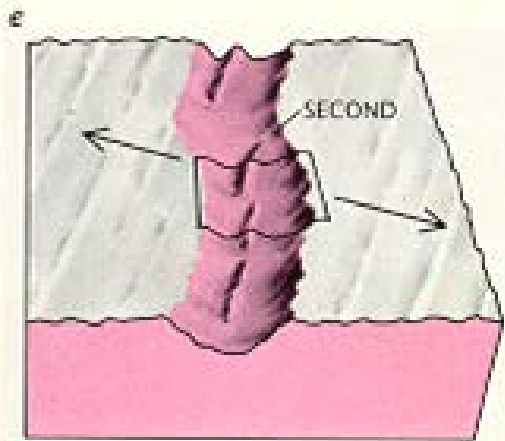
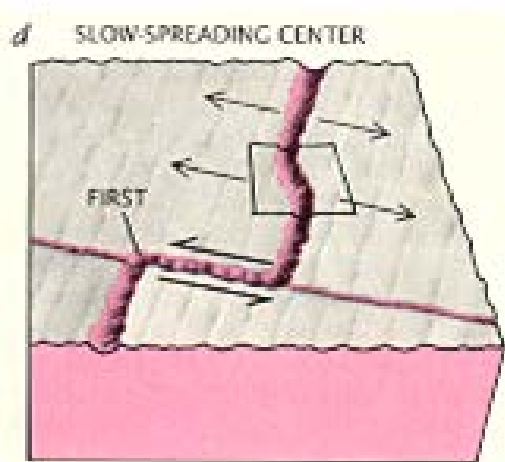
Строение низкоскоростных спрединговых зон



Строение высокоскоростных спрединговых зон



Морфология низко- и высокоскоростных спрединговых зон

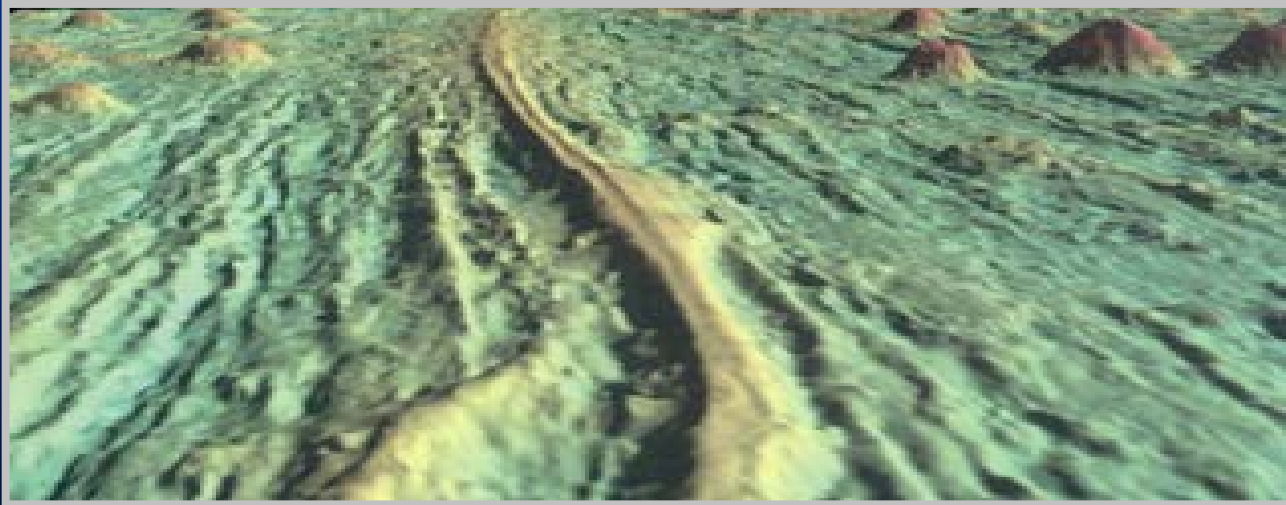


Мировая Система срединно-океанических хребтов



Главные структуры океанических плит

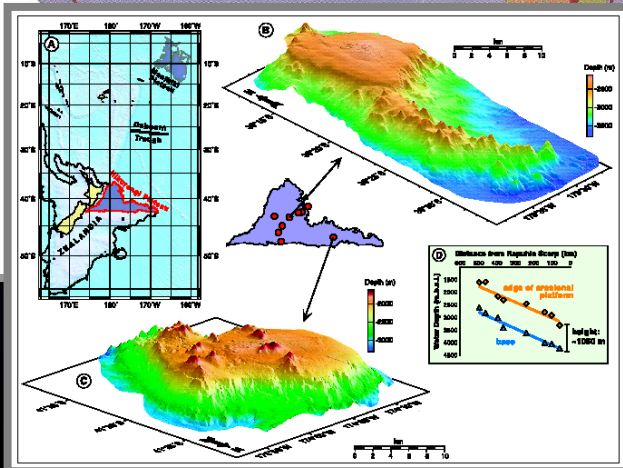
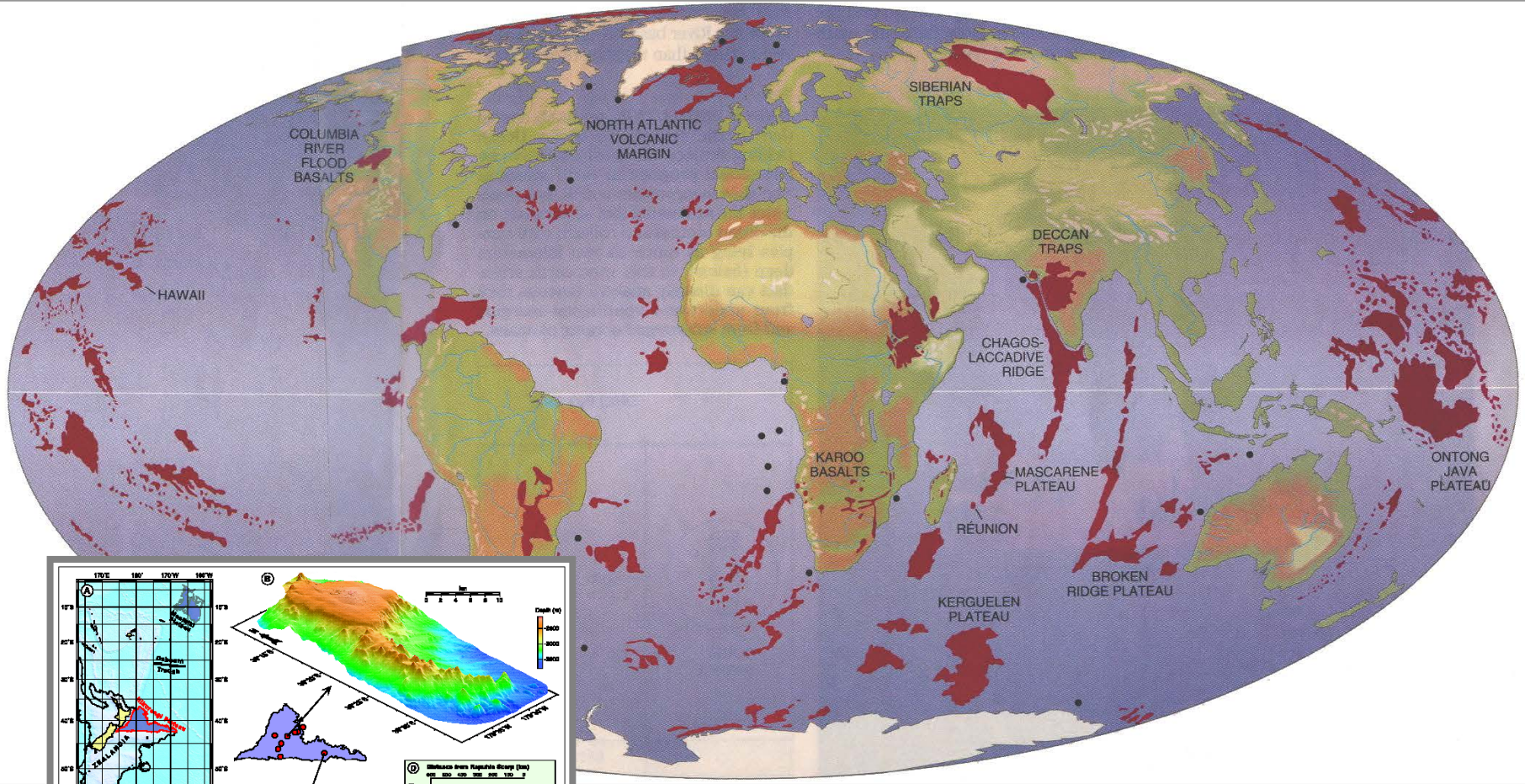
- Глубоководные равнины (котловины)



