

# 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

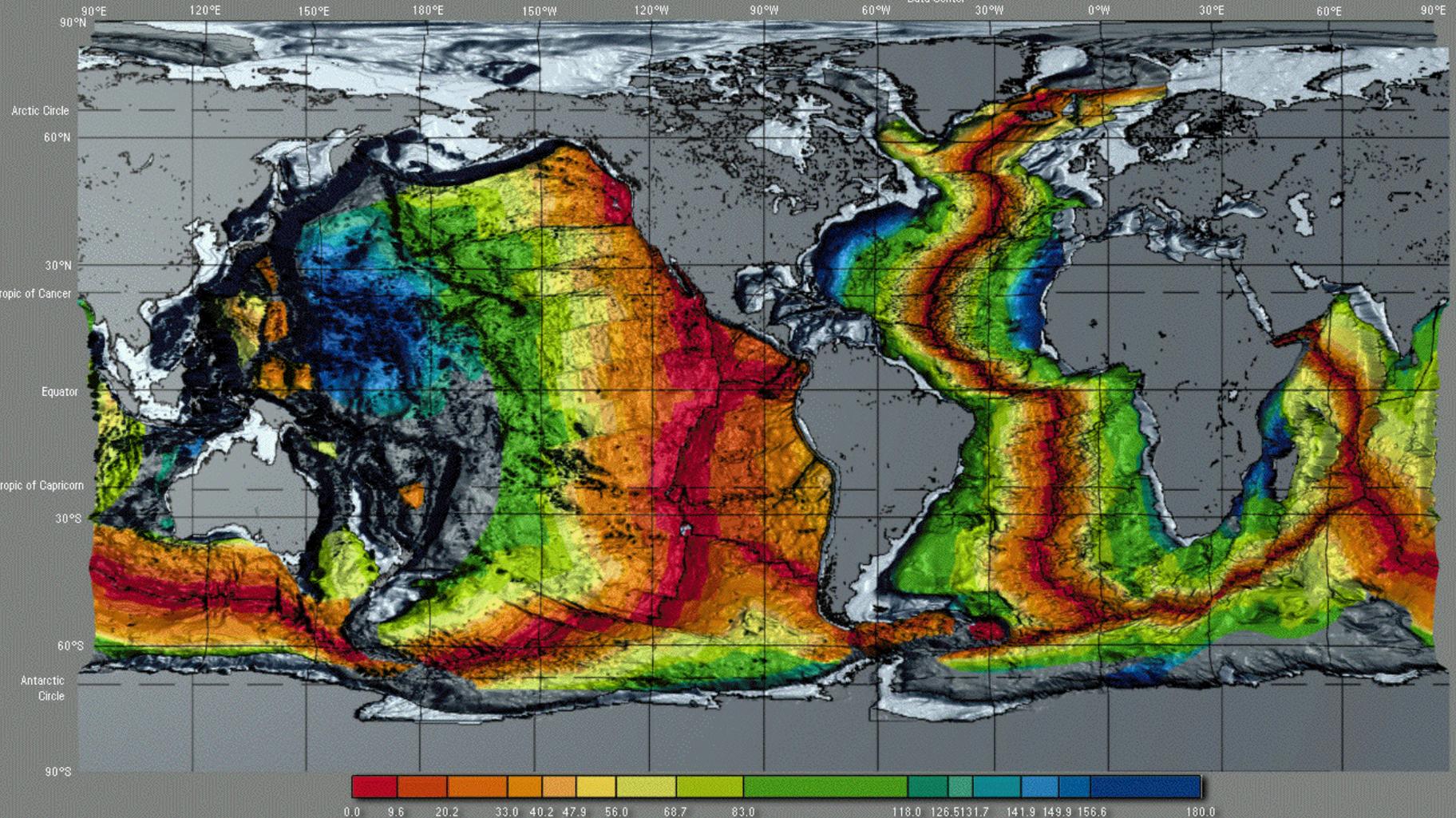
## Установлено, что возраст пород, слагающих дно

