

Строение океанической литосферы

Дубинин Е.П.

Музей Землеведения МГУ имени М.В. Ломоносова

МАТЕРИАЛЫ к курсу лекций «Тектоника дна океанов и морей» по теме: «Строение океанической литосферы» для студентов 4 курса кафедры динамической геологии геологического факультета МГУ

Возраст дна океана

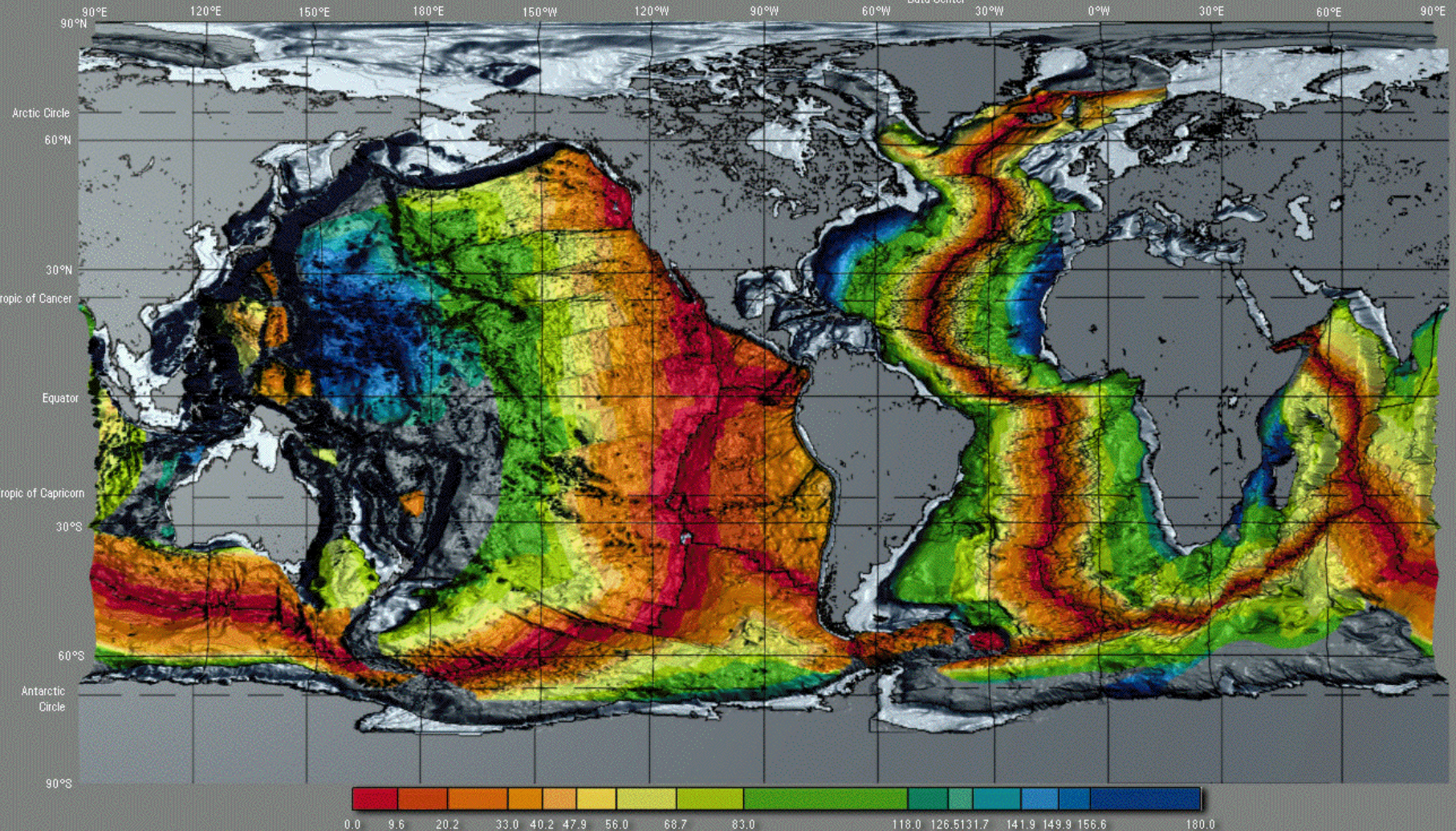
Установлено, что возраст пород, слагающих дно

180

Crustal Age



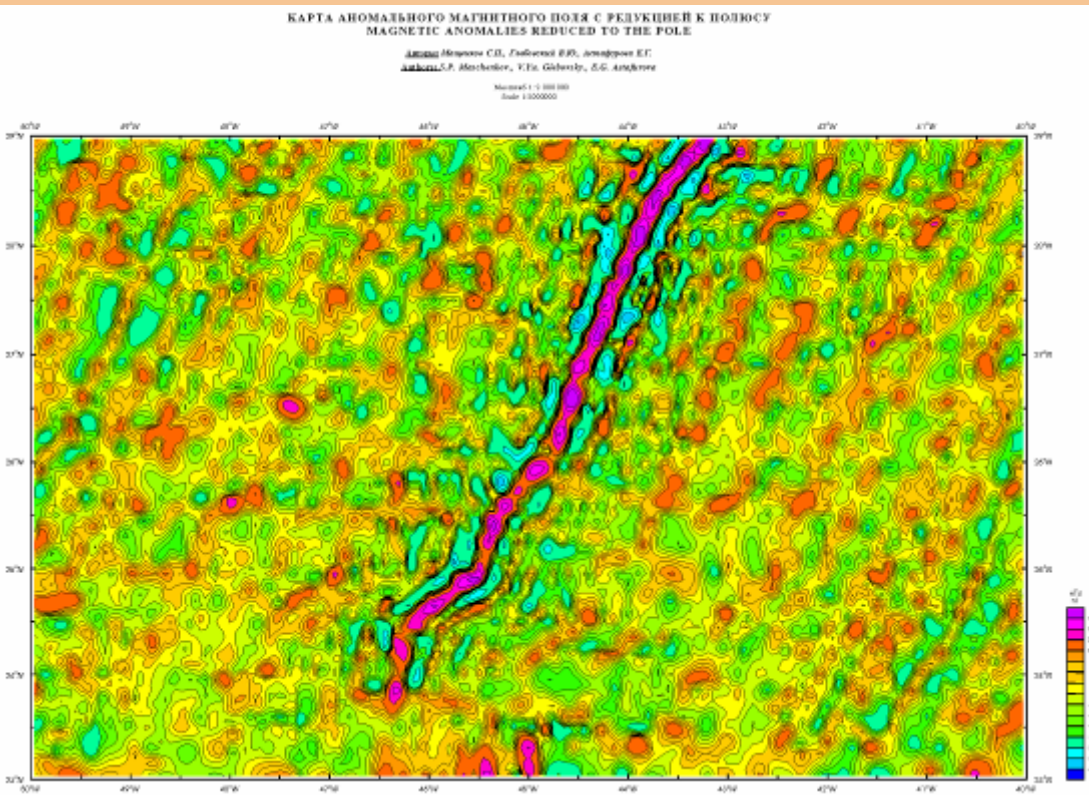
National Geophysical
Data Center



For information on this and other images produced by NGDC's Marine Geology and Geophysics Division, contact Peter Sloss at psloss@ngdc.noaa.gov

Существует два основных метода определения возраста дна океана:

Геоисторический анализ линейных магнитных аномалий и



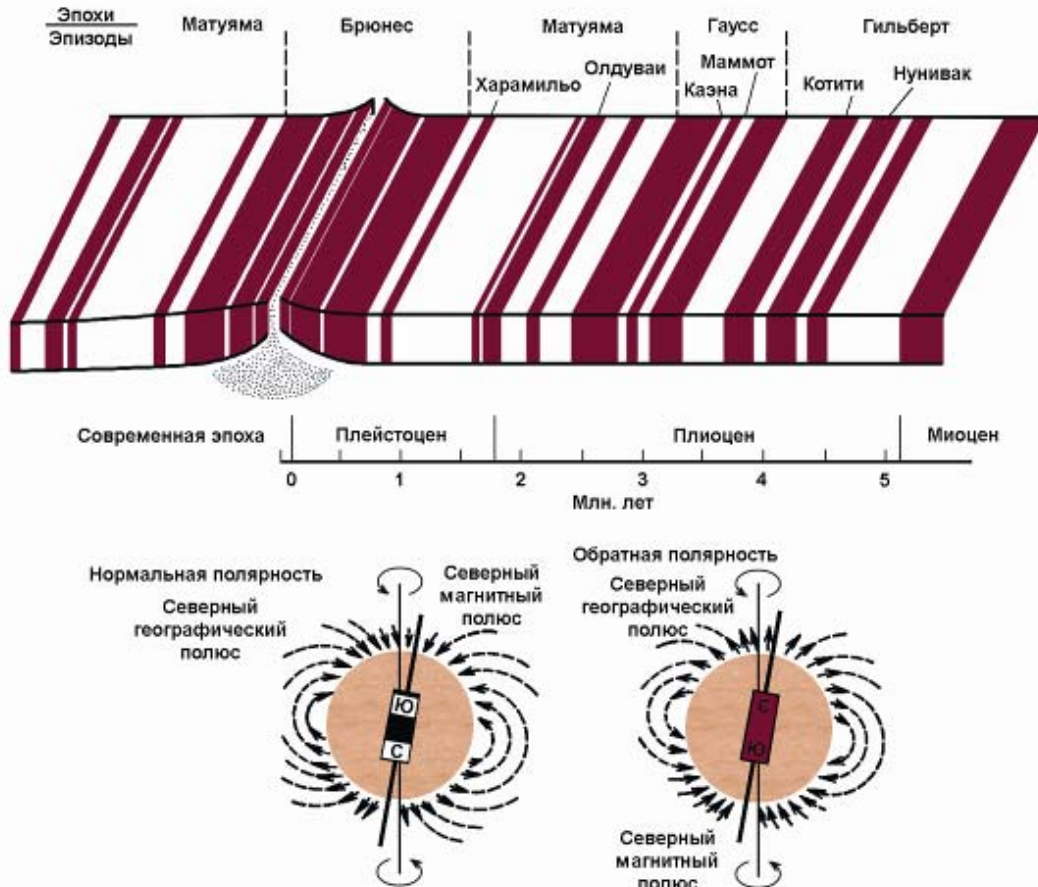
Карта аномального магнитного поля Северной Атлантики (Мащенко и др.)

Глубоководное морское бурение

В 1968 г. началось глубоководное бурение с американского судна «Гломар Челленджер» (проекты IPOD и DSDP) и затем судно «Джоидес Резольюшн» (проект ODP).



ИНВЕРСИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ПРИРОДА ЛИНЕЙНЫХ МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ

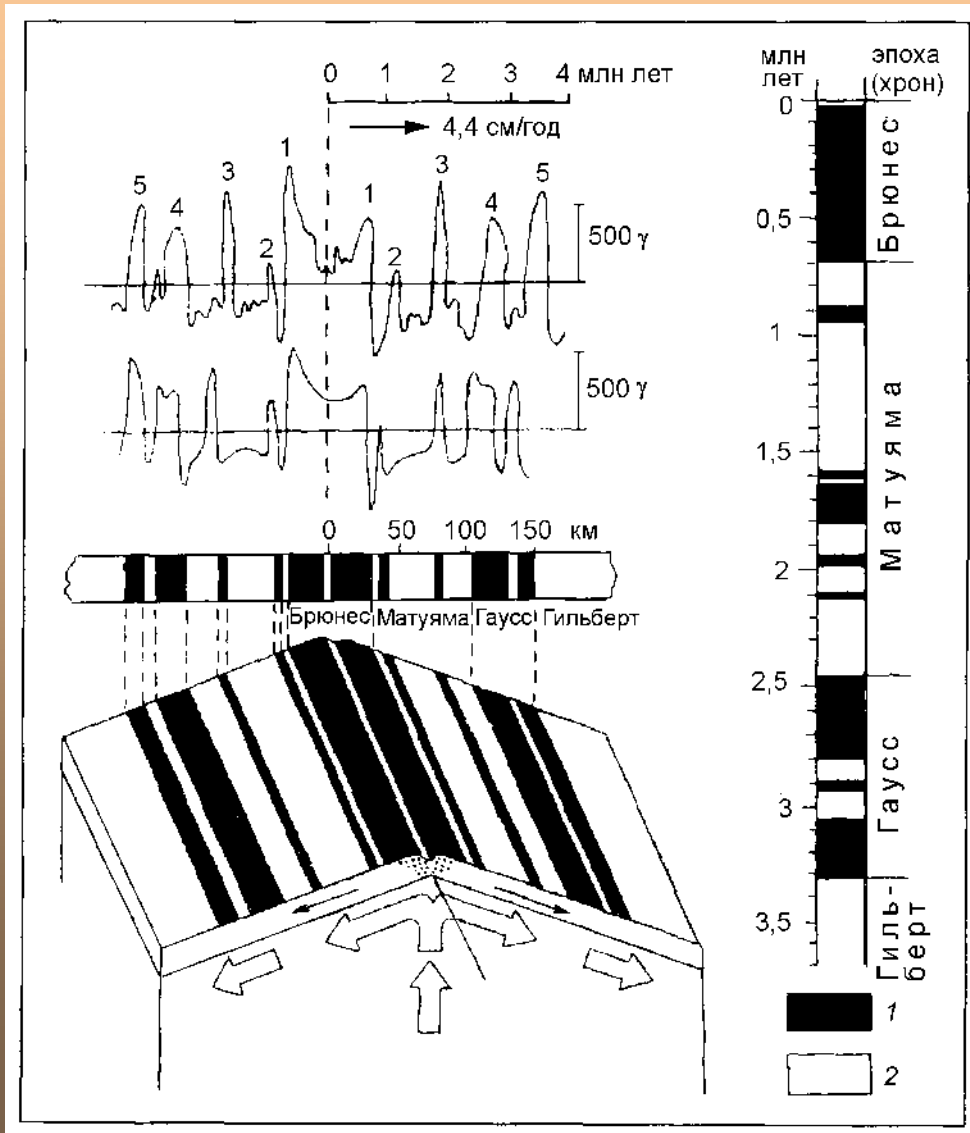


В основе объяснения природы линейных магнитных аномалий лежат следующие заключения:

- 1). Периодические инверсии главного магнитного поля Земли (смена полярности и изменение намагниченности образующихся пород); (характерное время одной полярности – несколько сотен тысяч лет).
- 2). Способность ГП запечатлевать намагниченность магнитного поля на момент их образования ($I_R \gg I_i$). Т кюри.

Симметричная система линейных магнитных аномалий на пересечении через Восточно-тихоокеанское поднятие (51° в.д.)