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

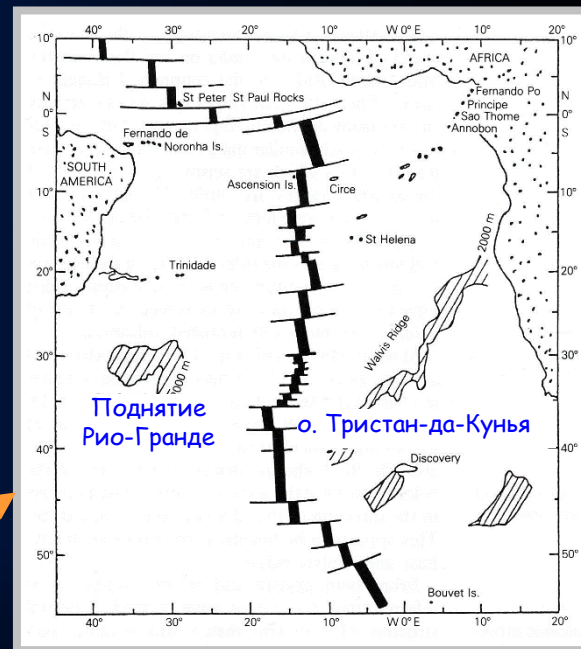
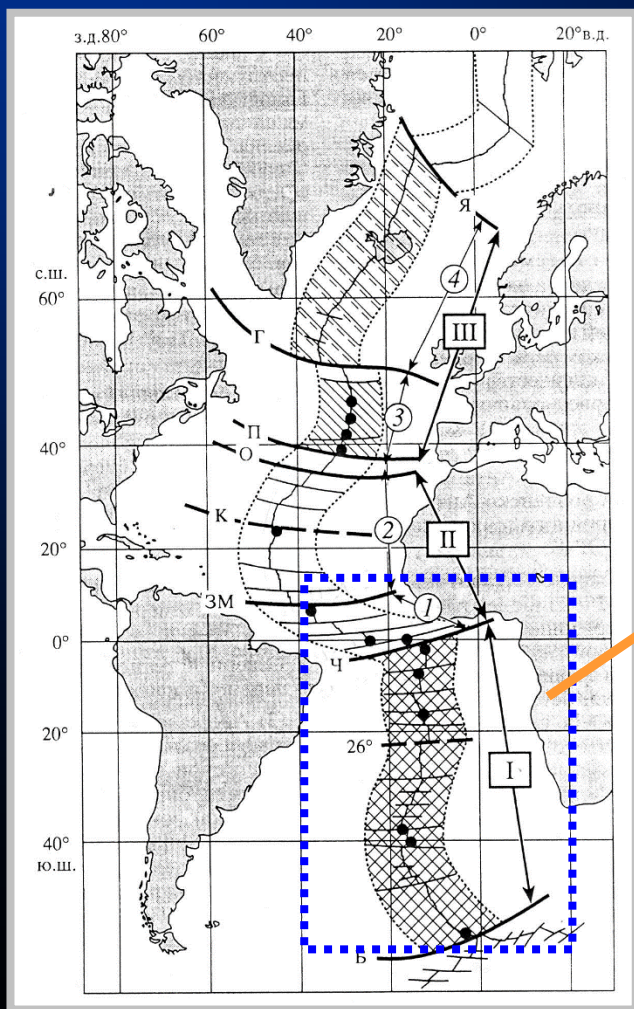
Положительные структуры океанических плит:

океанические плато



Морфология плато Хикurangi
(к востоку от Новой Зеландии)

Положительные структуры океанических плит: асейсмичные хребты



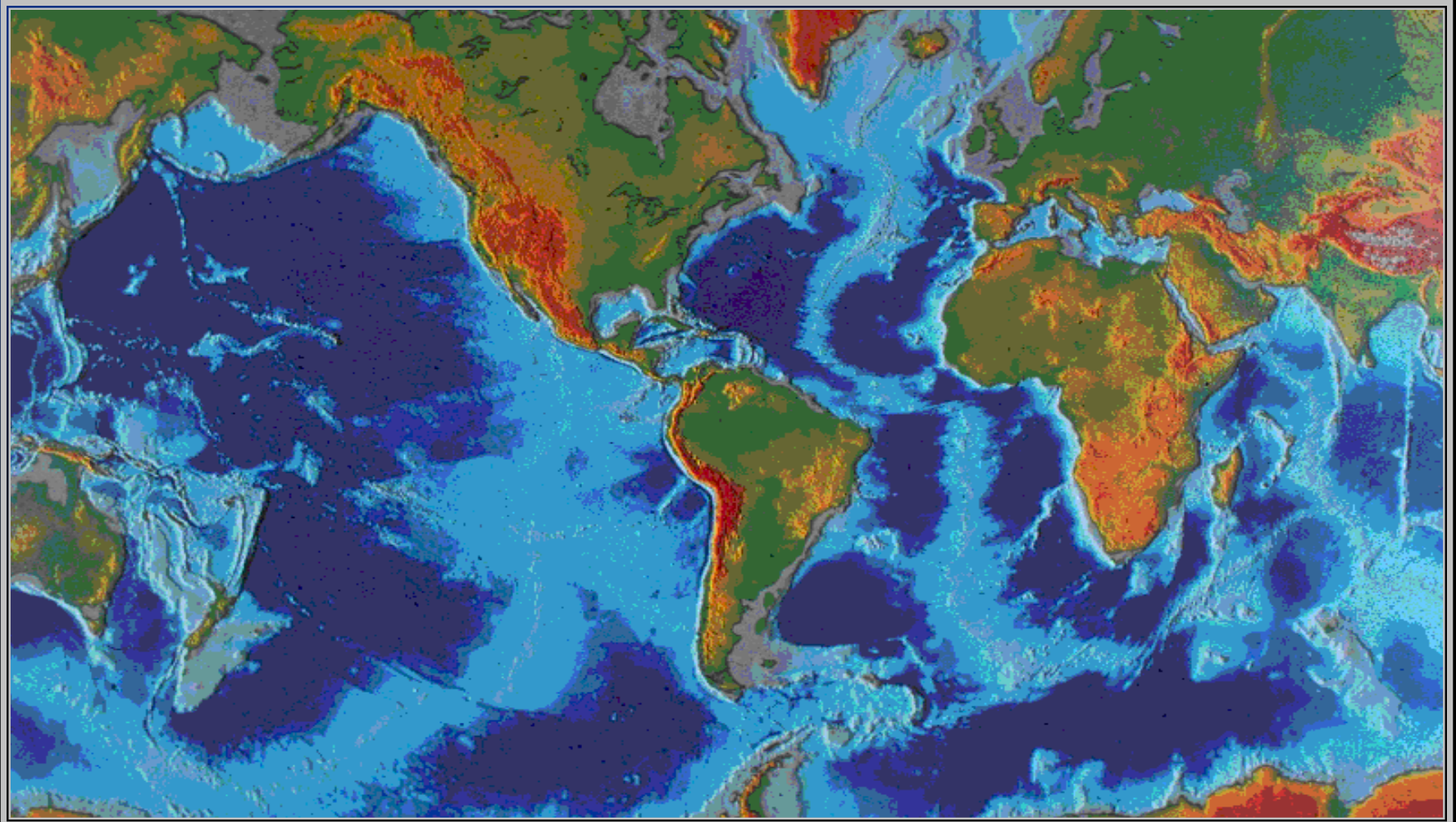
Асейсмичные хребты
Южной Атлантики

Сегментация
САХ

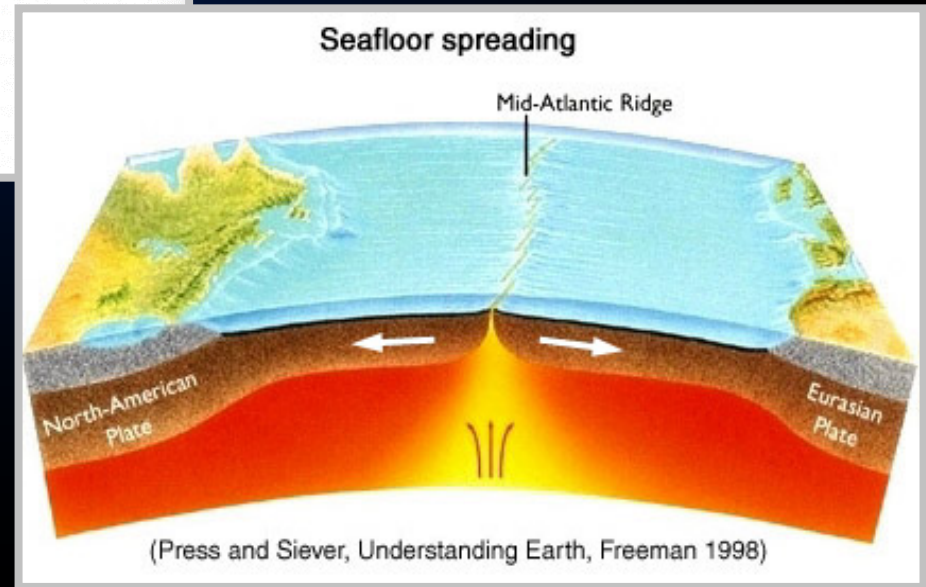
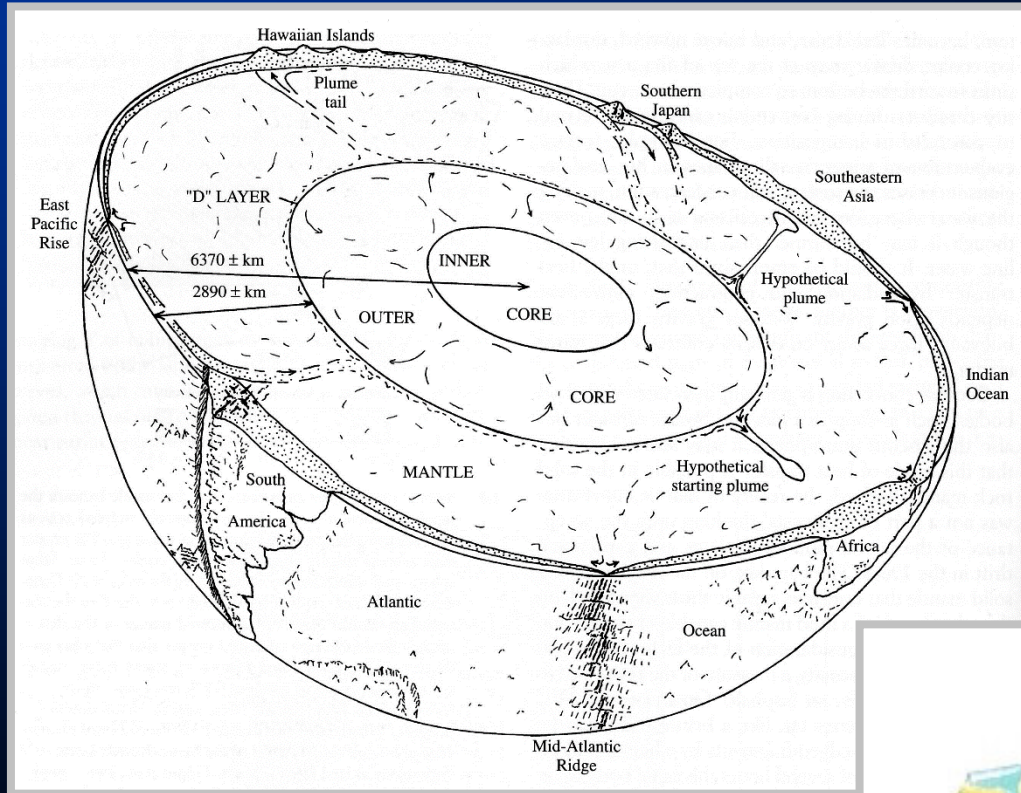
Положительные структуры океанических плит:

Подводные горы и океанические о-ва

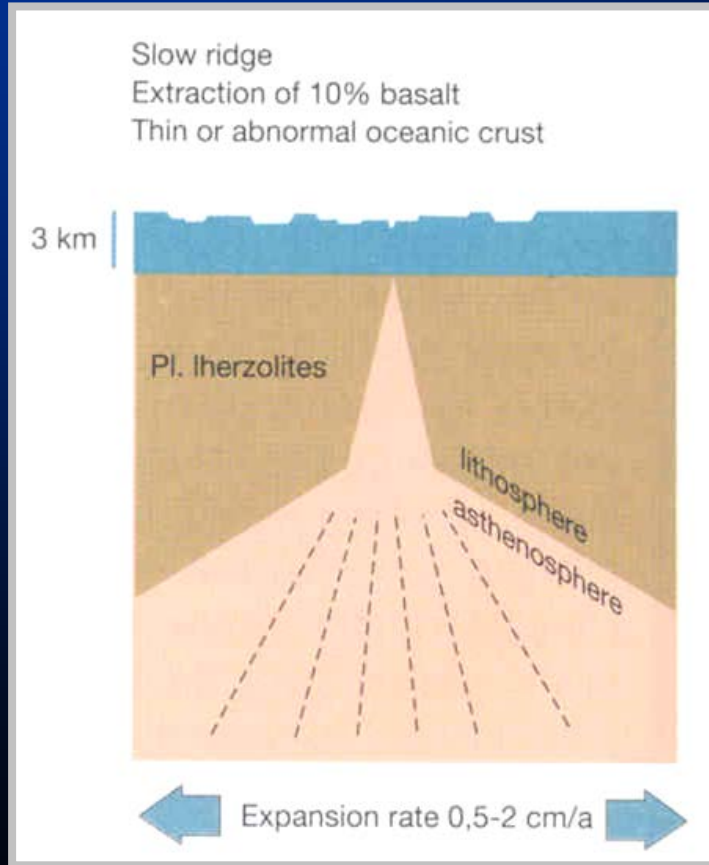
Микроконтиненты



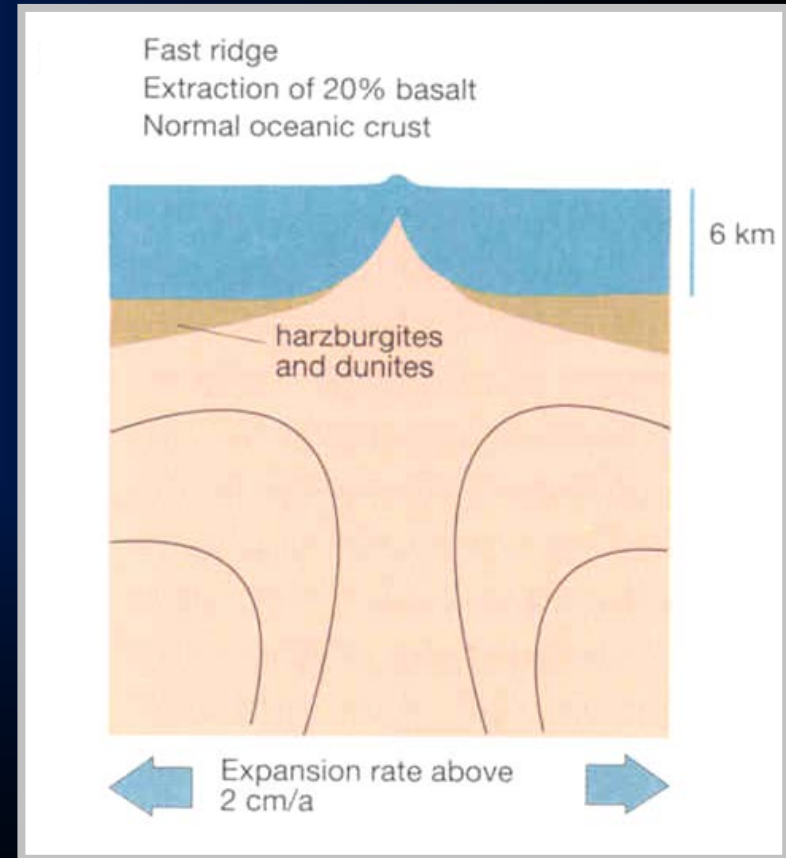
РОЛЬ МАНТИИ В ЭВОЛЮЦИИ ОКЕАНИЧЕСКОЙ КОРЫ



Различия мантии в низко- и высокоскоростных спрединговых зонах

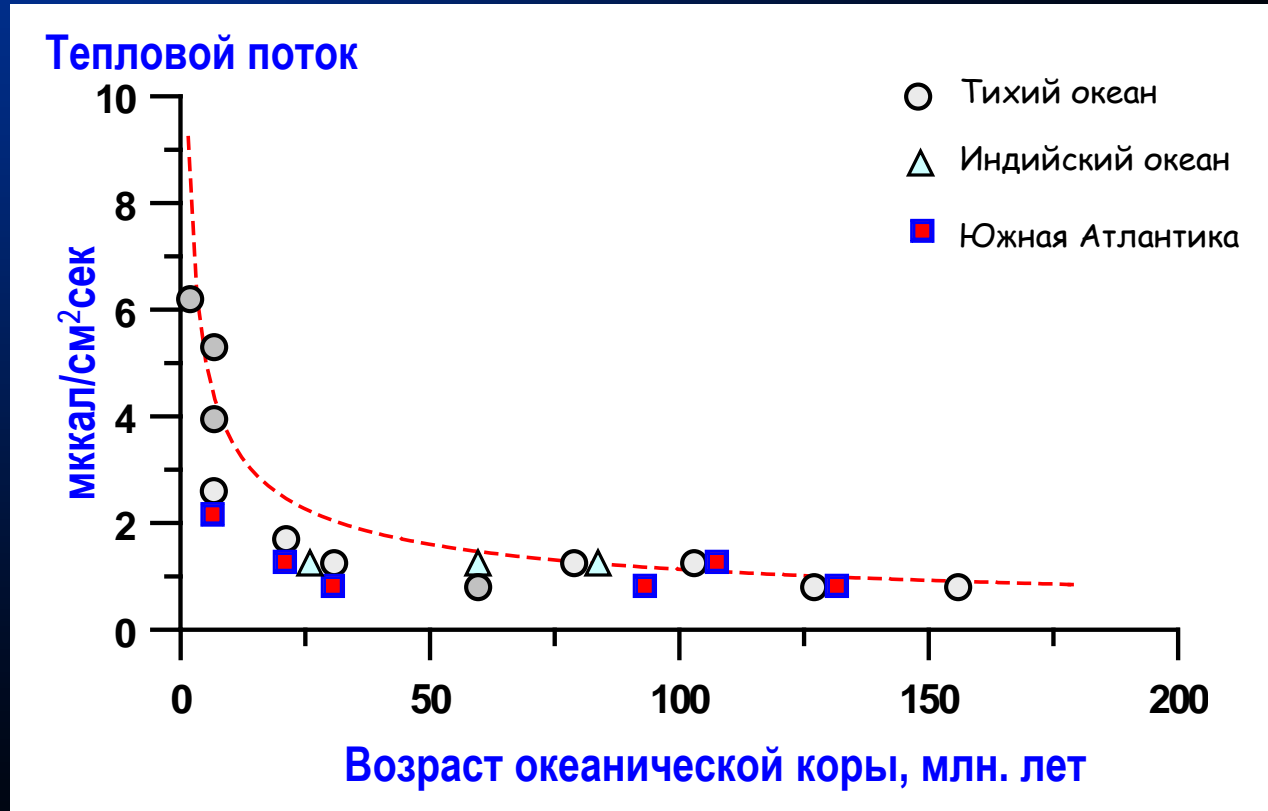


Низкоскоростная
спрединговая зона



Высокоскоростная
спрединговая зона

Тепловой поток в океанической мантии



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

Общая тема:

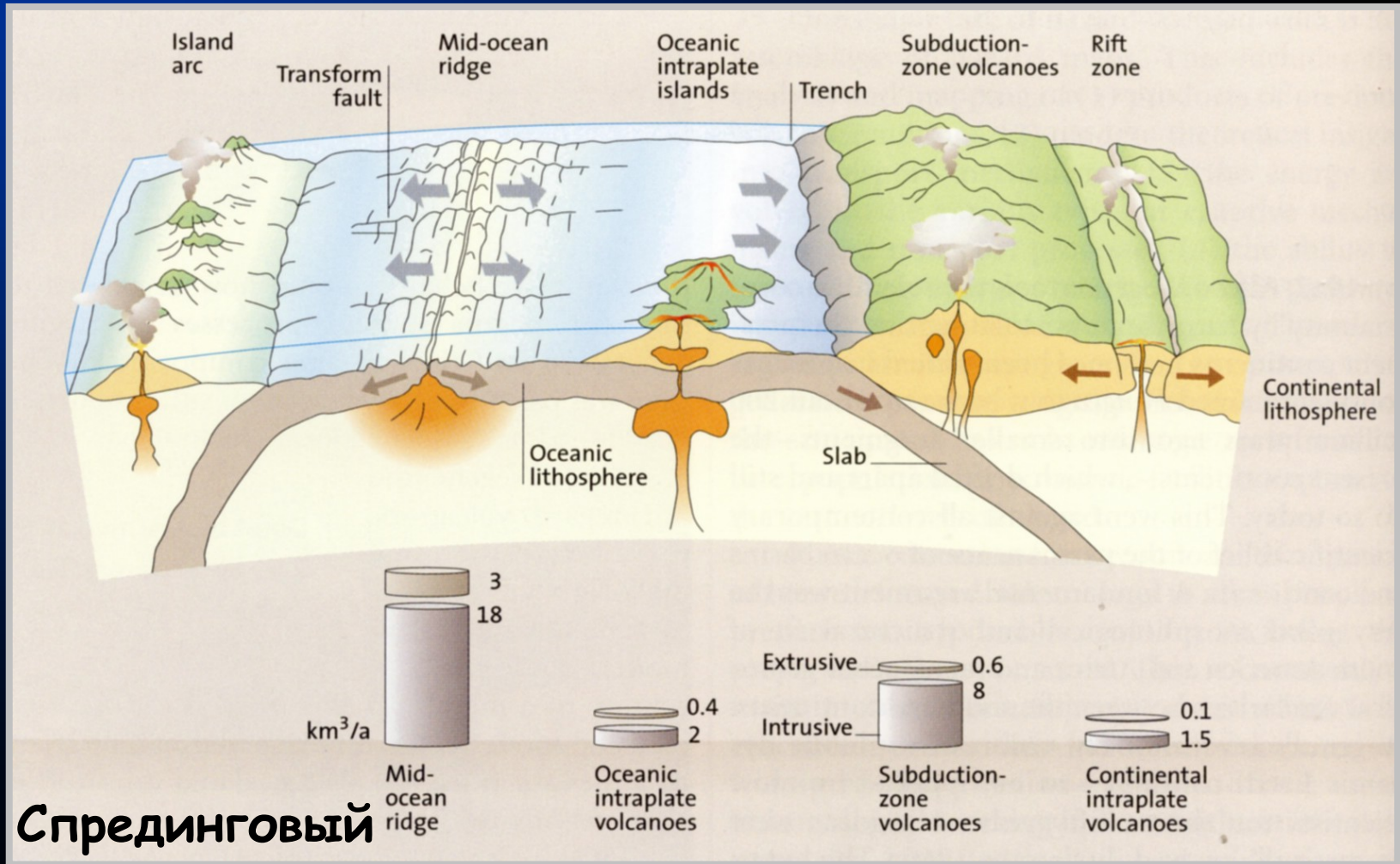
МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ ОКЕАНОВ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ТОЛЕИТОВЫХ СЕРИЙ МОРВ

Лекция № 12

ТОЛЕИТОВЫЙ МАГМАТИЗМ ОКЕАНОВ



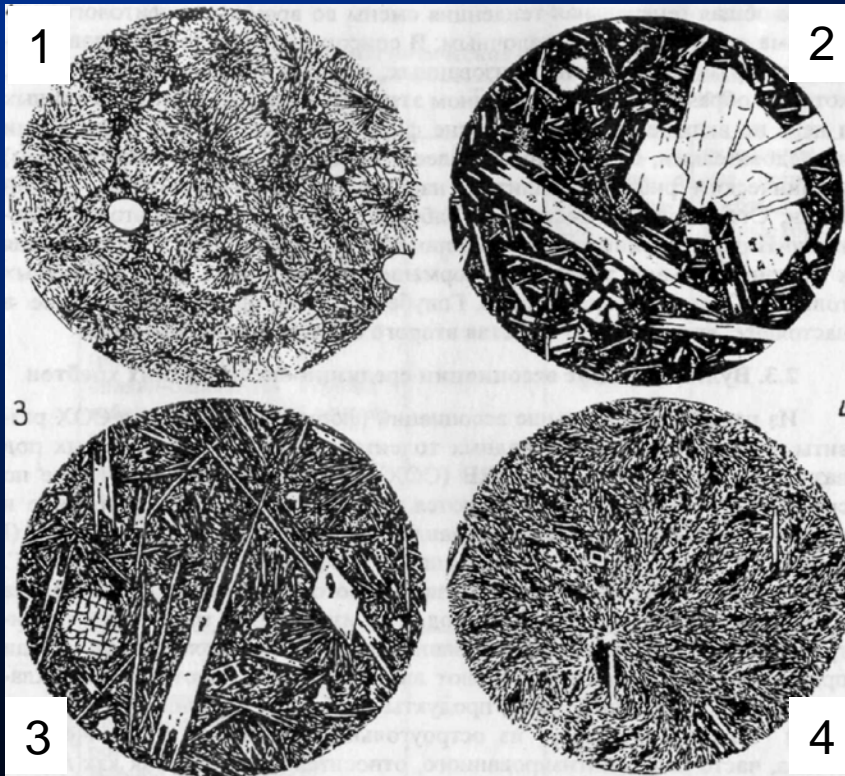
ПРОДУКТИВНОСТЬ ОКЕАНИЧЕСКОГО МАГМАТИЗМА



Спреди́нговый

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

"Толейтовая" специфика океанического магматизма: минералогия

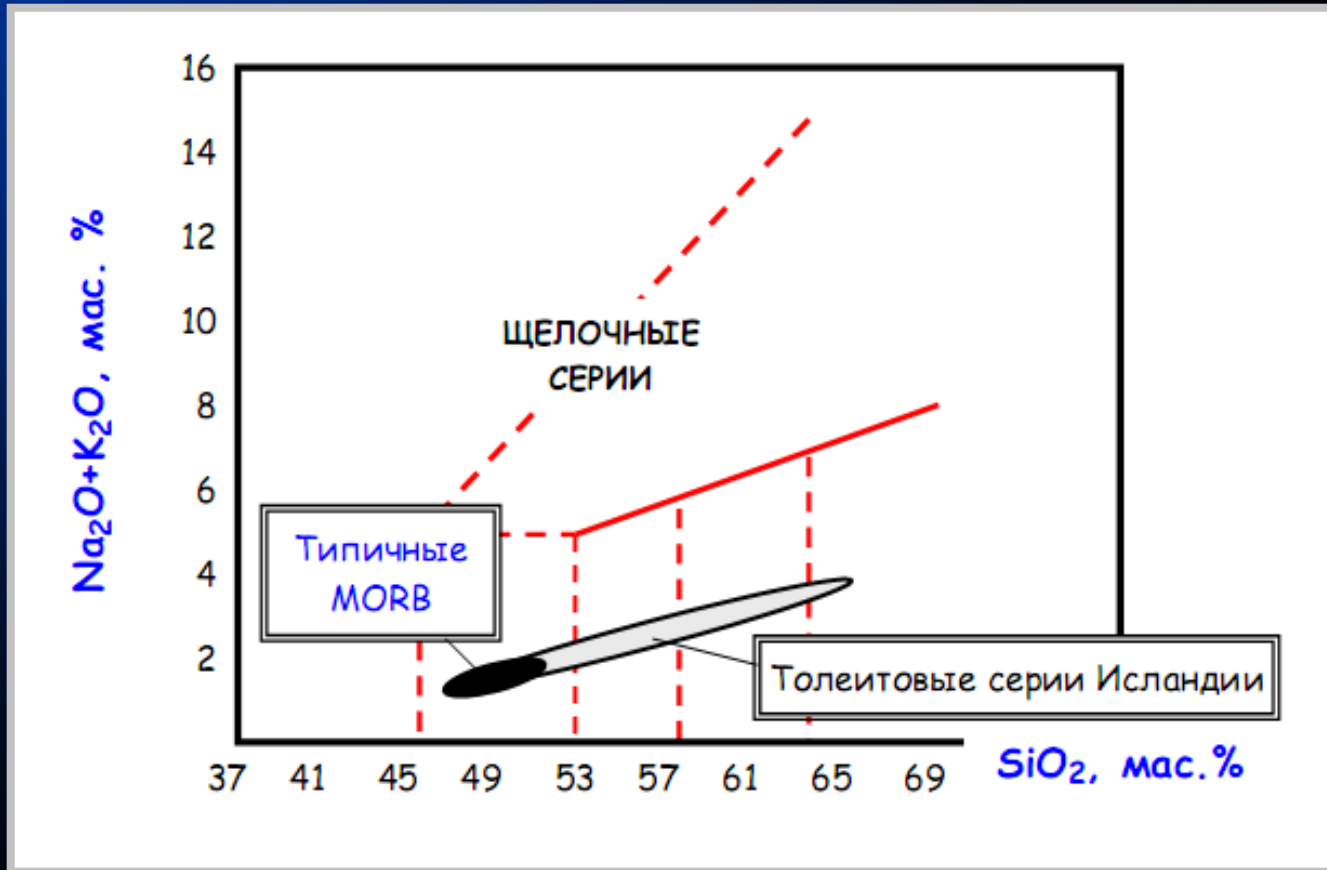


- 1 - Базальт толейтовый (d=0,9 мм).
Тихий океан, хр. Хуан-де-Фука.
- 2 - Базальт толейтовый (d=3,1 мм).
Тихий океан, Восточно-Тихоокеанское поднятие.
- 3 - Базальт толейтовый (d=1,8 мм).
Атлантический океан, трог Ройял.
- 4 - Базальт толейтовый (d=3,1 мм).
Индийский океан, Аравийско-Индийский хребет.