180

### Crustal Age



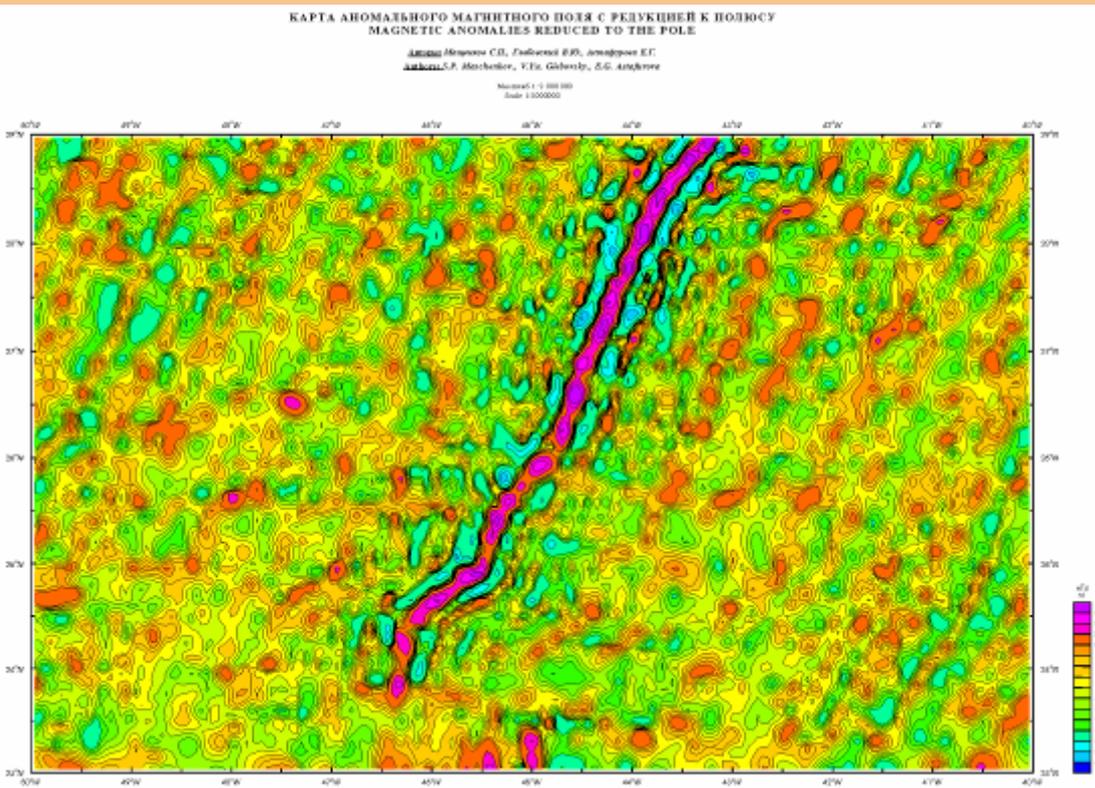
National Geophysical  
Data Center



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

# Существует два основных метода определения возраста дна океана:

## Геоисторический анализ линейных магнитных аномалий и



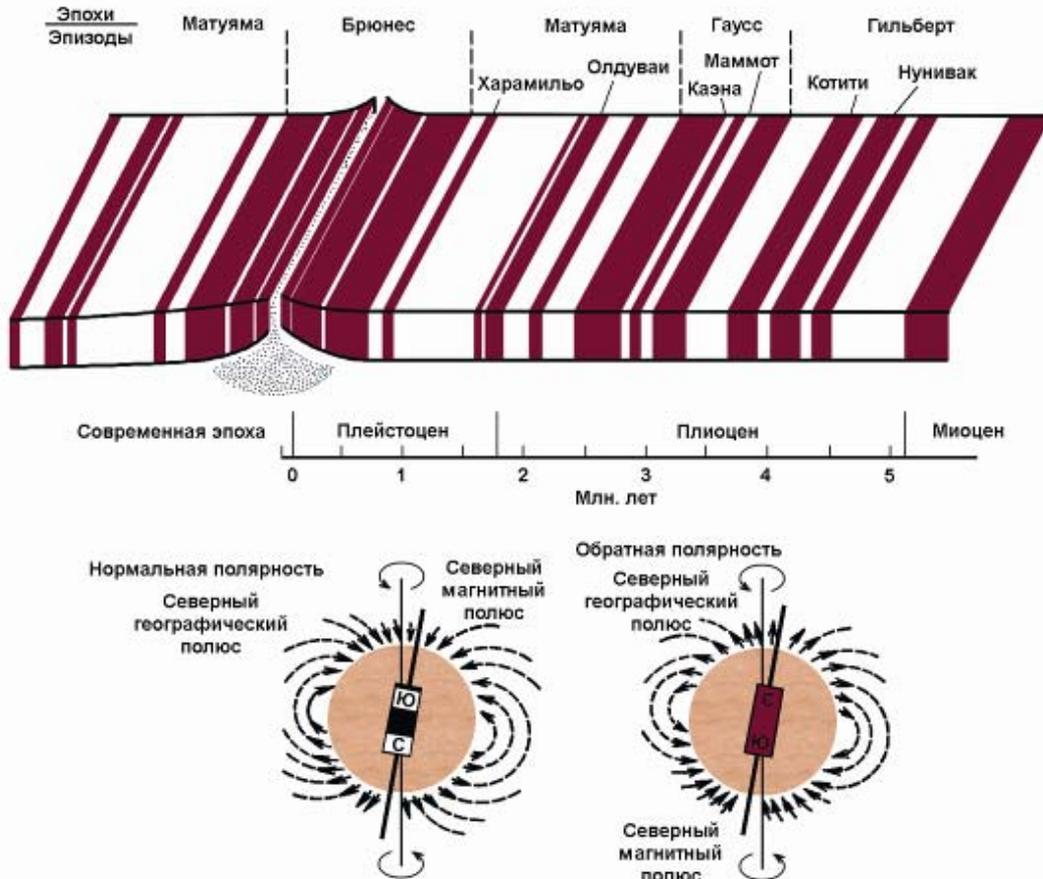
Карта аномального магнитного поля Северной Атлантики (Мащенко и др.)

## 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).



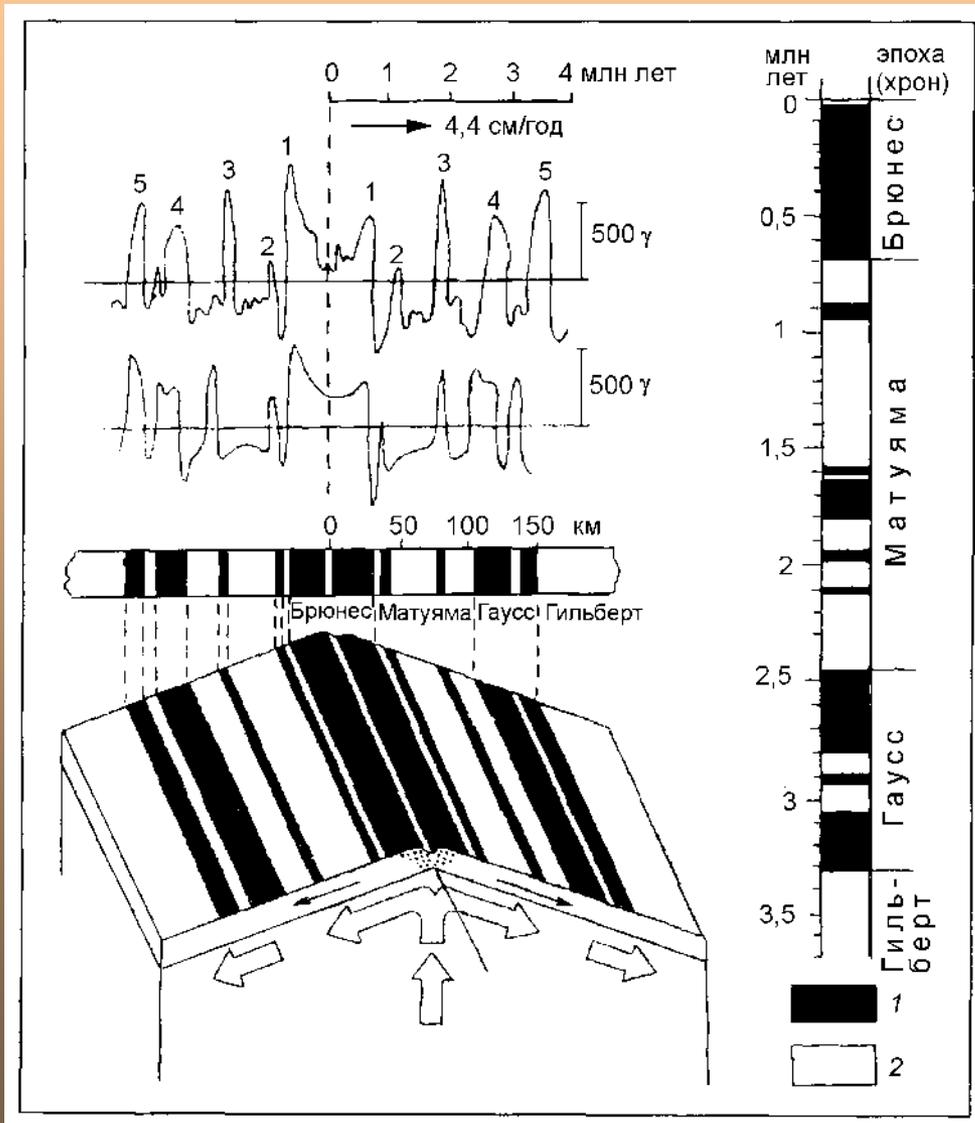
# ИНВЕРСИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ПРИРОДА ЛИНЕЙНЫХ МАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ



- 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 ( $IR \gg Ii$ ). Т кюри.