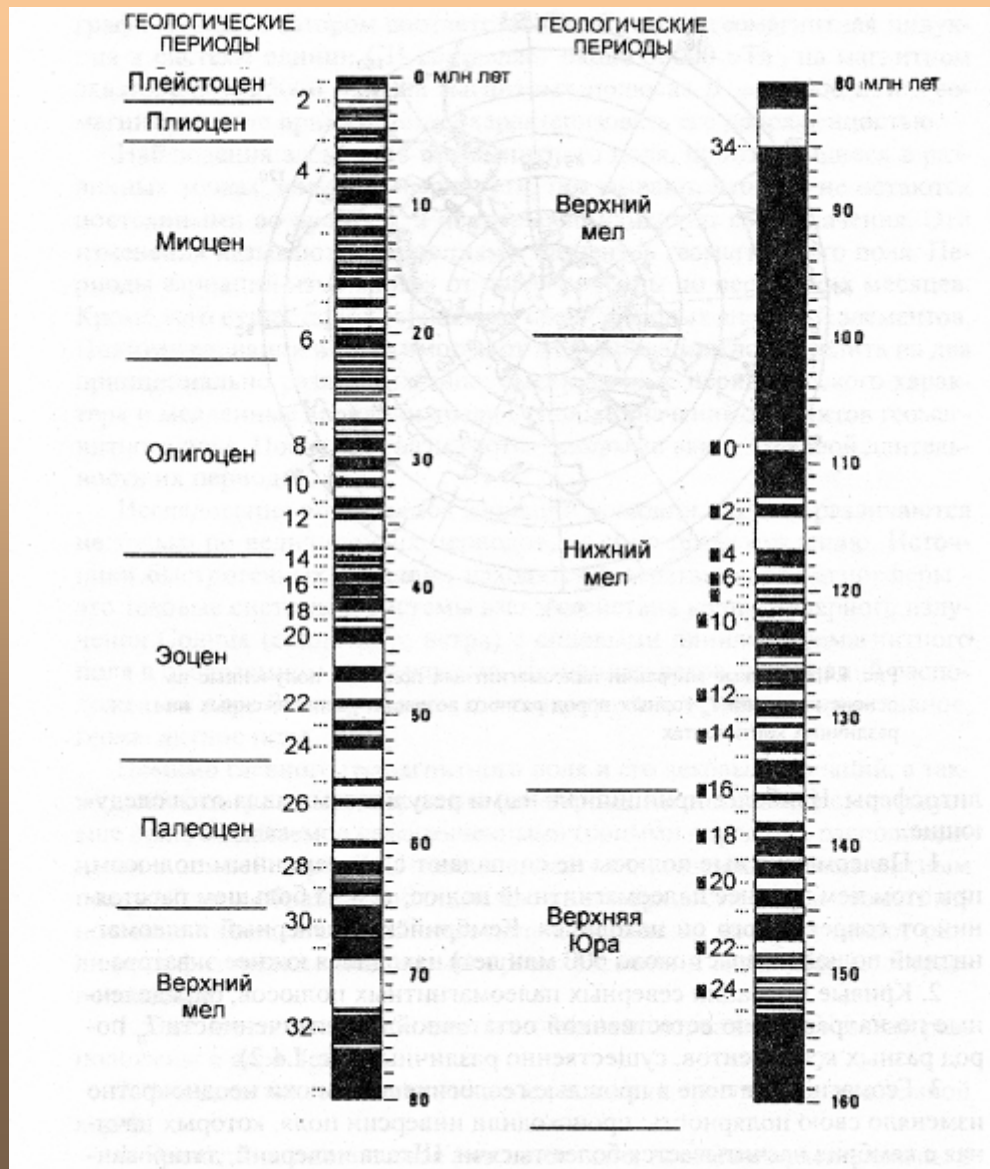
1,2 – полярности: 1 – прямая, 2 – обратная.



Базальты изливающиеся на поверхность океанского дна, остывая, проходят точку Кюри и приобретают I_r , направление которой совпадает с направлением Главного магнитного поля Земли в то время. После инверсии магнитного поля Земли застывающая горная порода намагничивается уже в другом магнитном поле.

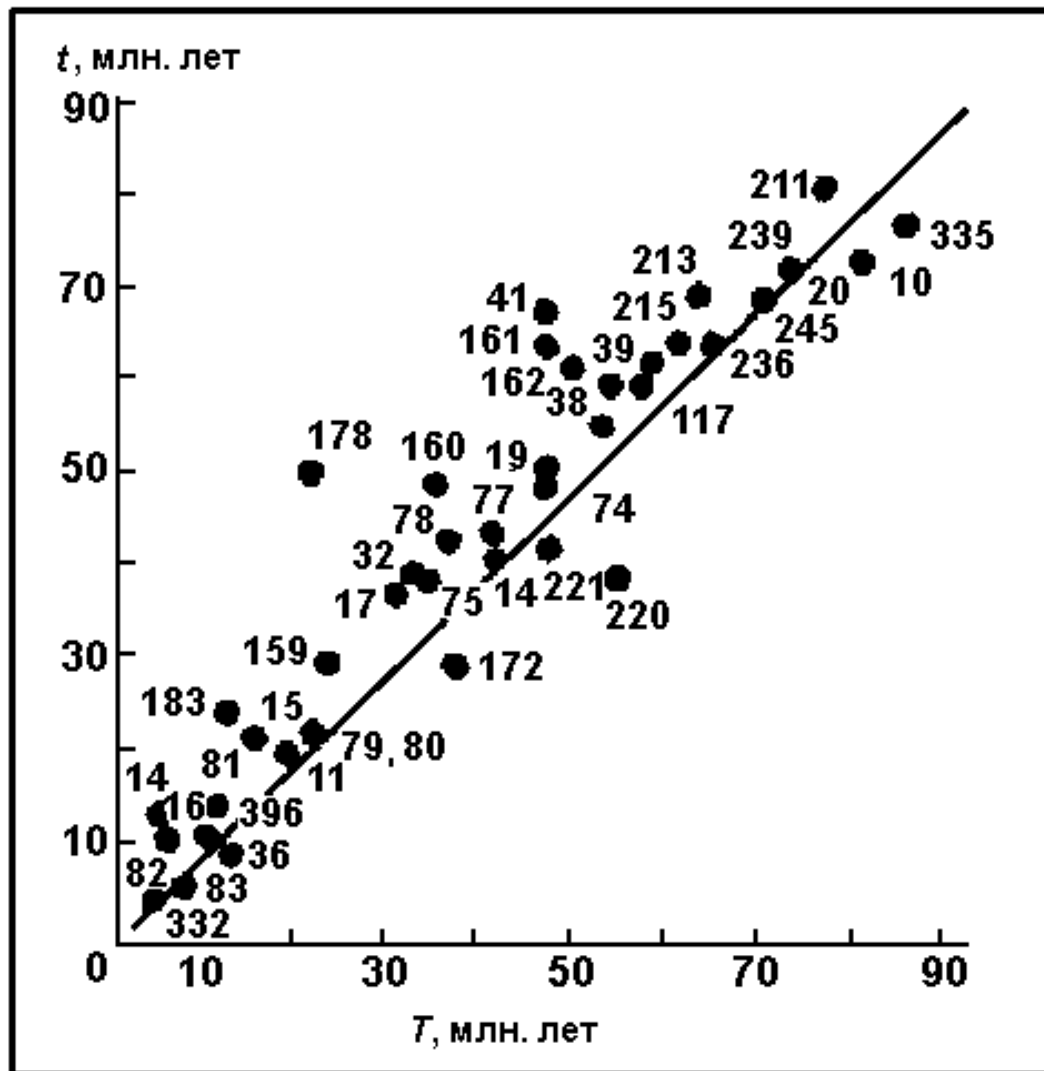
МАГНИТОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА

составленная по линейным магнитным аномалиям (Larson, Pitman)



Первая абсолютная геохронологическая шкала инверсий геомагнитного поля – Кокс, 1963. В дальнейшем шкала распространена на весь кайнозой и мезозой (Хейртцлер 1968, Ле Пишон 1968, Ларсон, Питман, 1972 и др.

Сравнение возраста океанического фундамента (t), предсказанного по шкале геомагнитных инверсий, с палеонтологическим определением по данным глубоководного бурения (T)