Порядок кристаллизации

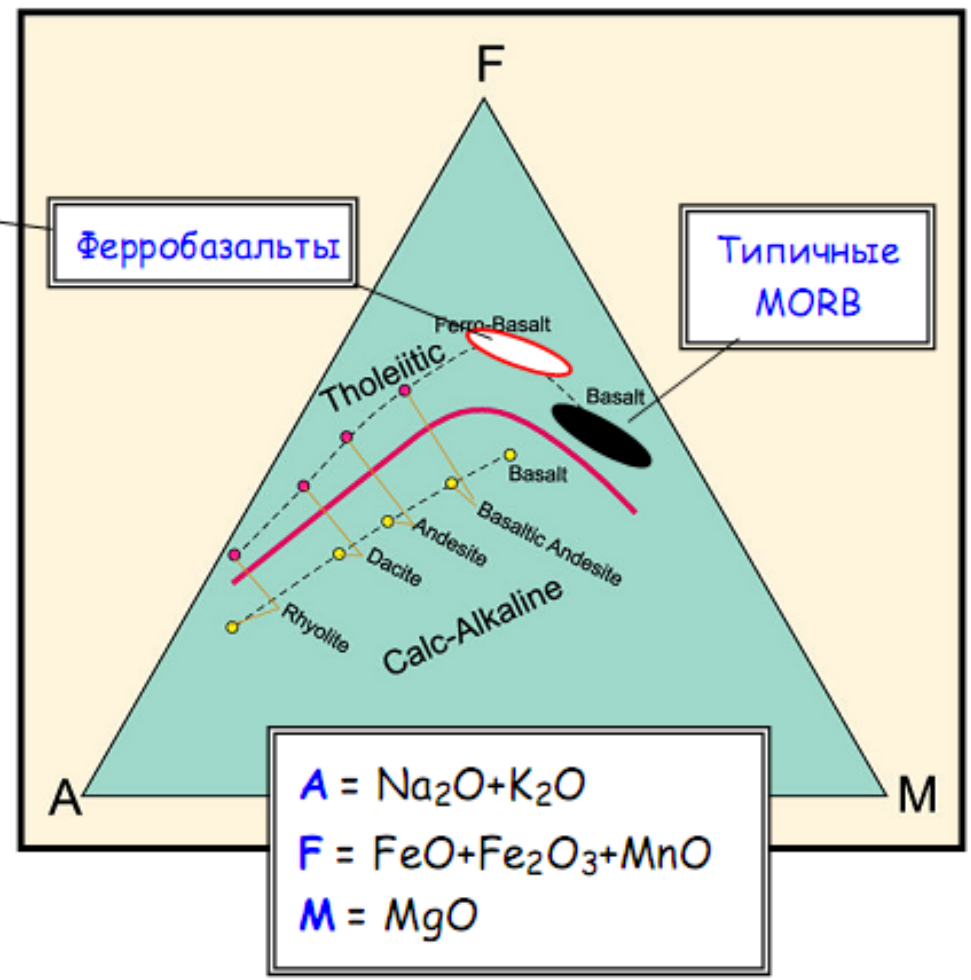
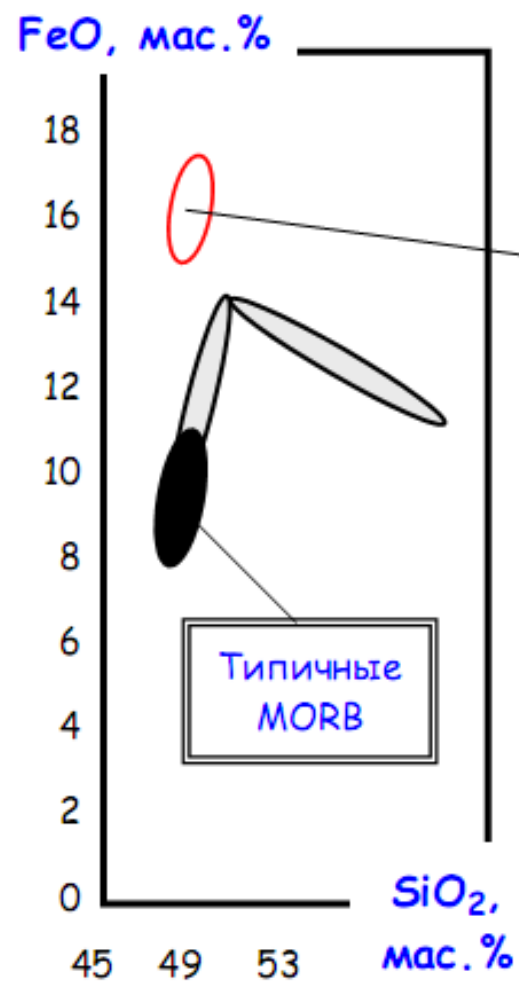
$Ol \rightarrow Ol + Pl \rightarrow Ol + Pl + \text{высоко-Са СРх (авгит)} \rightarrow$
 $Pl + Aug + \text{низко-Са Срх (пижонит, реже Орх)}$

“Толейтовая” специфика океанического магматизма: петрохимия



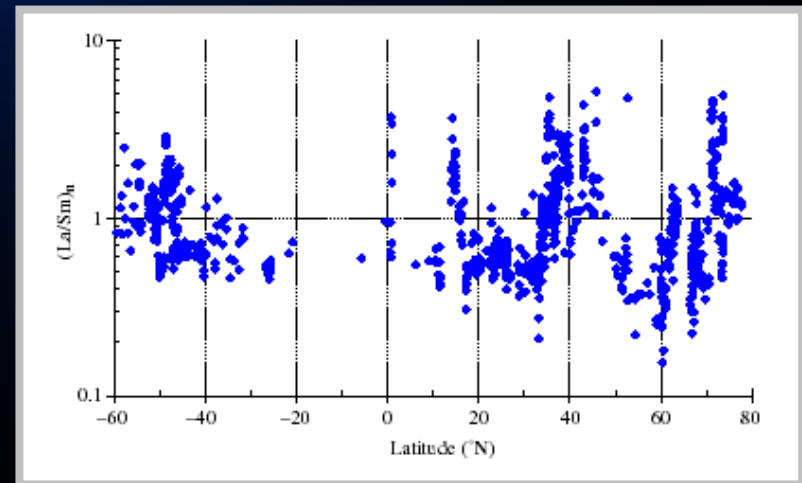
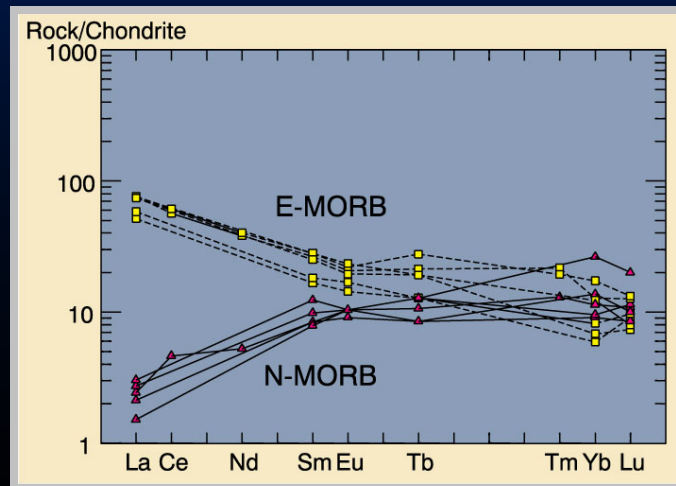
От типичных континентальных и островодужных толейтов MORB отличаются пониженными содержаниями щелочей (особенно калия)

"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).

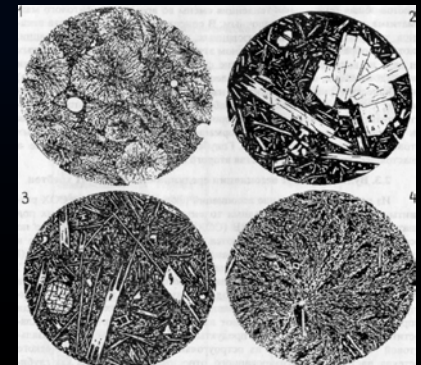
Во вкрапленниках преобладают следующие парагенезисы:

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.

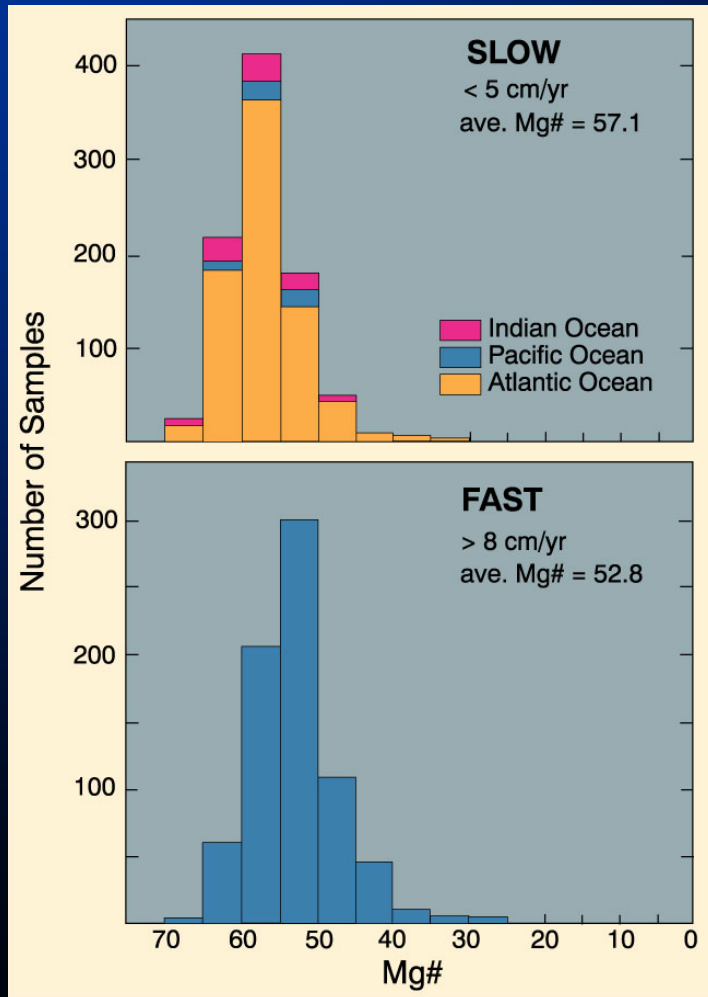
Шпинели:

- *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%.