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

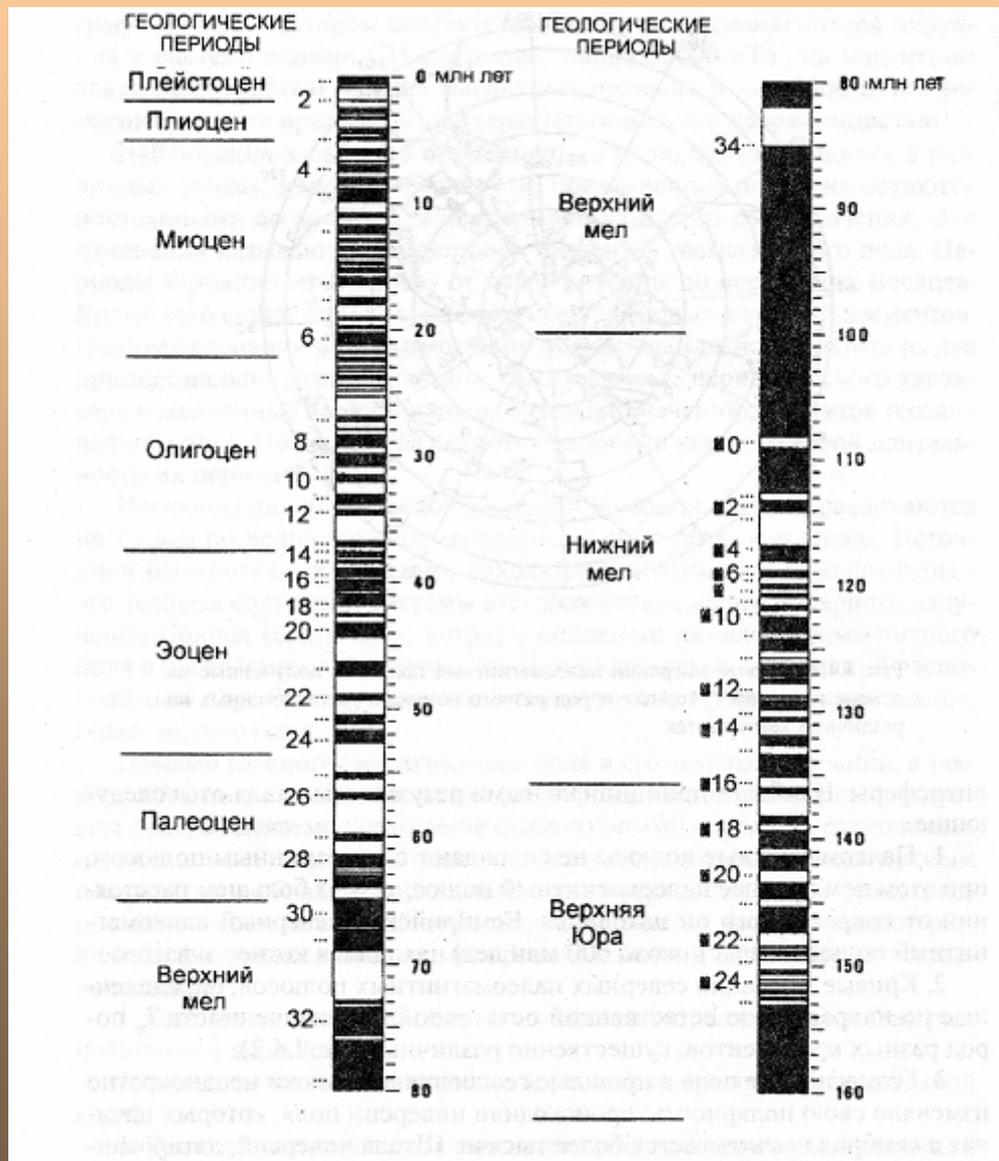
1,2 – полярности: 1 – прямая, 2 – обратная.



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.

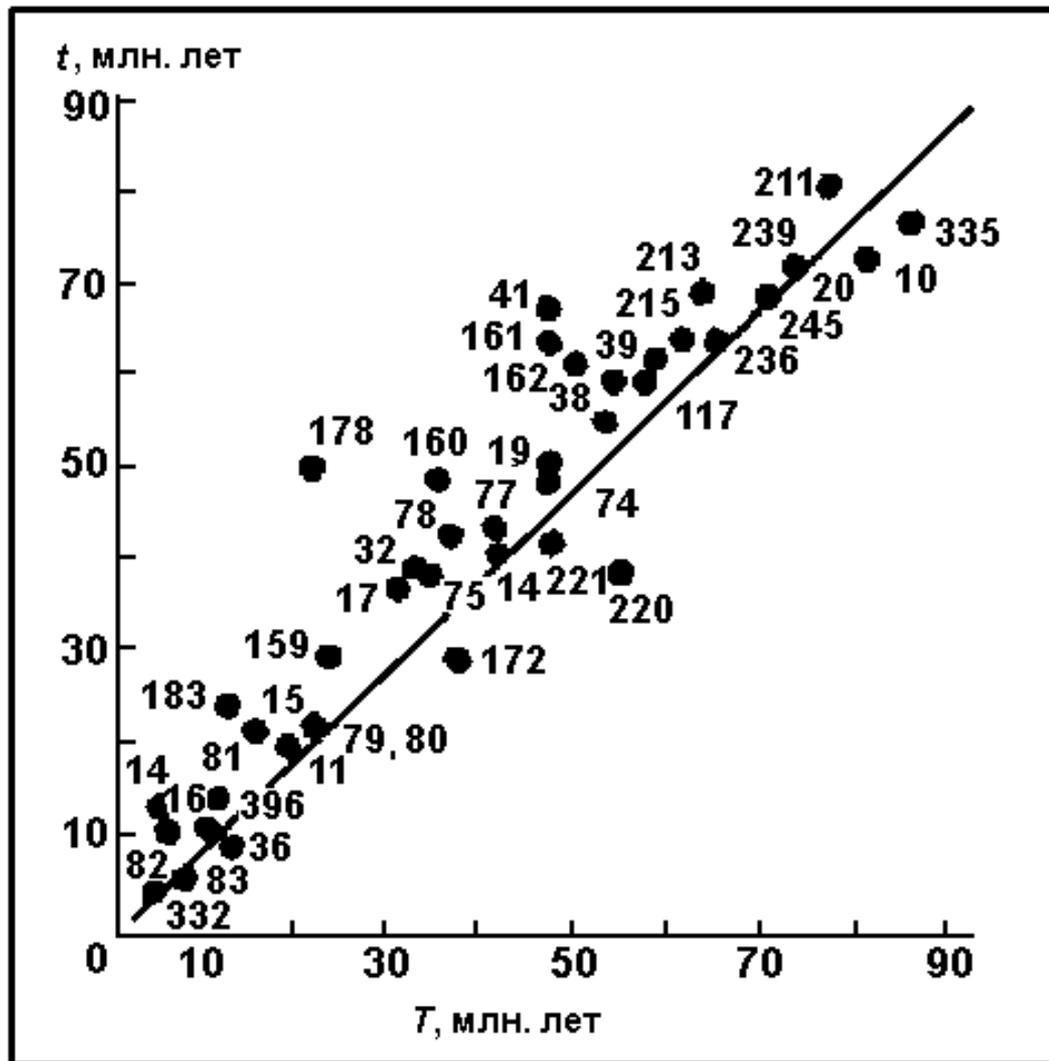
# МАГНИТОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА

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 ( $T$ )