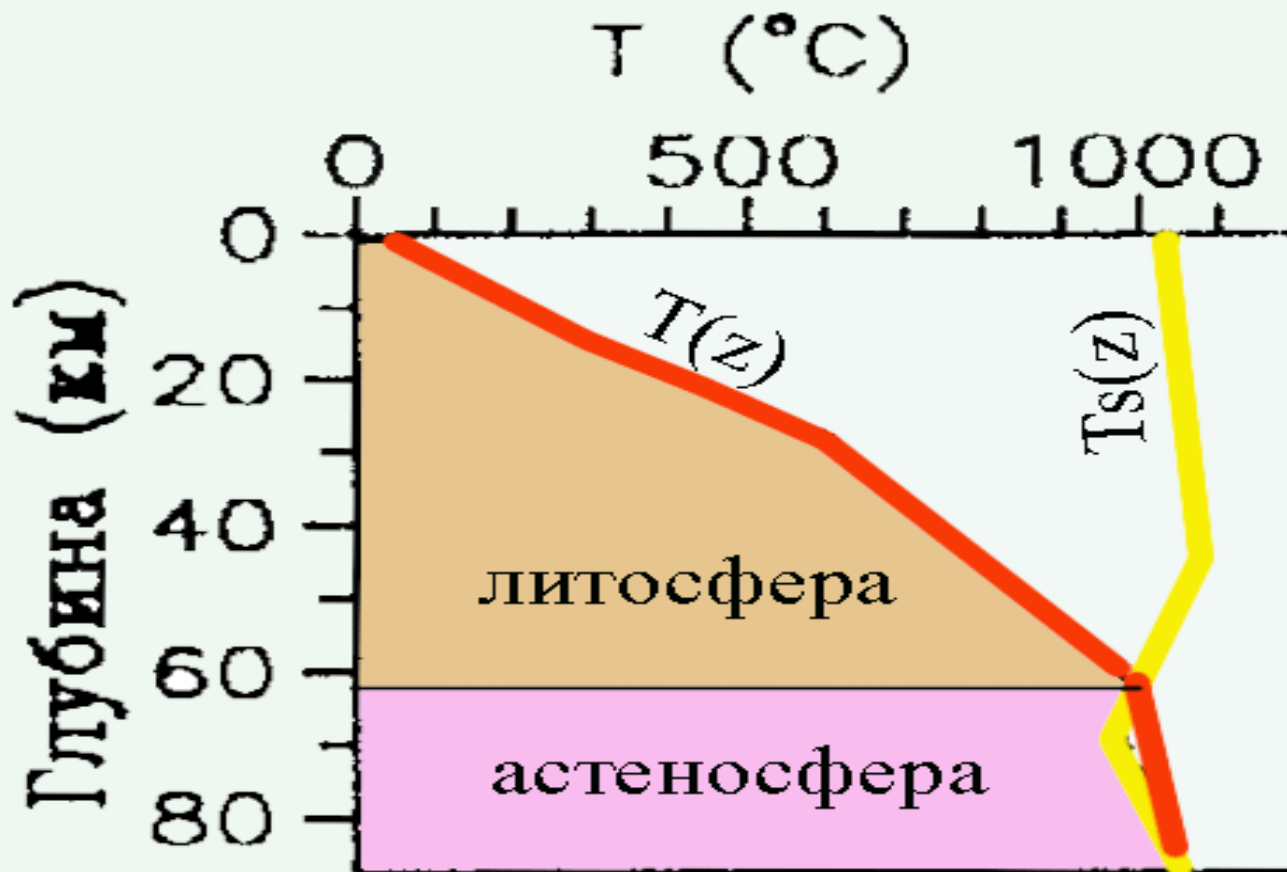
Большинство скважин не достигало кристаллического фундамента, поэтому данные бурения, как правило отражают возраст наиболее древних осадков, в то время как магнитные определения дают возраст базальтового фундамента

СТРОЕНИЕ И МОЩНОСТЬ ОКЕАНИЧЕСКОЙ ЛИТОСФЕРЫ. ПРИРОДА СРЕДИННО-ОКЕАНИЧЕСКИХ ХРЕБТОВ

Литосфера – жесткая, прочная верхняя оболочка Земли, включающая ЗК и часть В.мантии. Подстигается астеносферой – пластичной оболочкой В.мантии, в-во которой частично расплавлено или размягчено и хар-ся пониженной вязкостью.

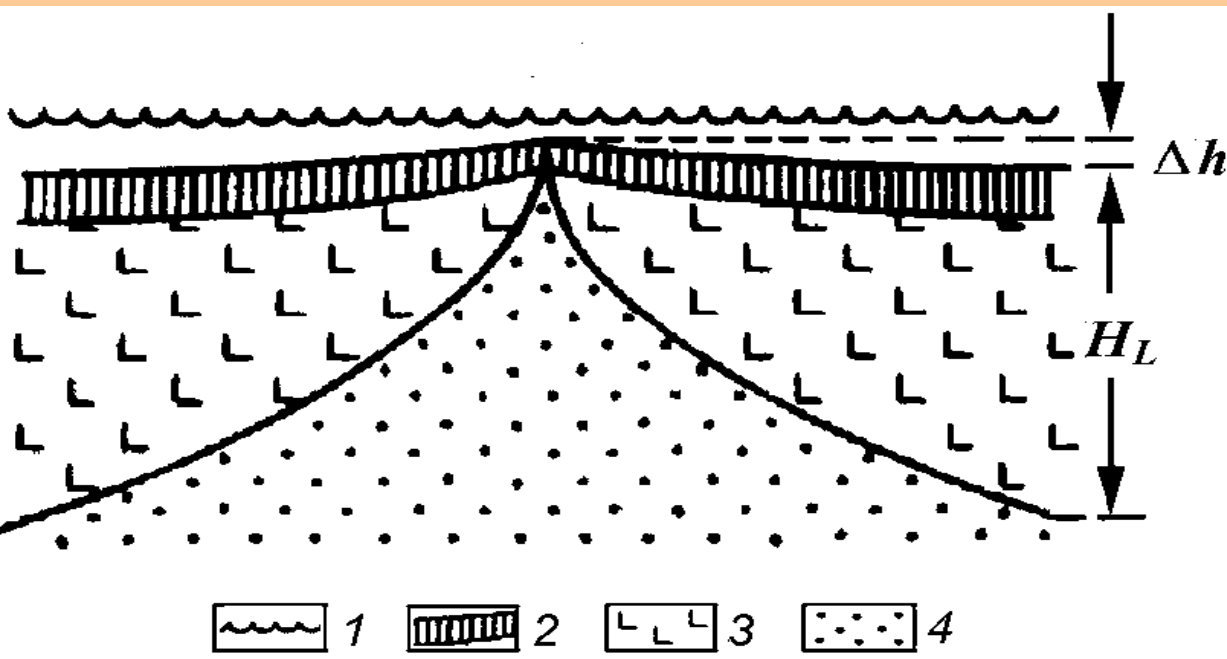
В отличие от литосферы астеносфера не обладает пределом прочности и ее вещество может деформироваться (течь) под действием даже очень малых избыточных давлений.

.



Основание литосферы и её термическая толщина определяется пересечением кривой солидуса пород мантии $T_s(z)$ с текущей геотермой литосферы $T(z,t)$.

Модель строения океанической литосферы



- 1 – поверхность океана;
- 2 – океаническая кора;
- 3 – океаническая литосфера;
- 4 – астеносфера

Важно отметить принципиальное отличие реологических свойств вещества в литосфере и астеносфере.

В первом приближении можно считать, что подлитосферная мантия характеризуется свойствами вязкой ньютоновой жидкости.

А литосферу можно описывать свойствами упруго-пластичного (упруго-хрупкого) тела, обладающего конечным значением предела прочности материала $\tau_0 \neq 0$.

Глубина «промерзания» расплава определяется решением уравнения теплопроводности:

$$T_s = T_m \operatorname{erf} \frac{H_l}{2\sqrt{at}}, \quad (1.1a)$$

где T_s - температура солидуса мантийного вещества;

T_m - температура мантии;

H_l - толщина литосферы, определяемая по температуре кристаллизации мантийного вещества, приблизительно равной T_s ;

α - коэффициент температуропроводности;

t – время, прошедшее с момента подъема горячего вещества астеносферы на поверхность Земли (возраст плиты).

T° астеносферы под рифтовыми зонами ≈ 1300 °С.

Из решения (1.1a) можно получить зависимость H океанической литосферы от ее возраста [Сорохтин, 1973; Parker, Oldenburg, 1973].