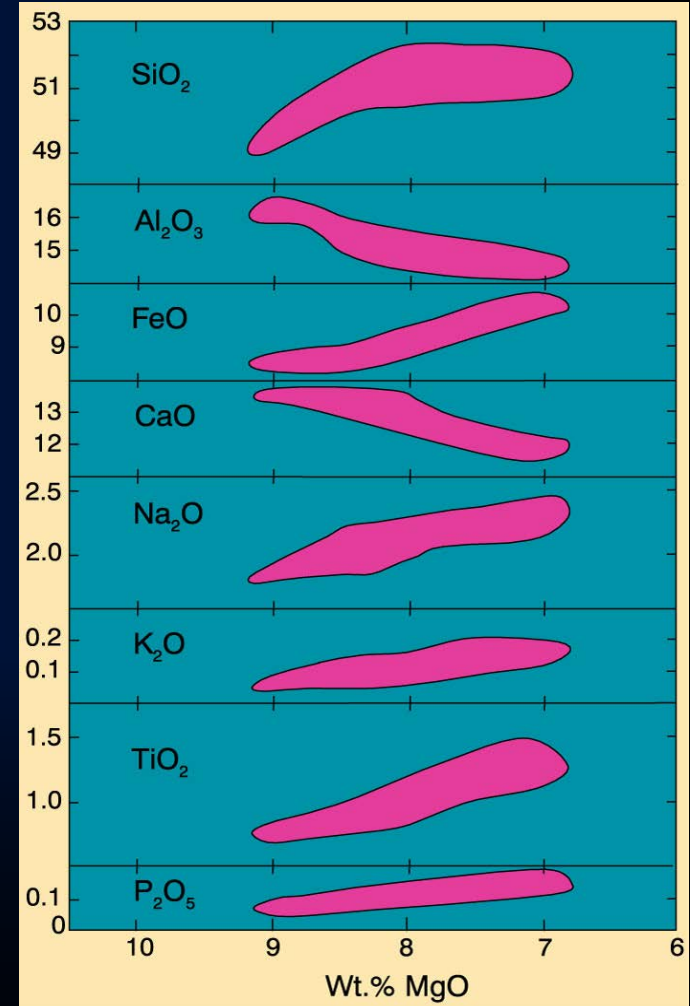
Летучие компоненты базальтах COX

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

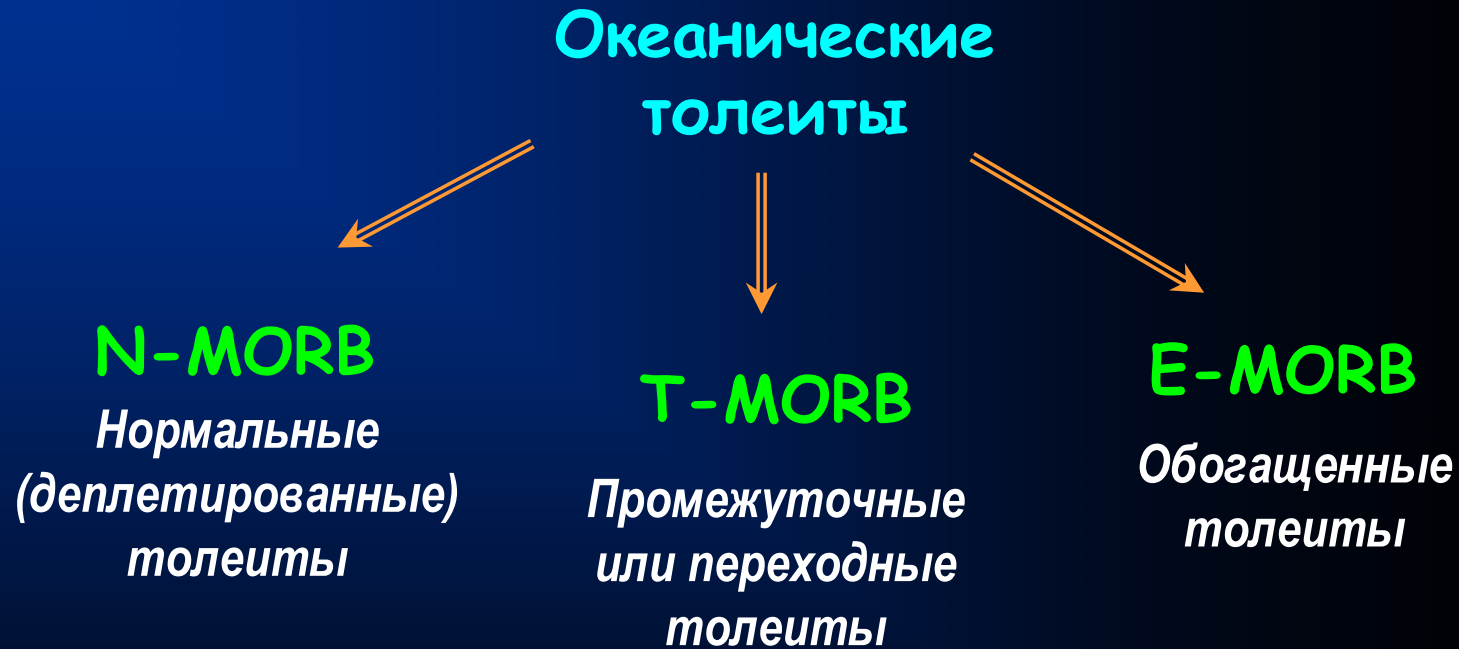
Общие геохимические особенности базальтов СОХ

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"



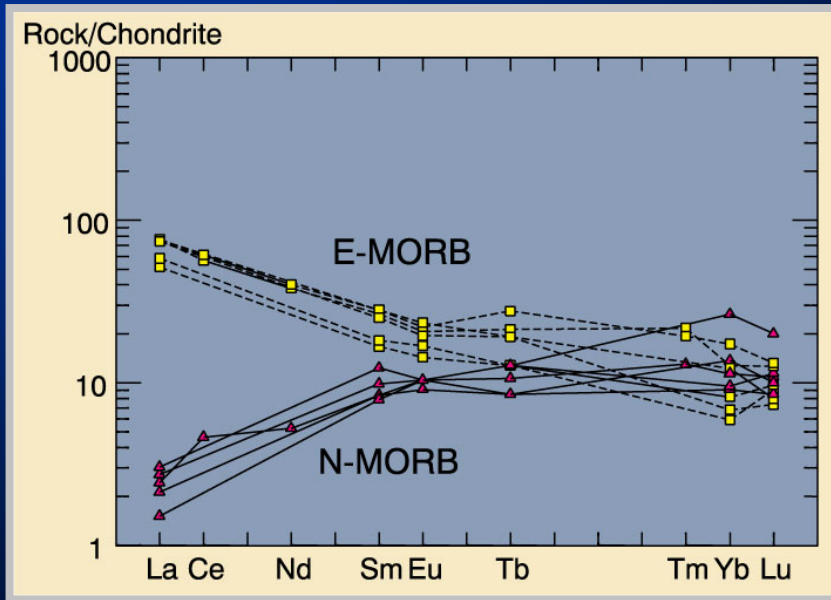
Базальты E-MORB по сравнению с N-MORB заметно богаче Ti, K и P, а по содержаниям крупноионных литофильных элементов отличаются от 5 до 10 раз.

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

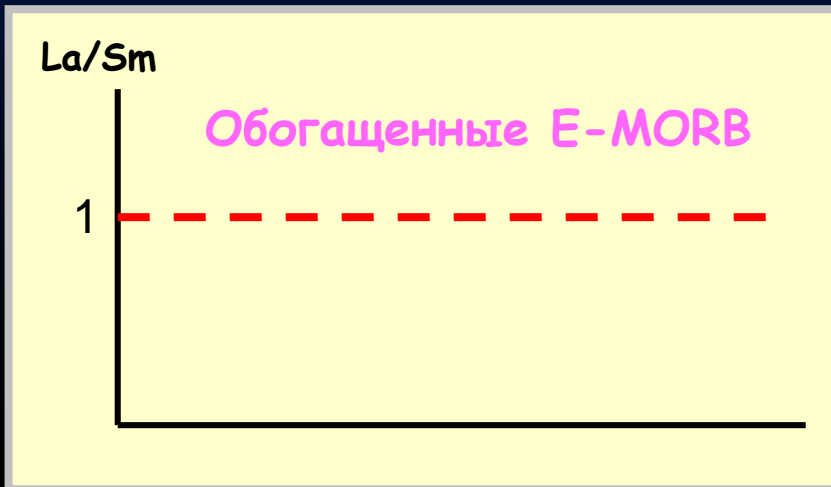
Представительные составы N-MORB и E-MORB

Компонент	Состав		Микро-элементы, ppm	Состав	
	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



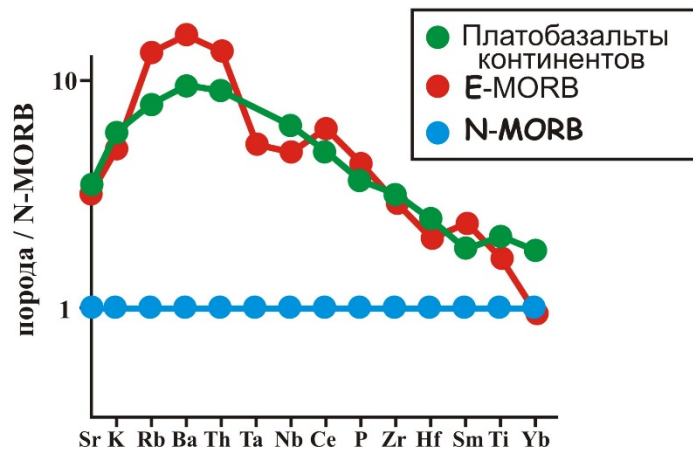
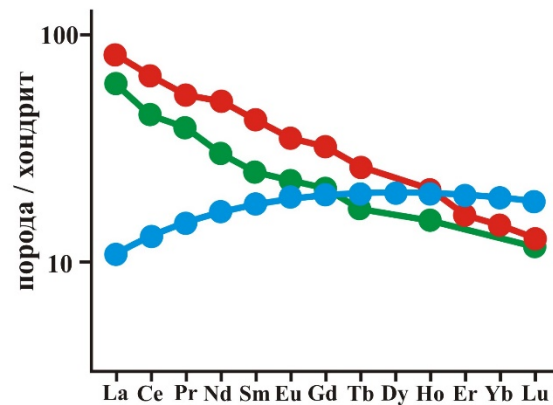
- Для базальтов N-типа характерно примерно 5-ти кратное обеднение La относительно Yb и Lu
- Для обогащенных толеитов наблюдается 4-5-ти кратное накопление.