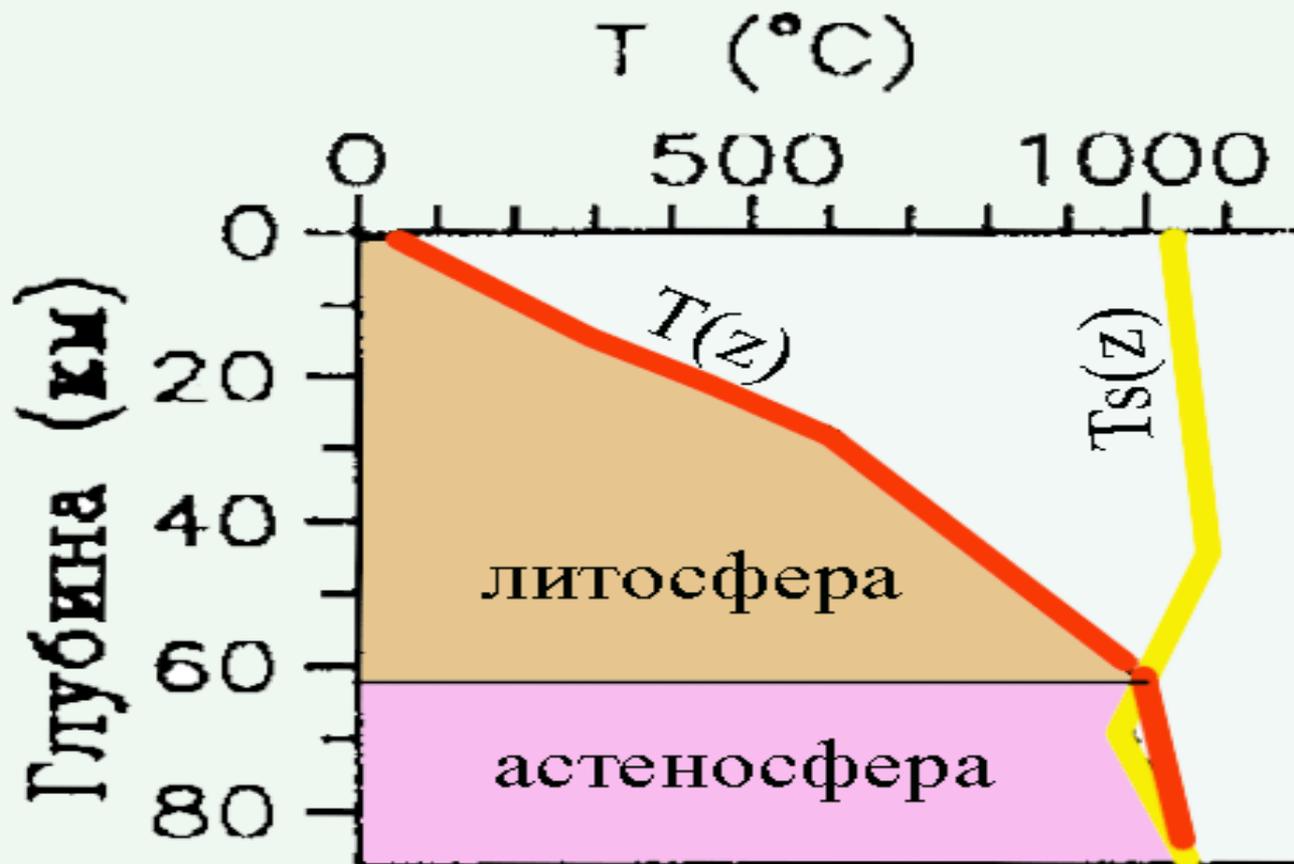
Большинство скважин не достигало кристаллического фундамента, поэтому данные бурения, как правило отражают возраст наиболее древних осадков, в то время как магнитные определения дают возраст базальтового фундамента

# 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.

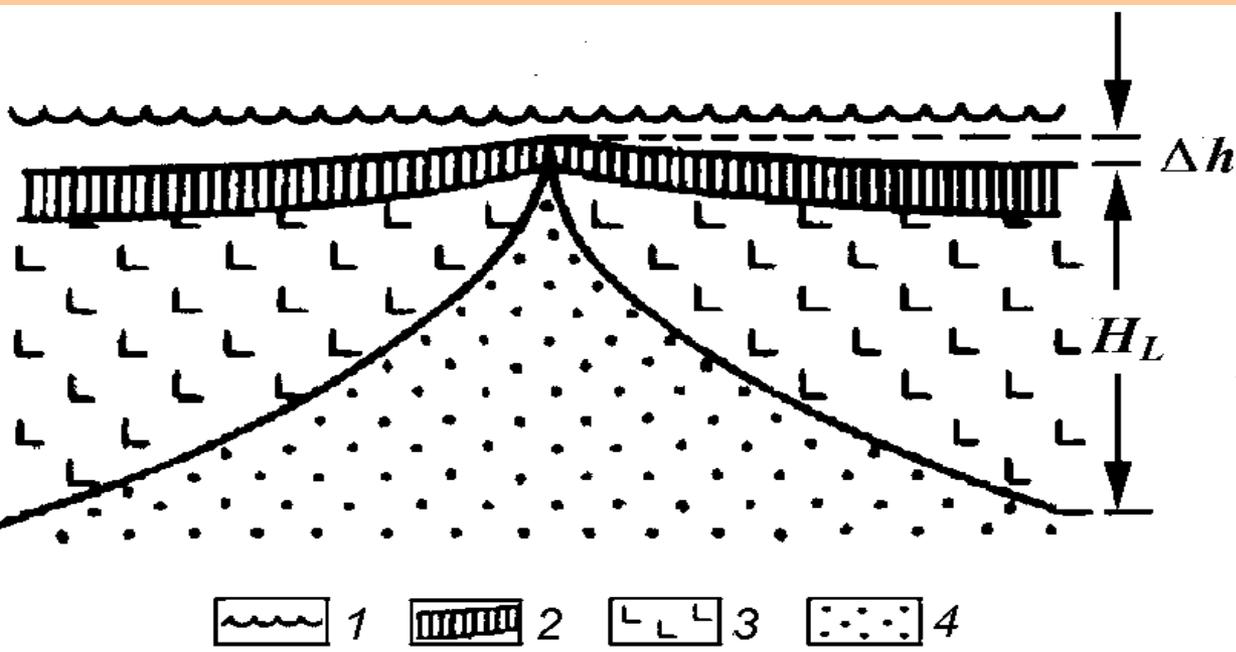
**В отличие от литосферы астеносфера не обладает пределом прочности и ее вещество может деформироваться (течь) под действием даже очень малых избыточных давлений.**

.



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:

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

где  $T_s$  - температура солидуса мантийного вещества;

$T_m$  - температура мантии;

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

$\alpha$  - коэффициент температуропроводности;

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

$T^\circ$  астеносферы под рифтовыми зонами  $\approx 1300$  °С.