$$H_l = k\sqrt{t} \quad (1.2)$$

$$H_i = k\sqrt{t} \quad (1.2)$$

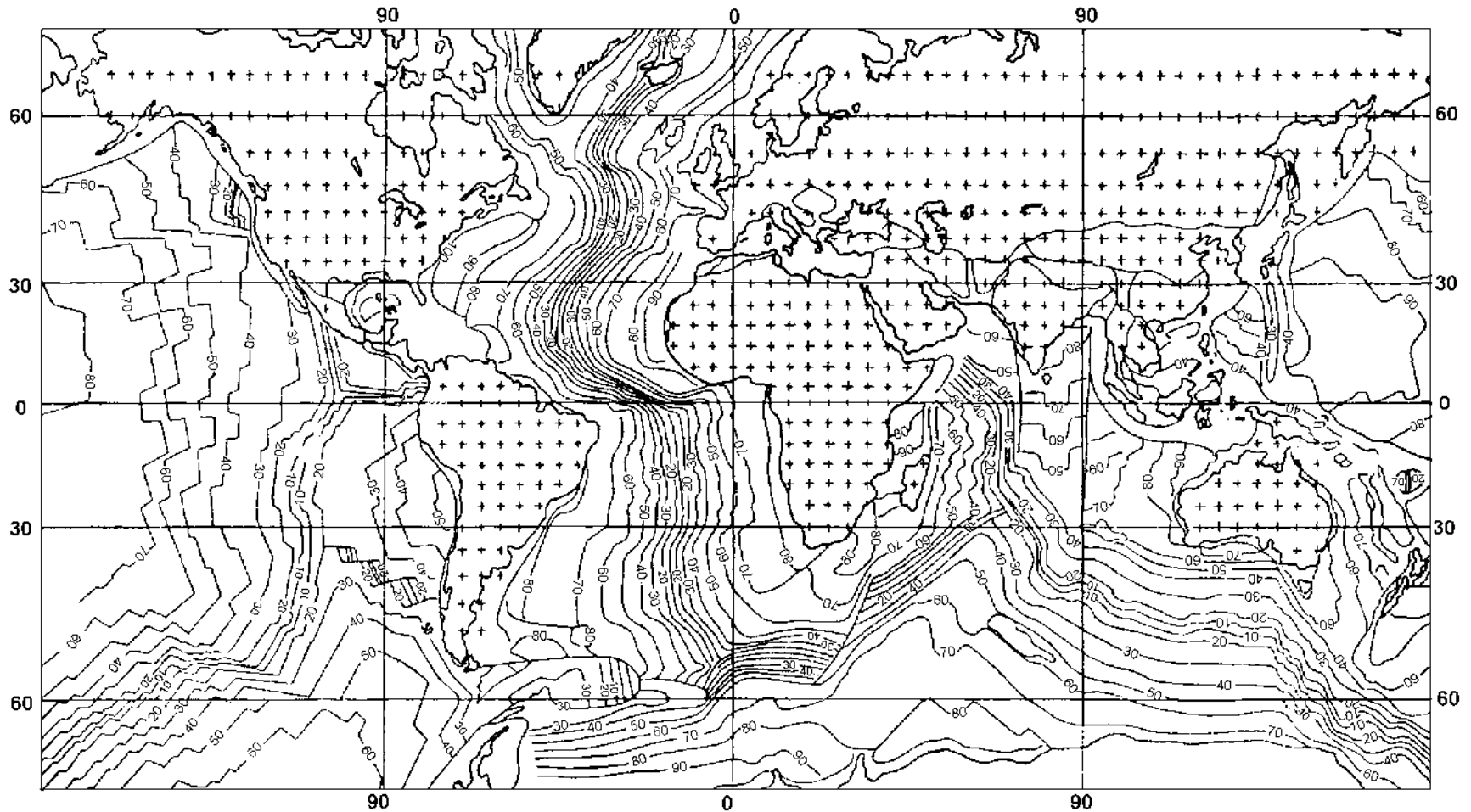
Если толщину литосферы H_i выразить в км, а t в миллионах лет, и в решение (1.1) подставить наиболее вероятные значения параметров T_s , T_m и a , то найдем, что $6,5 < k < 8,5$.

Надежных методов измерения H литосферы пока не существует.

Т.о. мощность литосферы не является постоянной, а закономерно увеличивается с возрастом по мере удаления от рифтовых зон.

В центре рифтовых долин мощность литосферы минимальна и астеносфера выходит почти на поверхность Земли.

**Зная возраст дна океана, можно построить
карту мощности океанической литосферы
(изопахиты в км)**



(Городницкий и др.)

Изостазия – равное давление

Имеется общее стремление земной коры к уравниваемости за счет астеносферной мантии. Это явление получило название изостазия.

***Согласно принципу изостазии* литосфера, как бы плавает на астеносфере**

Изменение глубины дна.

Породы литосферы тяжелее подстилающего их горячего вещества астеносферы (примерно на $0,1-0,01 \text{ г/см}^3$). Следовательно,

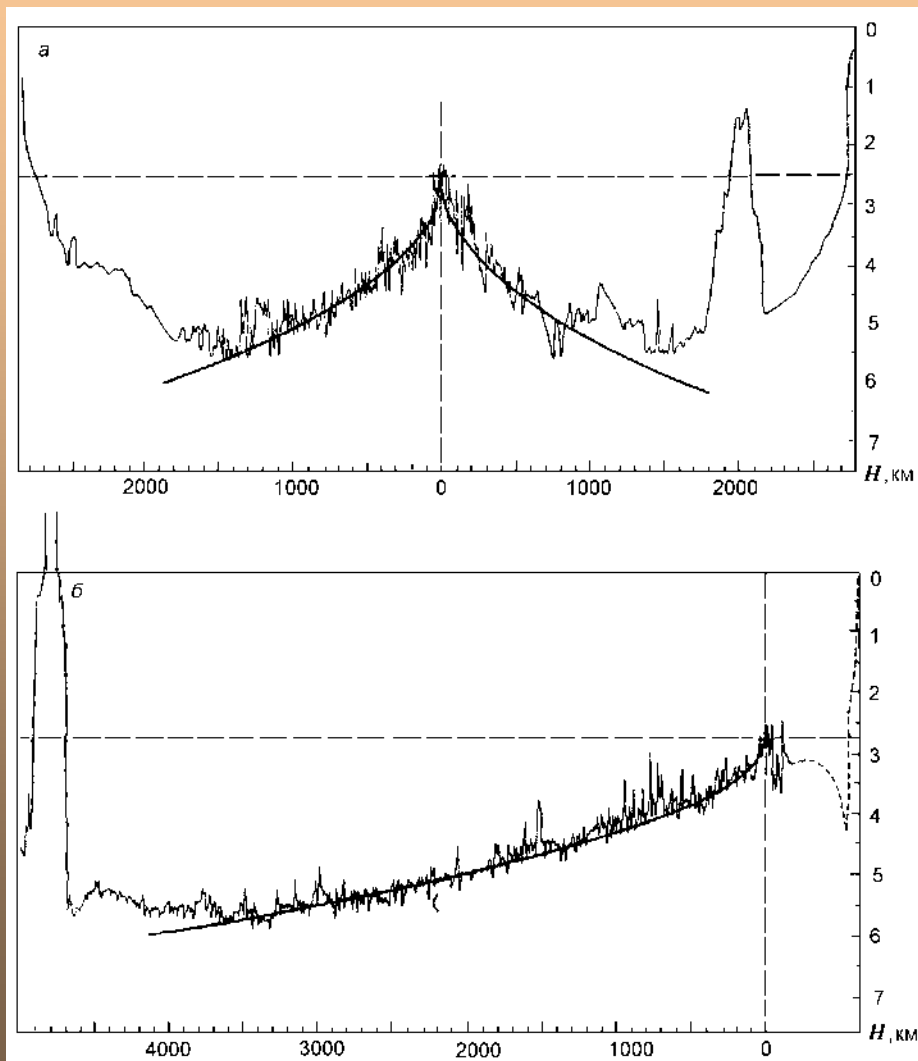
чем толще океаническая литосфера, тем на большую глубину, в соответствии с принципами изостазии, она погружается в астеносферу и тем ниже опускается ее поверхность.

Поэтому, **закон погружения океанского дна определяется все той же корневой зависимостью от возраста литосферы, т. е. от возраста самого океанского дна.**

$$\Delta h \approx 0,35\sqrt{t}$$

Аппроксимация глубины океана на склонах СОХ

а – САХ в Ю. Атлантике; б – ВТП



Осредненные профили рельефа
всех СОХ хорошо
аппроксимируются одной и той же
зависимостью

$$\Delta h \approx 0,35\sqrt{t} \quad (1.5)$$

для молодой океанической
литосферы, с $t < 70$ млн лет.

Для более древних участков
океанической литосферы рельеф
дна оказывается более пологим,
чем это определяется ф. (1.5).

Средняя величина погружения
поверхности дна океана с
возрастом составляет $\sim 320\text{-}350$
м/млн л^{-1/2}.