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

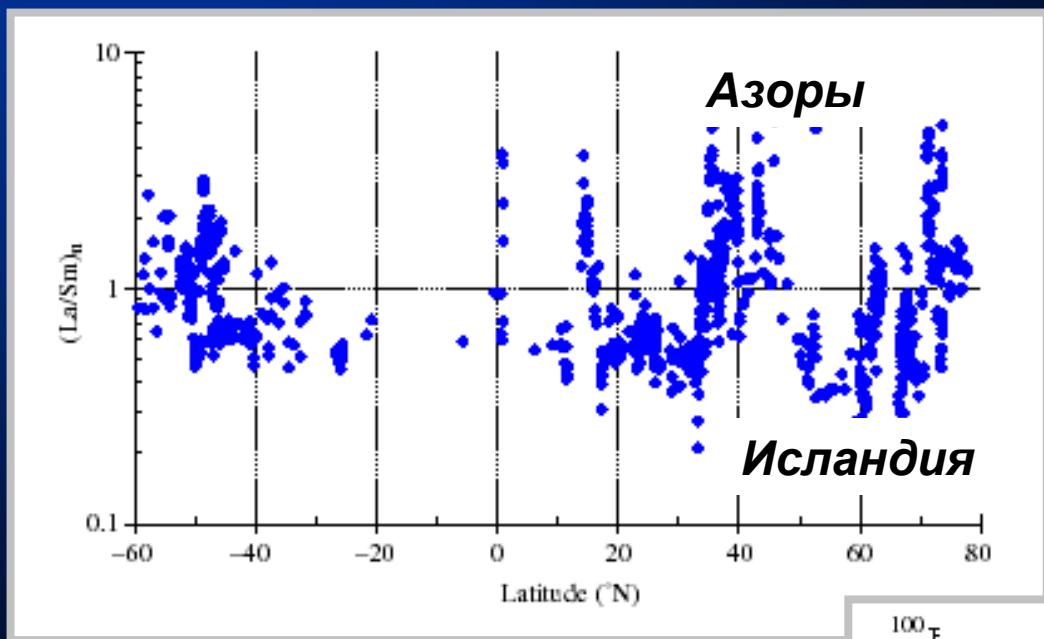
Сравнение с континентальными платобазальтами и нормализация на N-MORB

СОПОСТАВЛЕНИЕ ОКЕАНИЧЕСКИХ ТОЛЕИТОВ И ПЛАТОБАЗАЛЬТОВ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ТРАППОВ



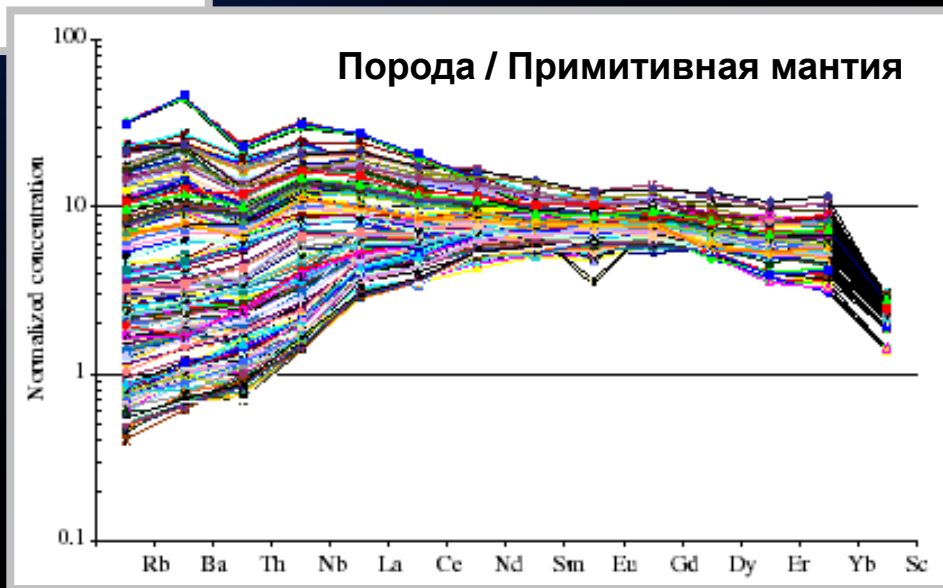
- **Базальты E-MORB по своим параметрам приближаются к толеитам океанических островов, которые дают пример не спредингового, а типично плюмового магматизма горячих точек**
- **Есть подобие наиболее обогащенных E-MORB континентальным платобазальтам, условия зарождения и эволюции которых также обусловлено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

Сравнение с континентальными платобазальтами и нормализация на N-MORB

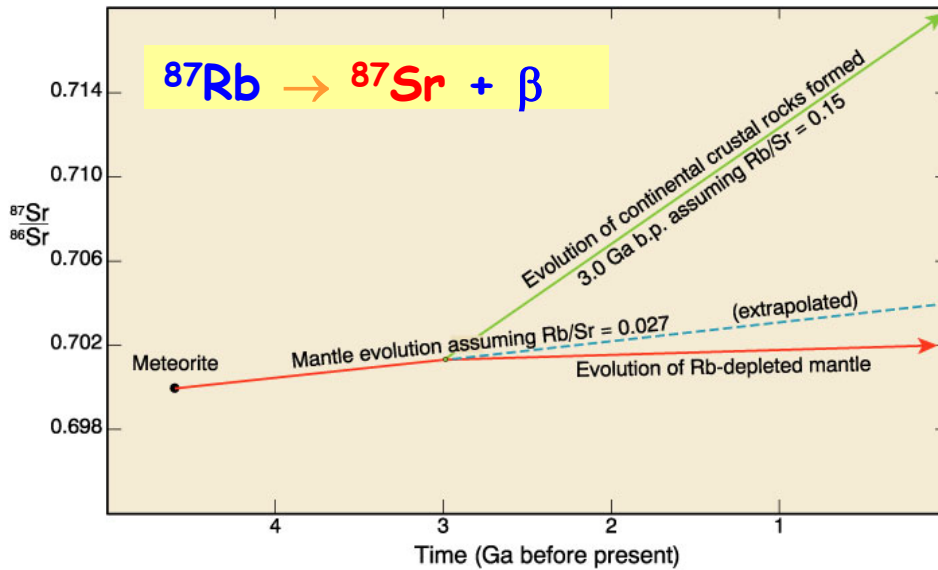


250 составов MORB в интервале 40-55° ю.ш. вдоль оси САХ

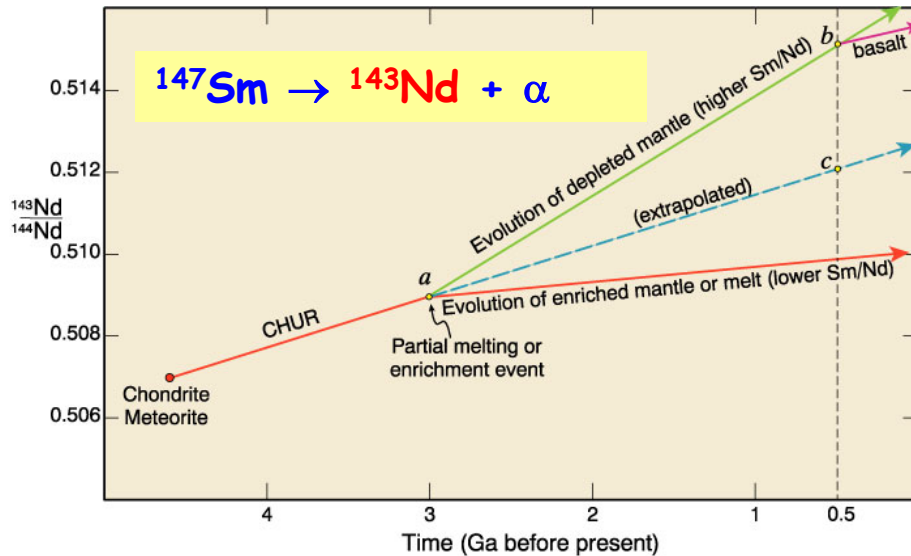
La/Sm отношение в зависимости от широты вдоль оси САХ