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

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

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

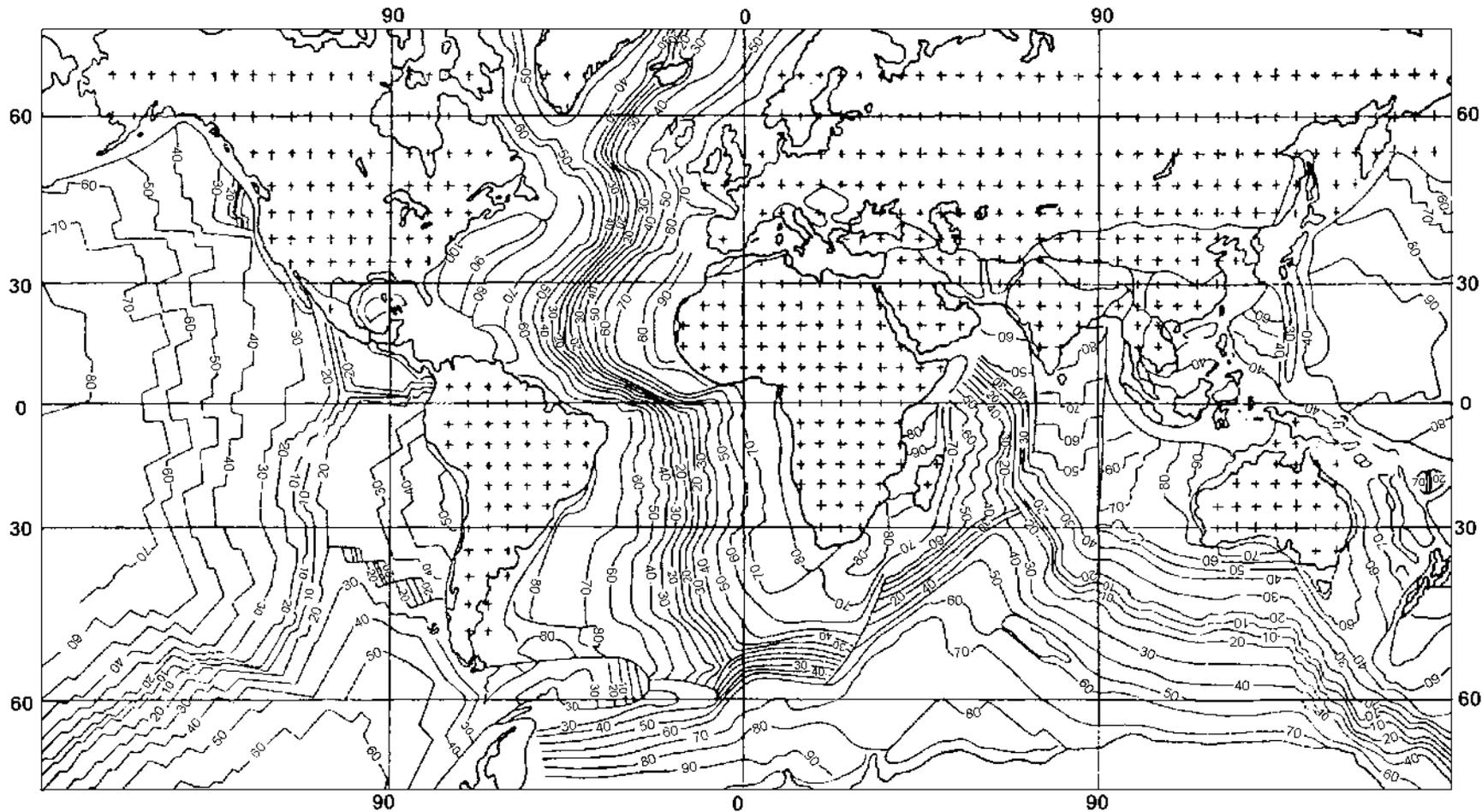
Если толщину литосферы  $H_i$  выразить в км, а  $t$  в миллионах лет, и в решение (1.1) подставить наиболее вероятные значения параметров  $T_s$ ,  $T_m$  и  $a$ , то найдем, что  $6,5 < k < 8,5$ .

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,

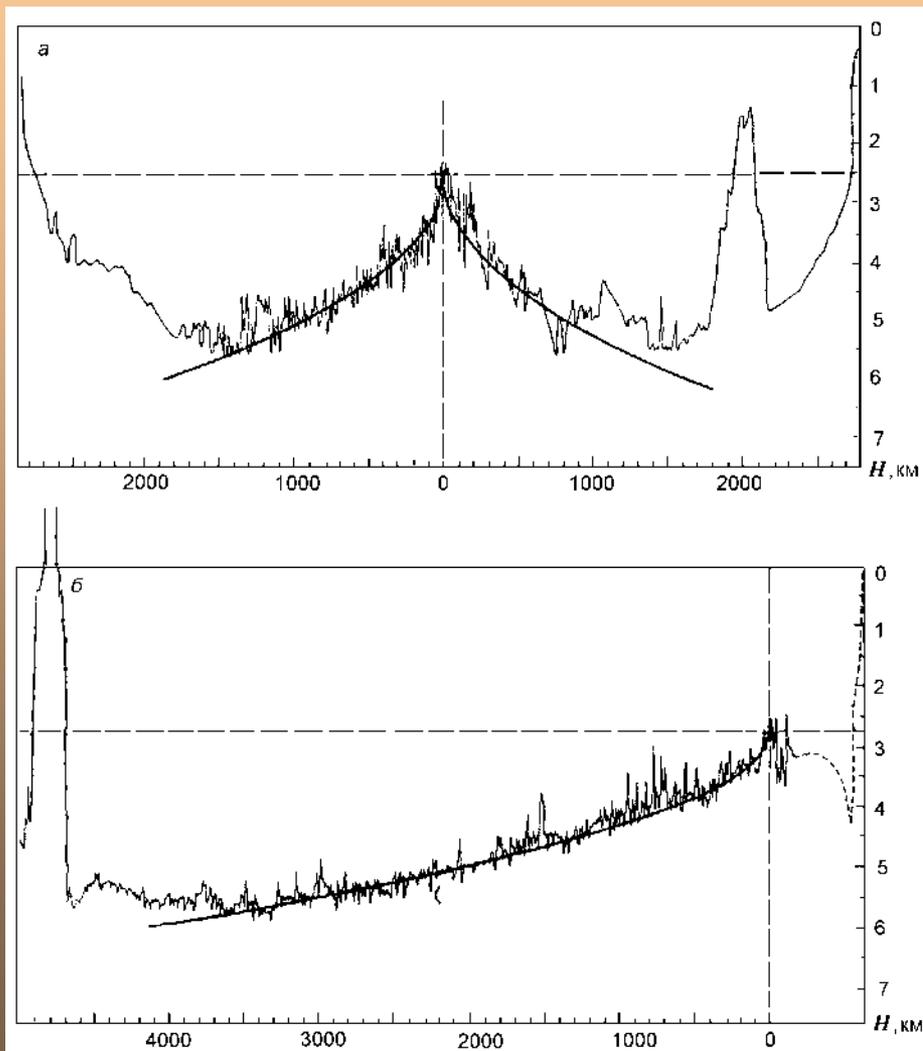
**чем толще океаническая литосфера, тем на большую глубину, в соответствии с принципами изостазии, она погружается в астеносферу и тем ниже опускается ее поверхность.**

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<sup>-1/2</sup>.