СТРОЕНИЕ ОКЕАНИЧЕСКОЙ КОРЫ

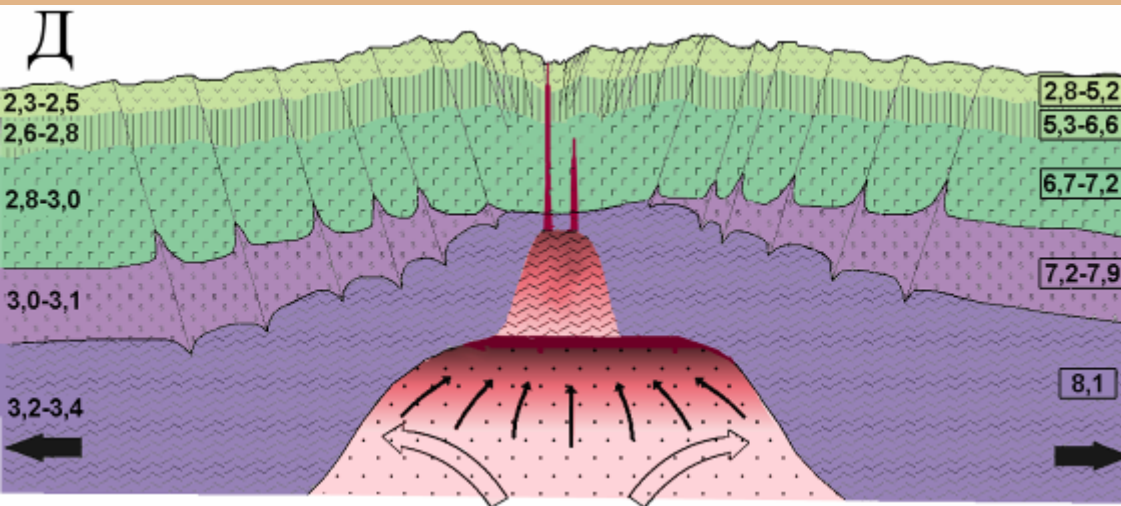
Глубинное строение океанической коры

Океаническая кора - верхний дифференцированный слой мантии, перекрытый сверху тонким слоем осадков. Формируется в рифтовых зонах СОХ за счет выделения базальтовых расплавов из астеносферы. В ок. коре выделяются три слоя

Слой 1 - осадочный,
Н_{ср} - около 0,5 км, до 10-15 км.

Слой 2 в верхней части - подушечные лавы толеитовых базальтов (**слой 2А**). Ниже **слой 2Б** долеритовые дайки. Общая Н = 1,5- 2 км.

Ниже залегает **слой 3** – габброидные породы. Н = 4,7-5 км.



Общая $N_{\text{ок коры}}$, без осадочного слоя, достигает 5-7 км.
Средняя σ ок. коры (без осадков) $\sim 2,9 \text{ г/см}^3$.

Состав земной коры.

Океанская кора отличается от континентальной однородностью состава. Она представлена толеитовыми базальтами практически неизменного химического состава в любой точке Мирового океана.

Это - одна из глобальных констант, свидетельствующая, вместе с постоянной мощностью океанской коры о едином механизме ее формирования.

В год изливается на океанское дно ~ **12 км³** базальтовых расплавов.

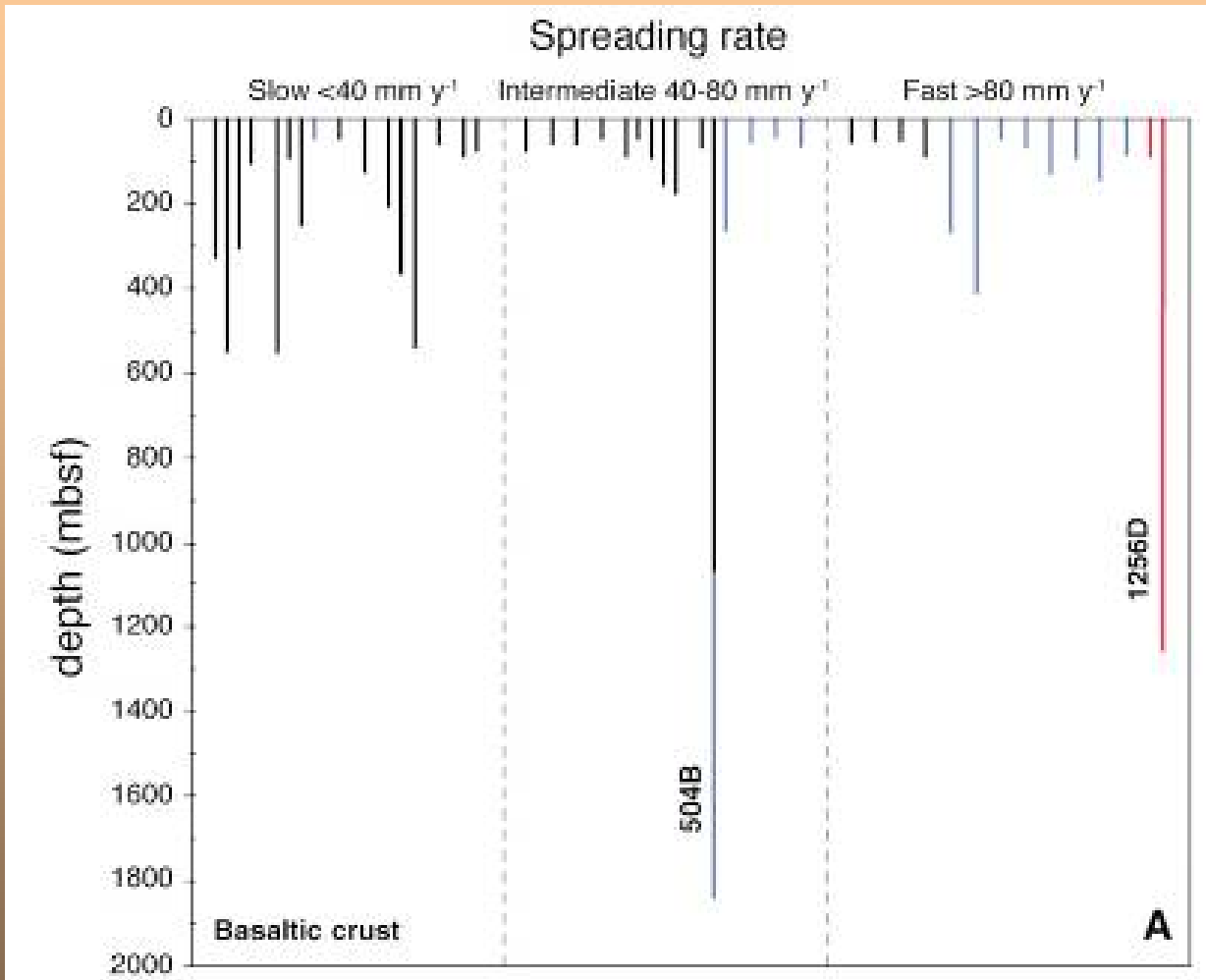
Состав океанской коры - одна из глобальных констант, свидетельствующая о едином механизме ее формирования.



Существует четыре основных источника информации о глубинной структуре океанической коры

- **Глубоководное морское бурение**
- **Драгирование**
- **Изучение офиолитов**
- **Геофизические исследования**

Все скважины проникающие на глубину > 50 м в базальтовый фундамент, как функция V_{spr} . (After Blackman et al., 2006).