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

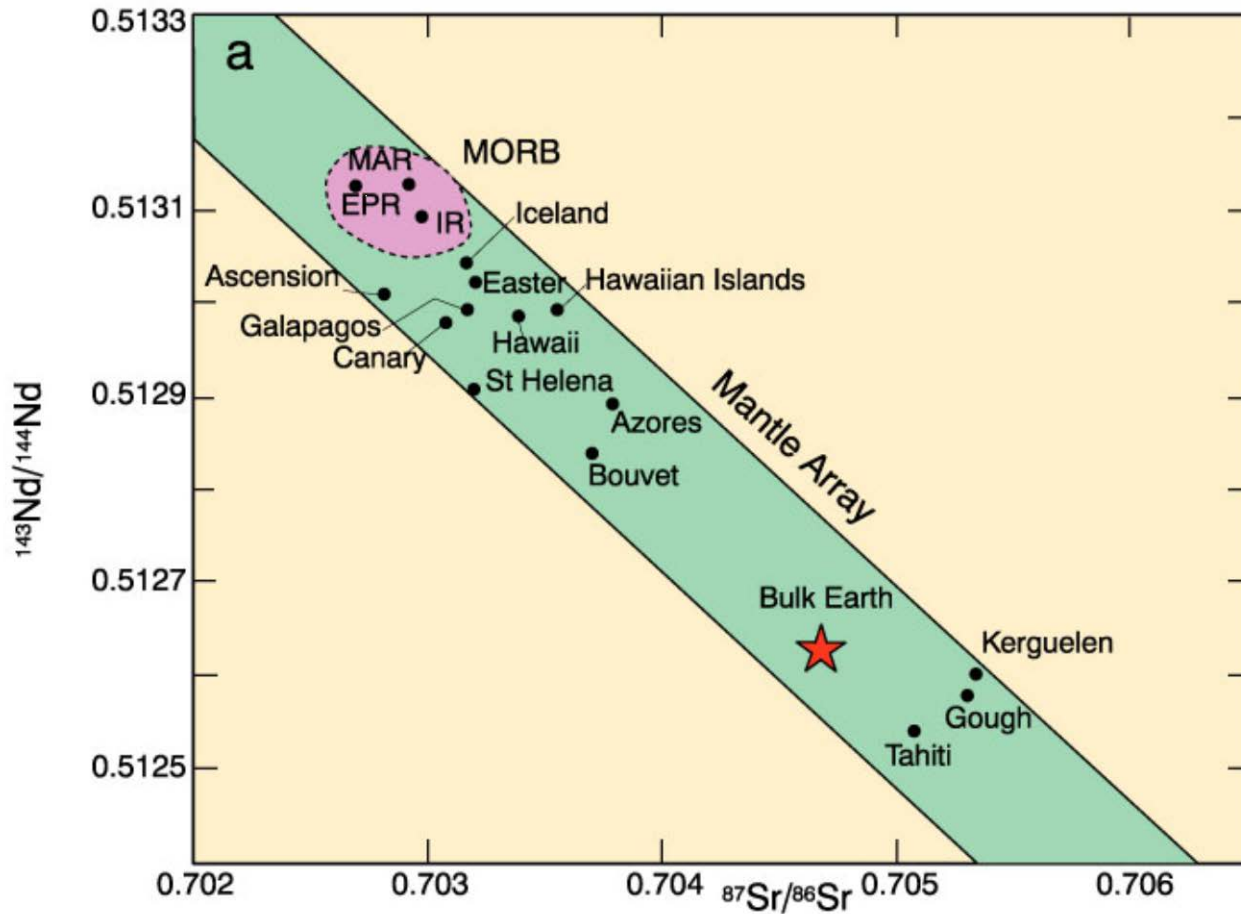


- **Деплетированная мантия** и ее производные в форме базальтов должны иметь **наиболее низкое отношение $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$**

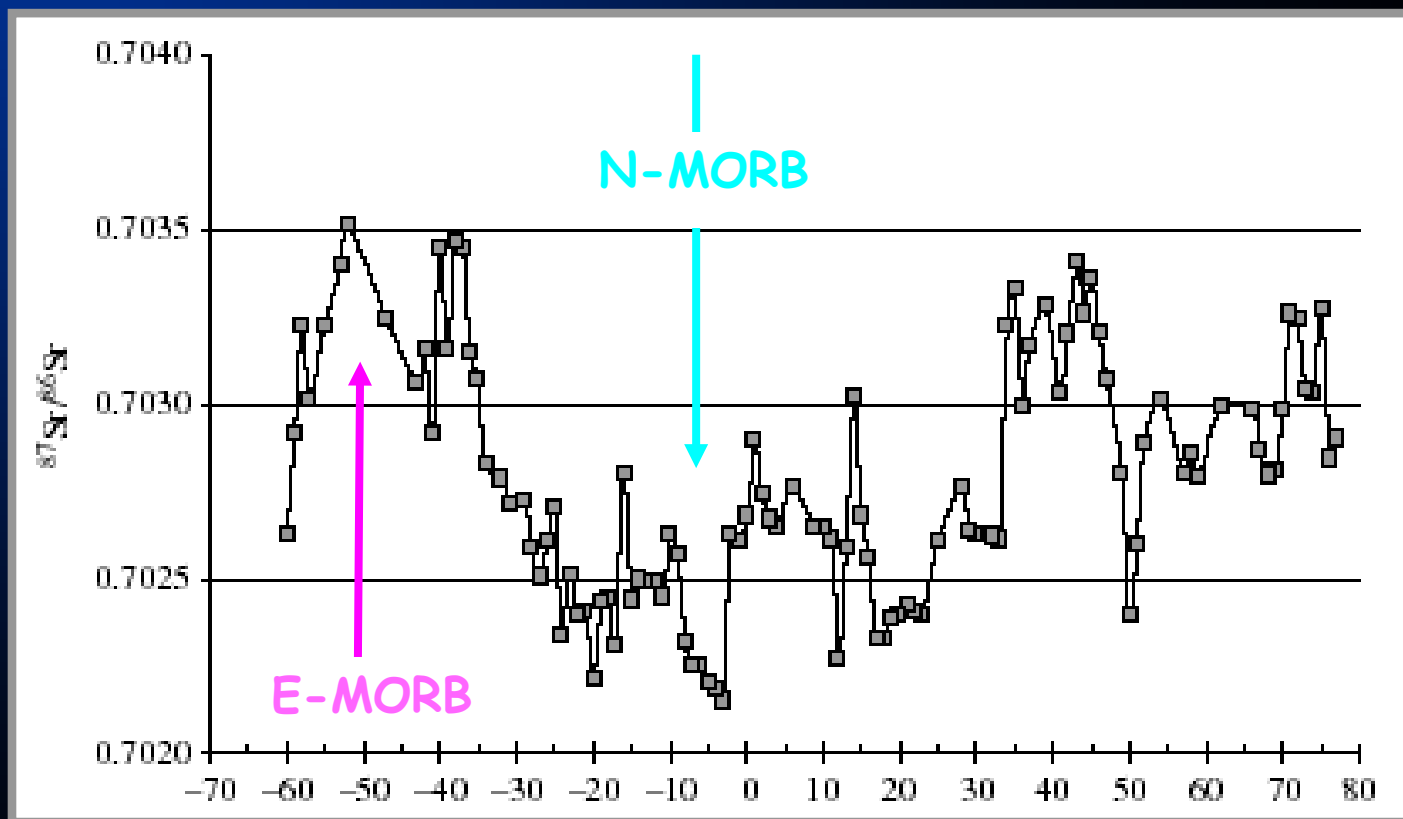


- Базальты, выплавляющиеся **из деплетированного мантийного источника**, на современном этапе развития Земли должны иметь **максимальный радиогенный ^{143}Nd**

Линия мантийной корреляции



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



Вариации в составах базальтов различных океанов

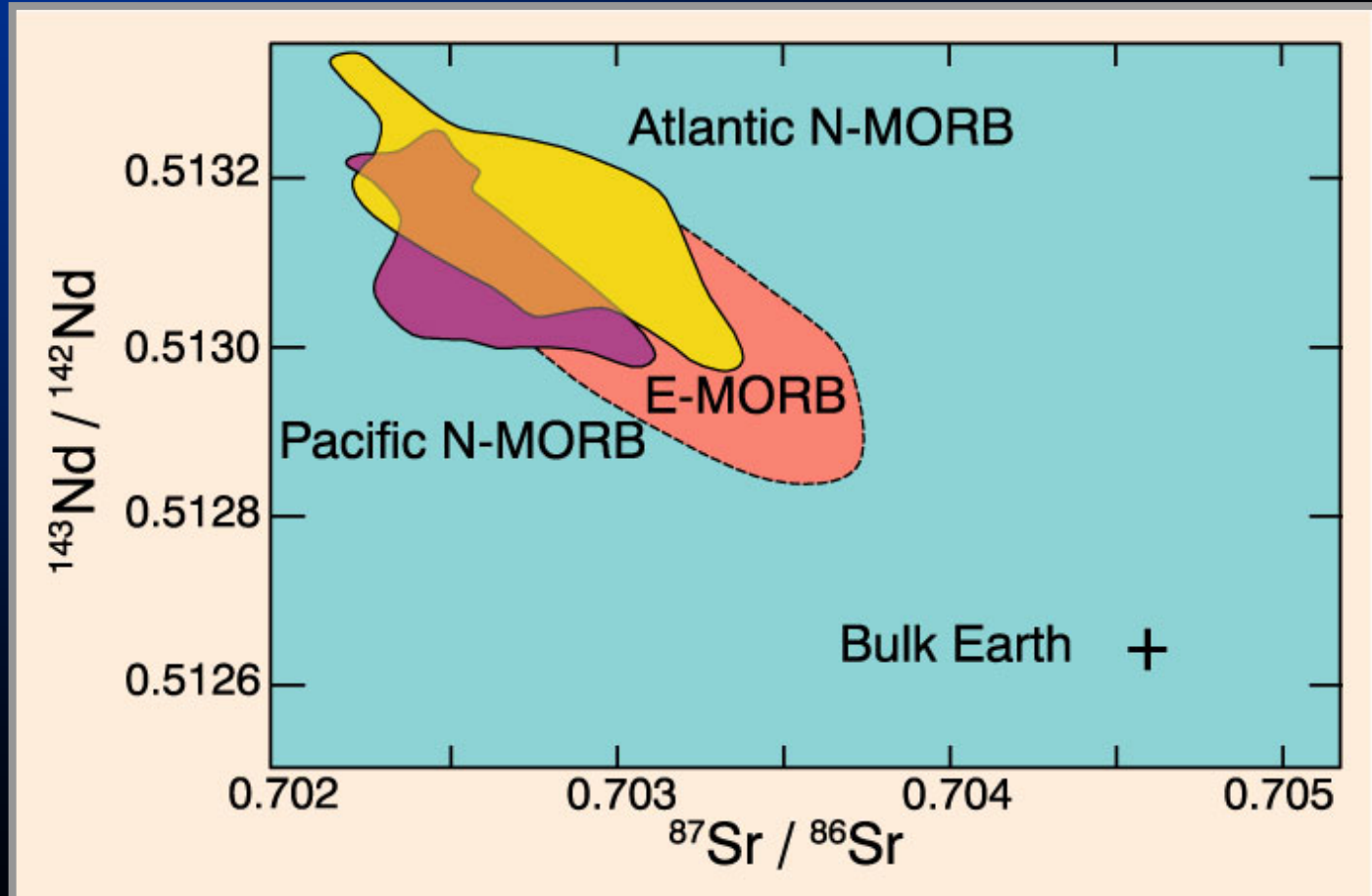


Схема генетических соотношений N-MORB и E-MORB