# ***СТРОЕНИЕ ОКЕАНИЧЕСКОЙ КОРЫ***

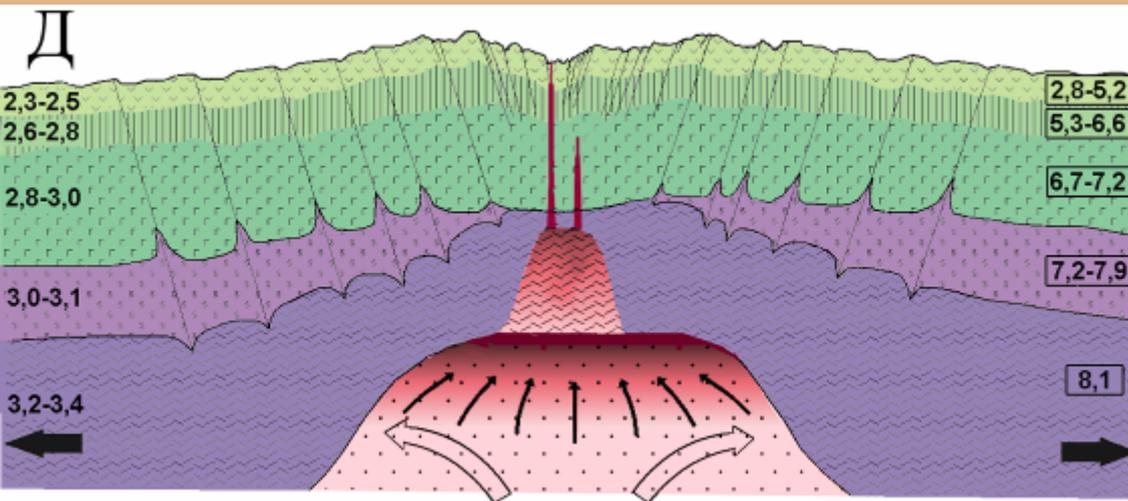
# Глубинное строение океанической коры

**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<sub>ср</sub> - 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  $H_{ок\ коры}$ , без осадочного слоя, достигает 5-7 км.  
Средняя  $\sigma$  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 км<sup>3</sup>** базальтовых расплавов.

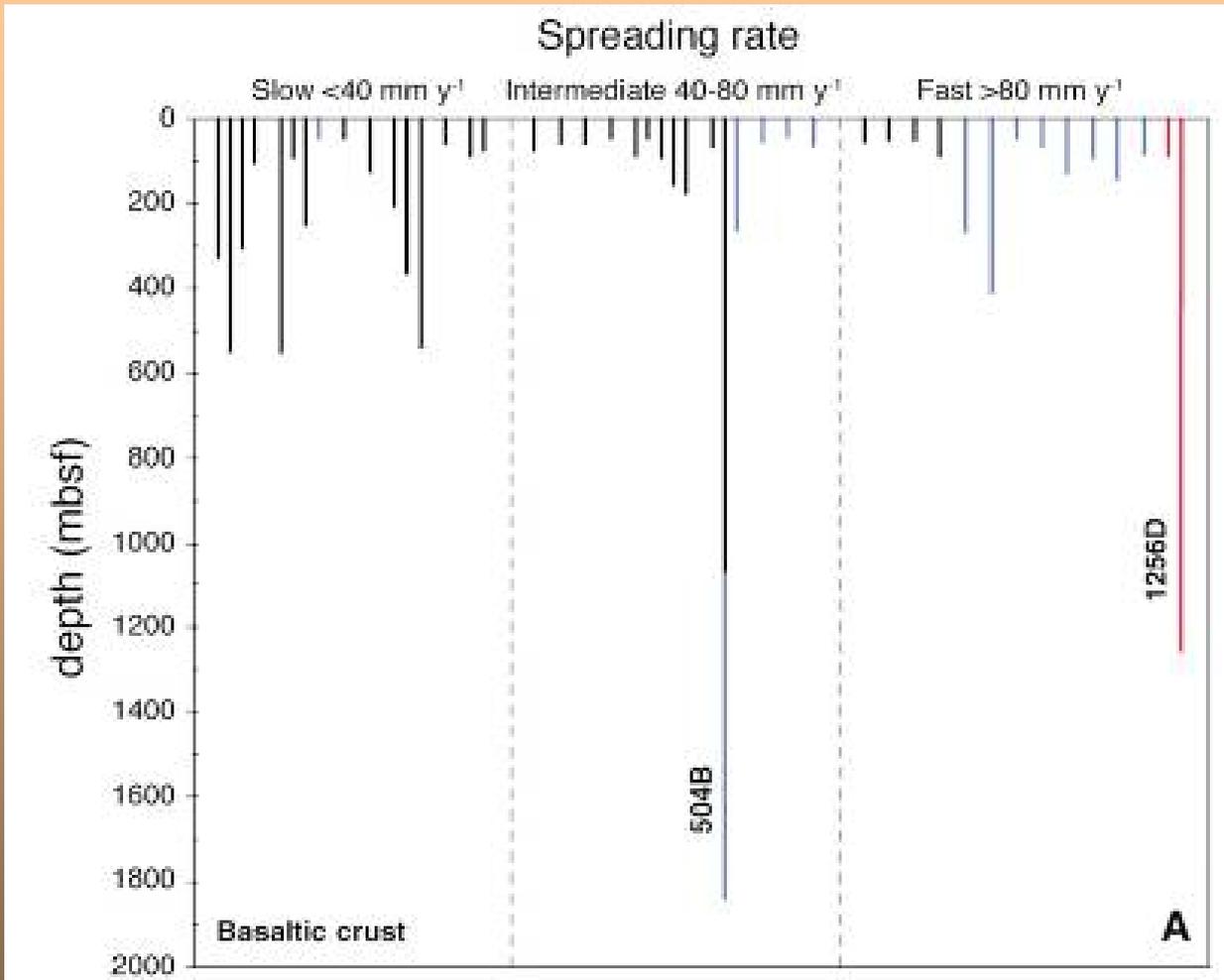
Состав океанской коры - одна из глобальных констант, свидетельствующая о едином механизме ее формирования.