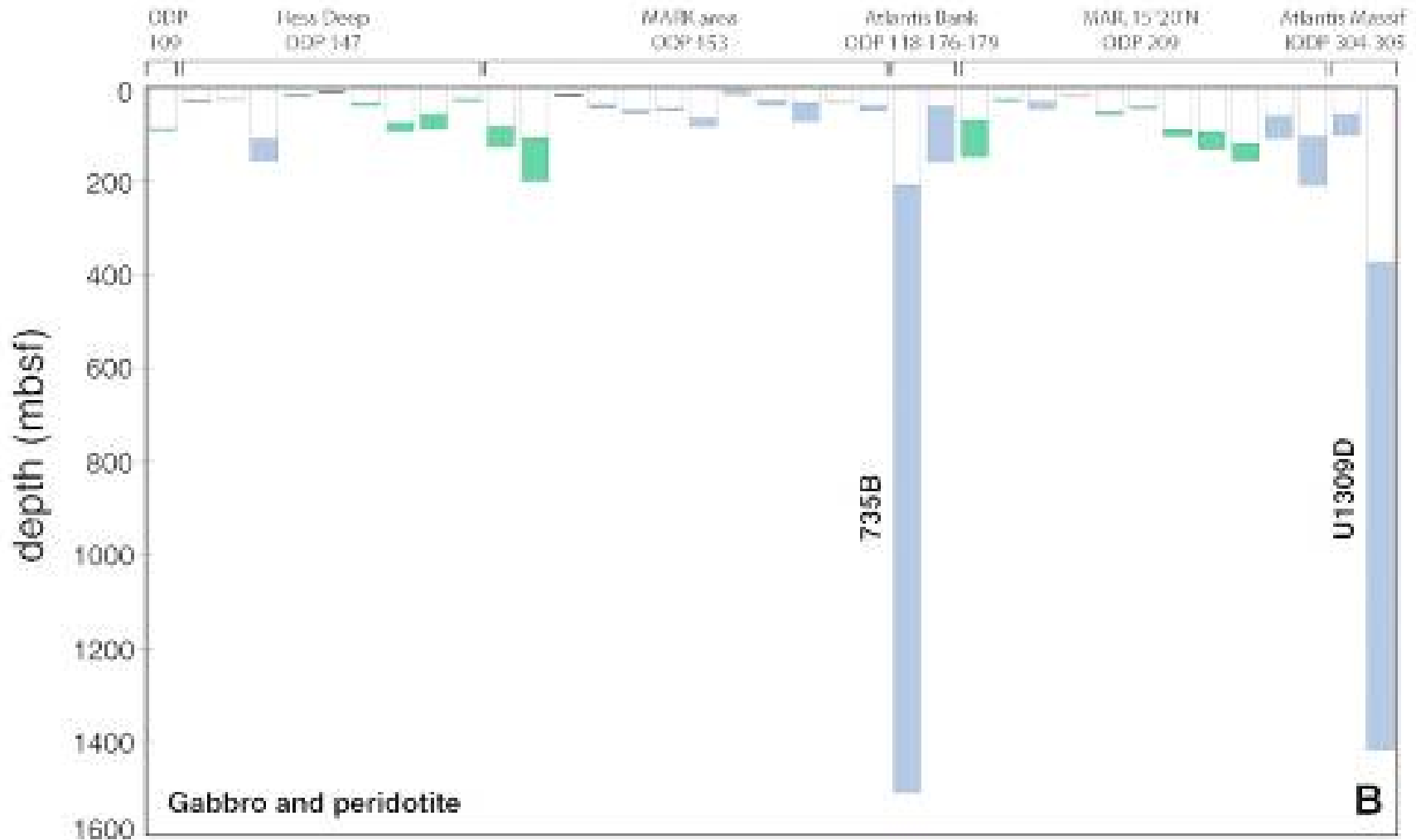


Глубоководное бурение дает информацию лишь о строении самых верхних (десятки – первые сотни м) горизонтов коры

Скв. 1256D достигла основания фундамента щитового дайкового комплекса на боле мелких глубинах, чем скв. 504B, которая остановилась в дайковом комплексе. Черным – скважины DSDP, голубым – скважины ODP, красным – скважины IODP.

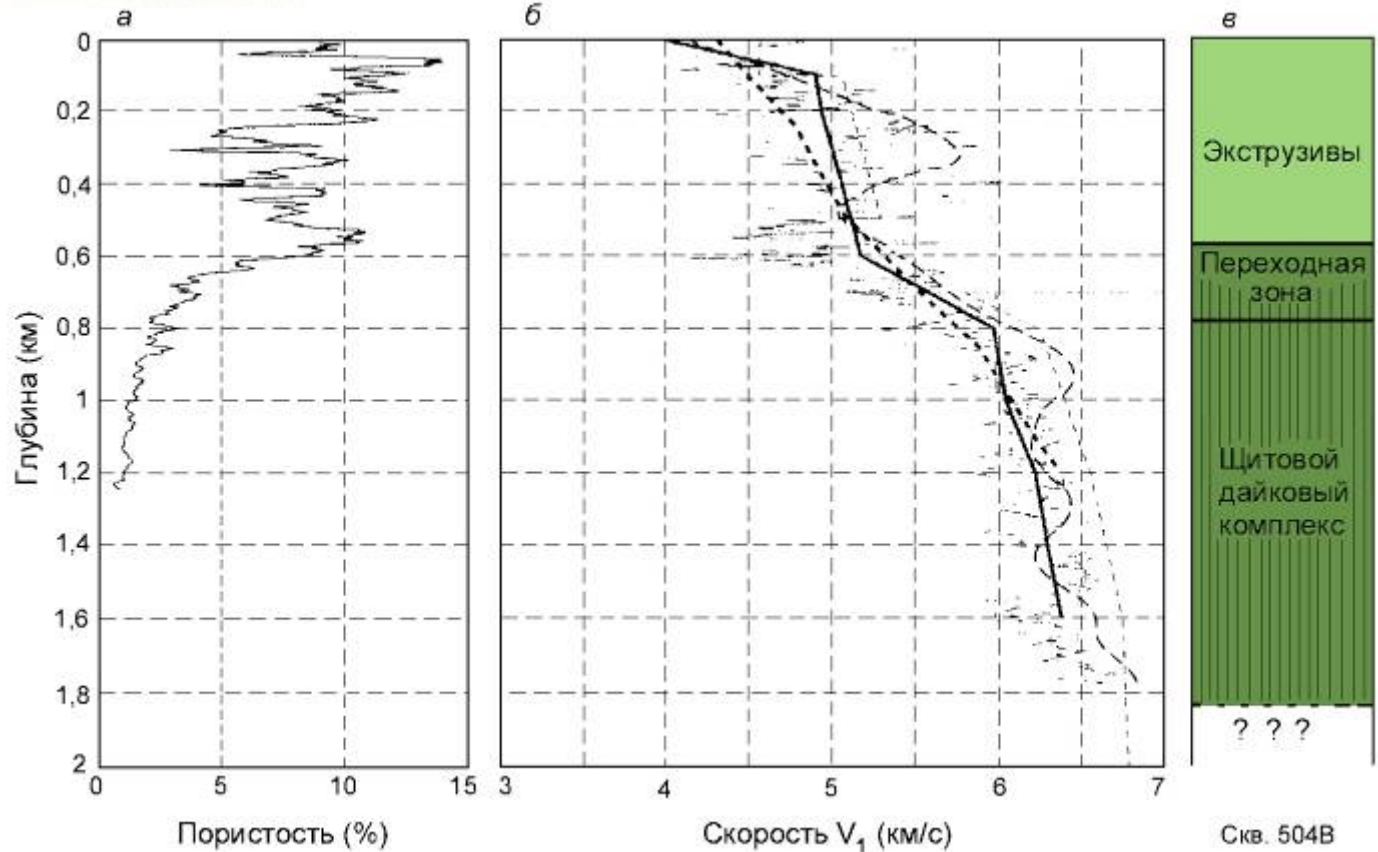
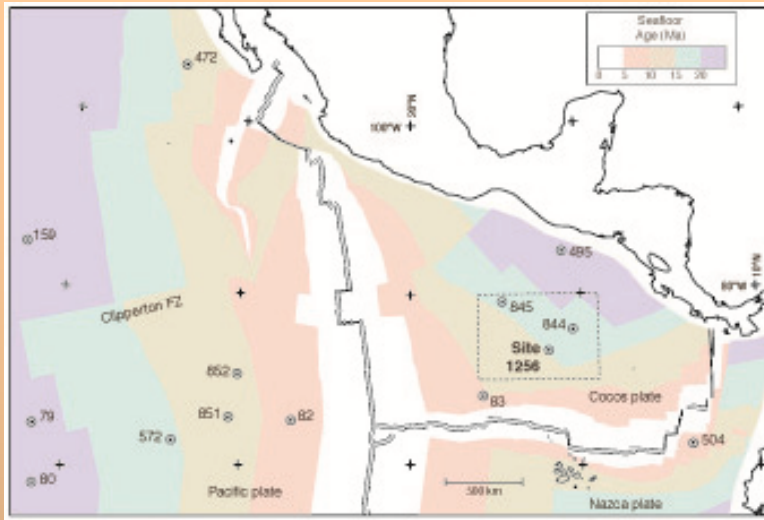
Все скважины проникающие на глубину > 10 m в габброидные и ультраосновные породы фундамента.