# Существует четыре основных источника информации о глубинной структуре океанической коры

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

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

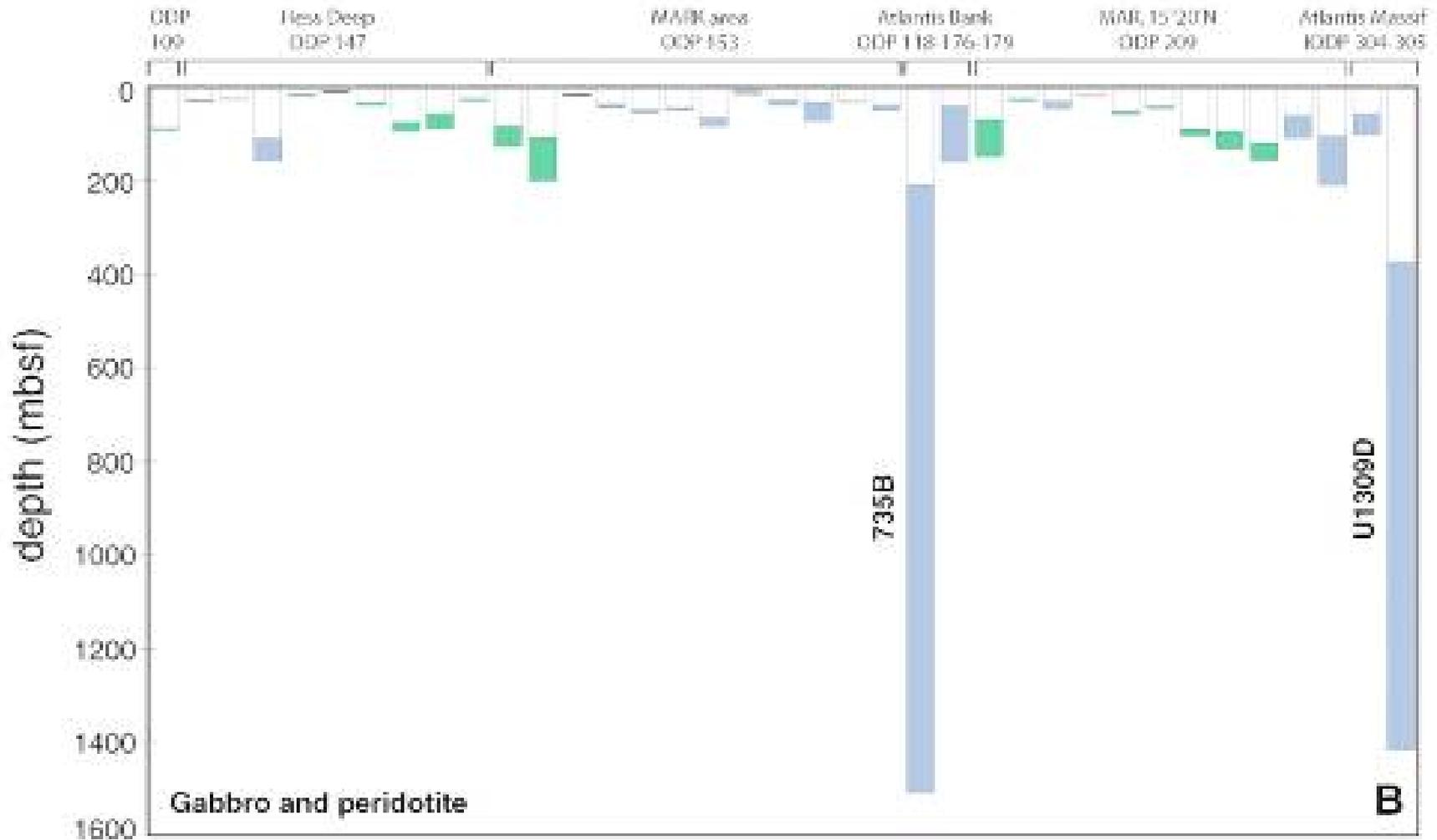


Глубоководное бурение дает информацию лишь о строении самых верхних (десятки – первые сотни м) горизонтов коры

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.

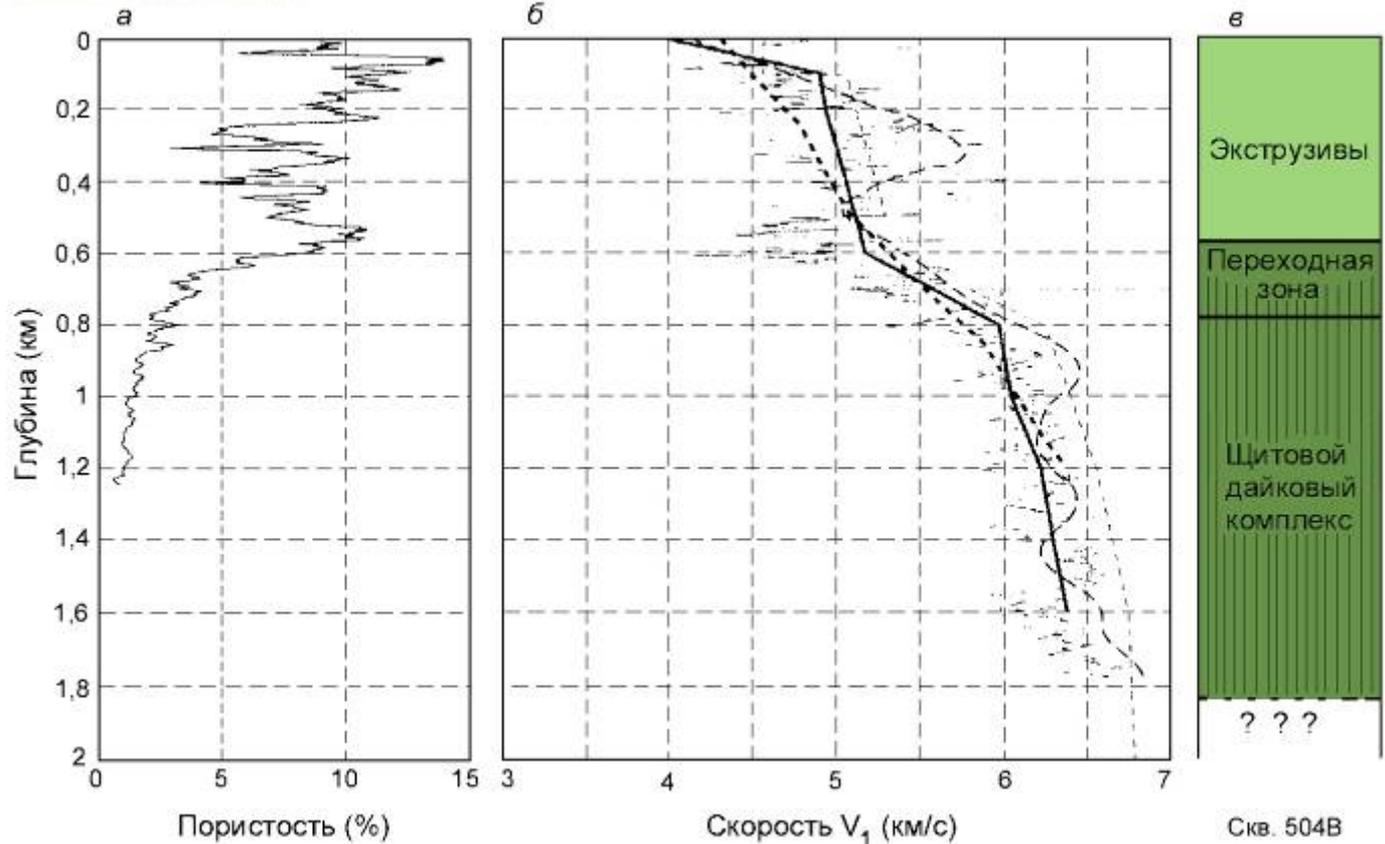
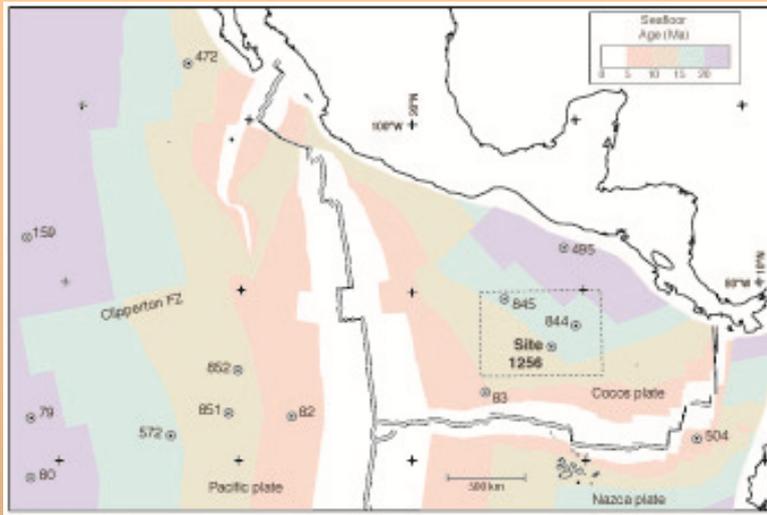
# Все скважины проникающие на глубину > 10 m в габброидные и ультраосновные породы фундамента.

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



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

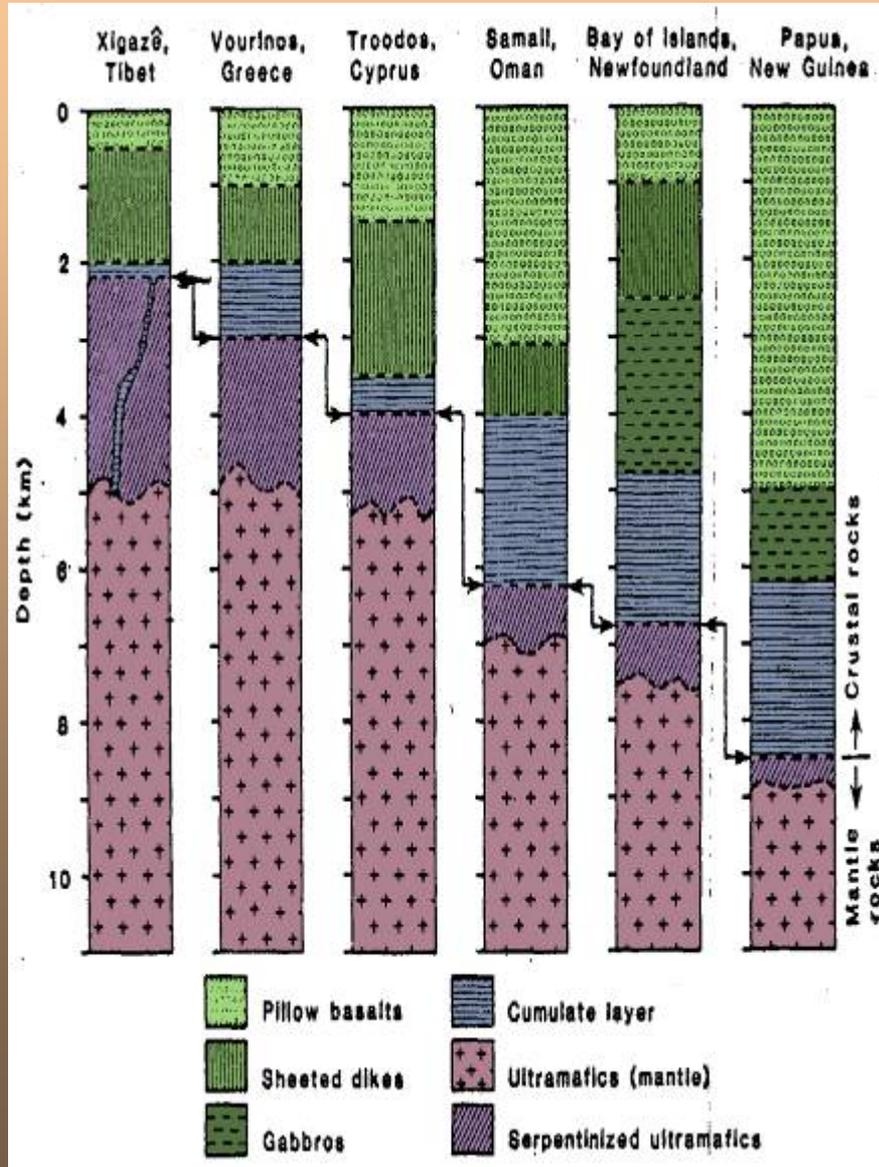
Скважина 504В располагается на южном фланге рифта Коста Рика в 230 км южнее оси рифта на коре с возрастом 5.9 млн лет



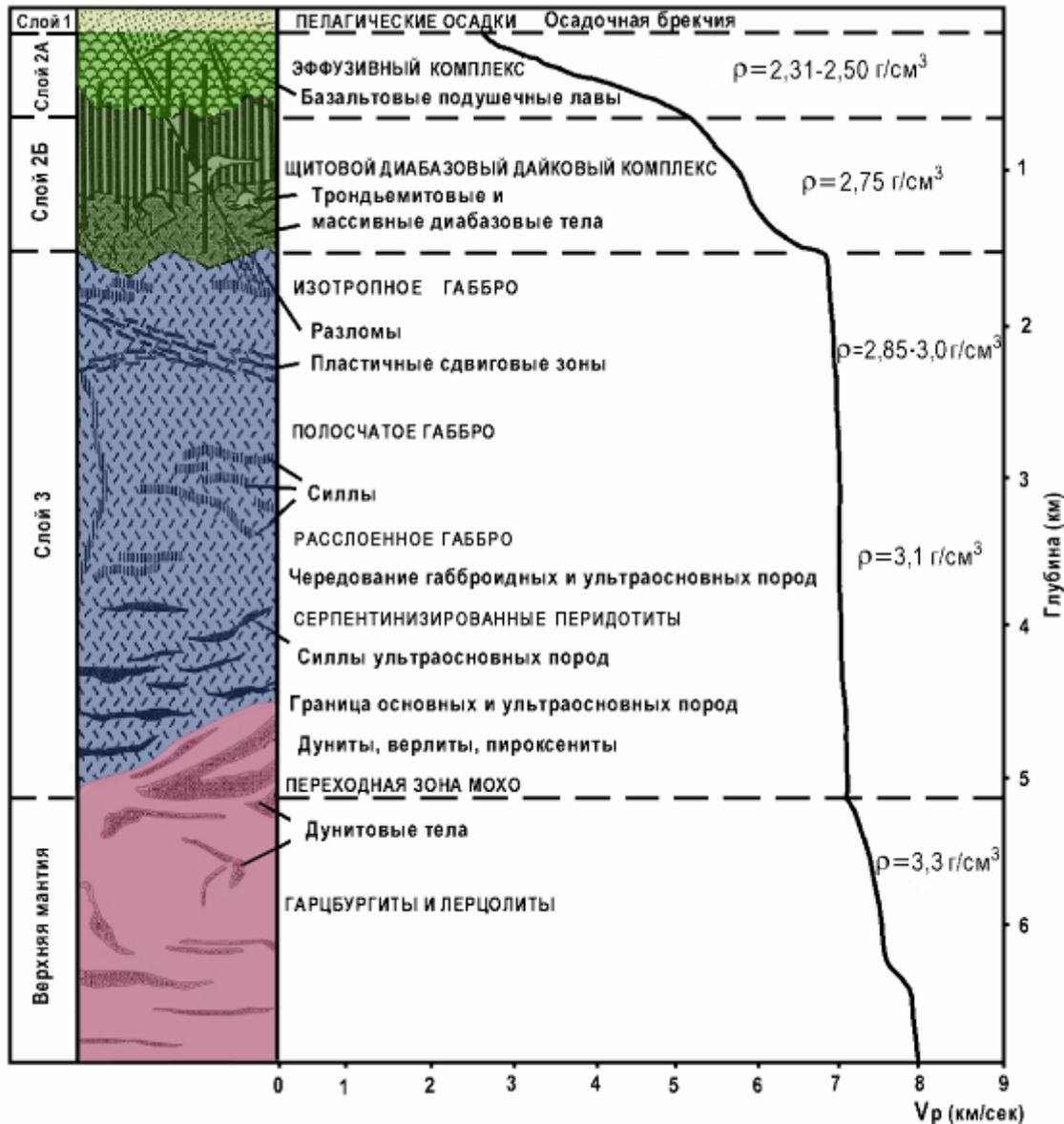
# Строение коры по данным изучения офиолитов

## 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?