Голубым – преобладание габбро, зеленым – преобладание перидотитов.
(Blackman et al., 2006).



Строение верхней части коры по результатам бурения скв. 504 В. (Detrick et al., 1998).

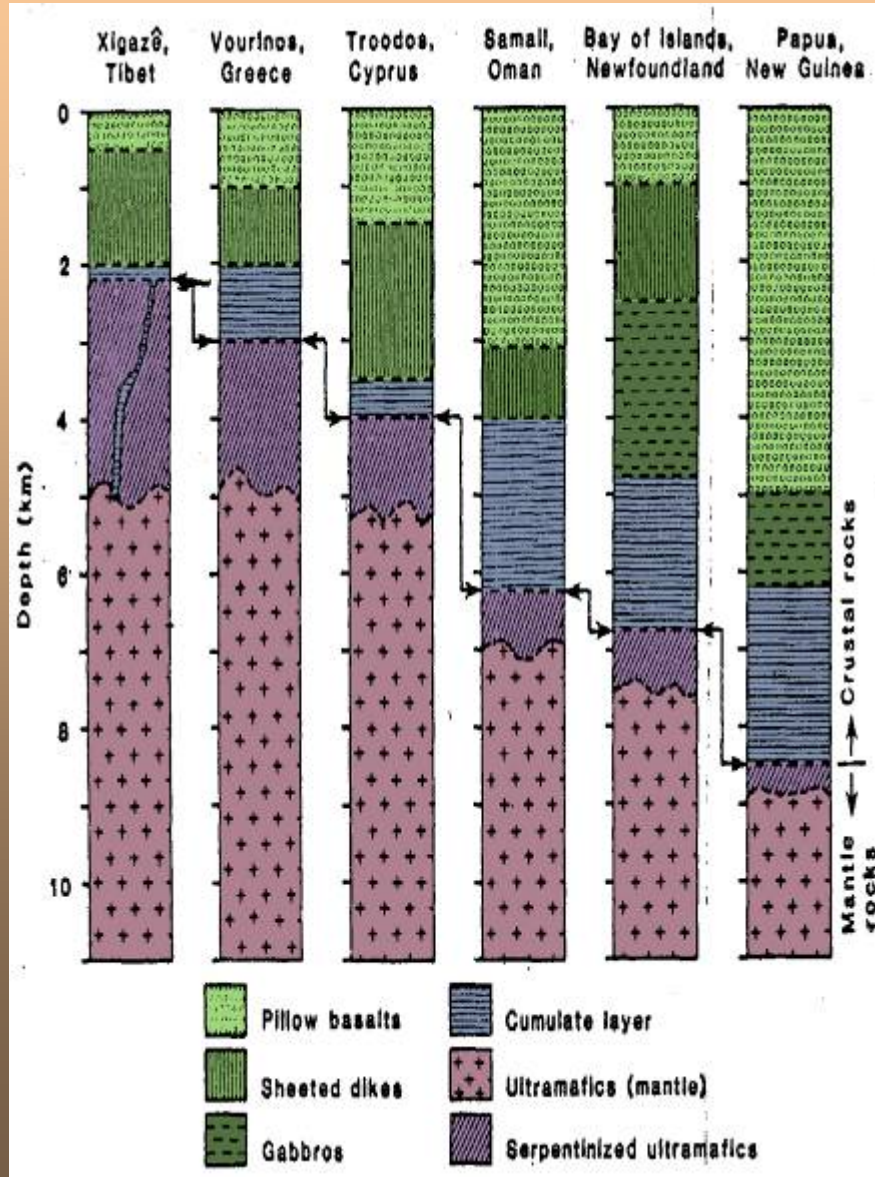
Скважина 504В располагается на южном фланге рифта Коста Рика в 230 км южнее оси рифта на коре с возрастом 5.9 млн лет



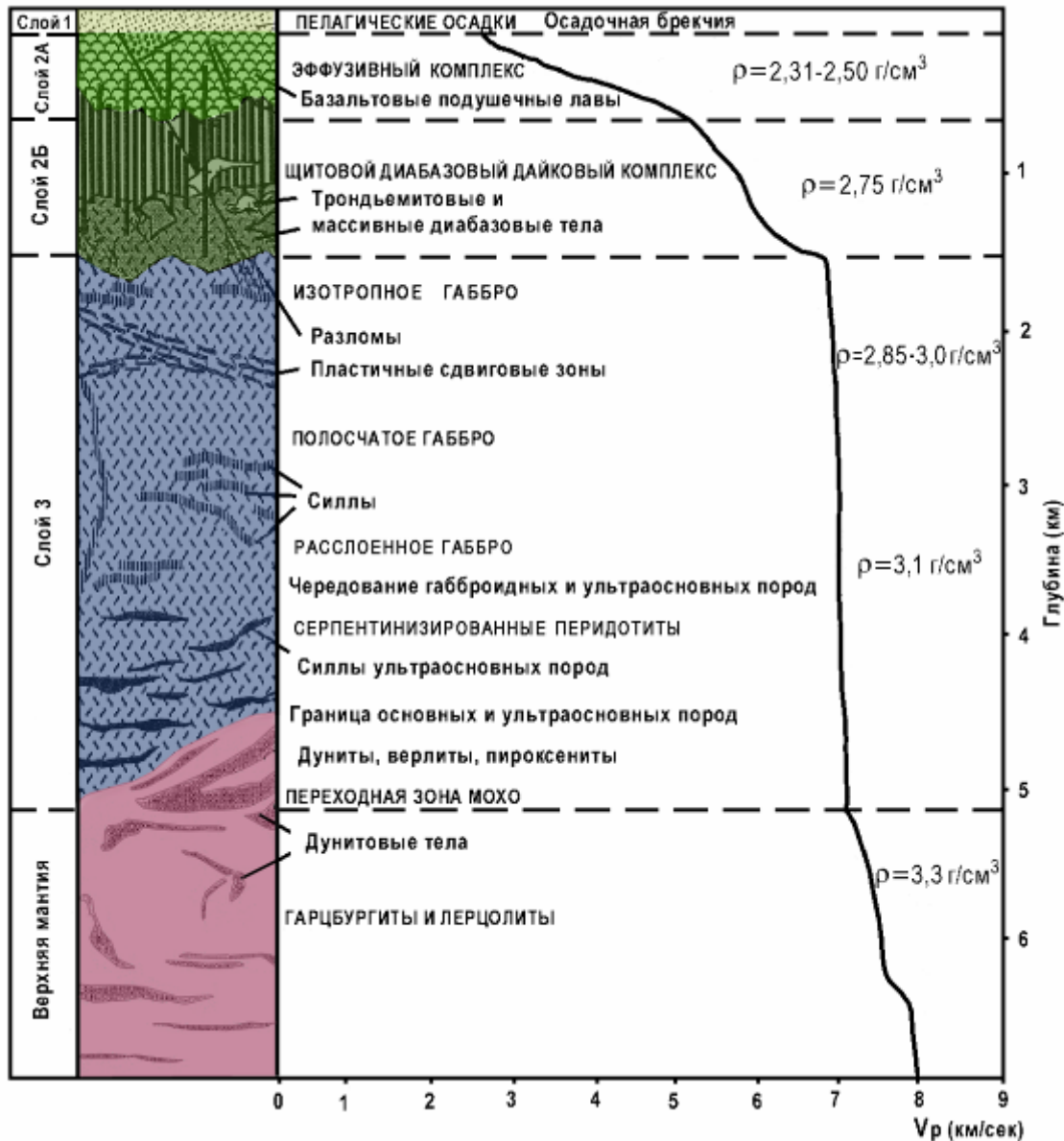
Строение коры по данным изучения офиолитов

Разрезы офиолитовых комплексов

[after B.Lewis]



Обобщенная схема строения океанической коры



Вопросы.

Везде ли кора имеет одинаковое строение?

Каковы причины стратификации коры?

Какие процессы определяют толщину и состав разных слоев коры?

Какова природа границы Мохо?