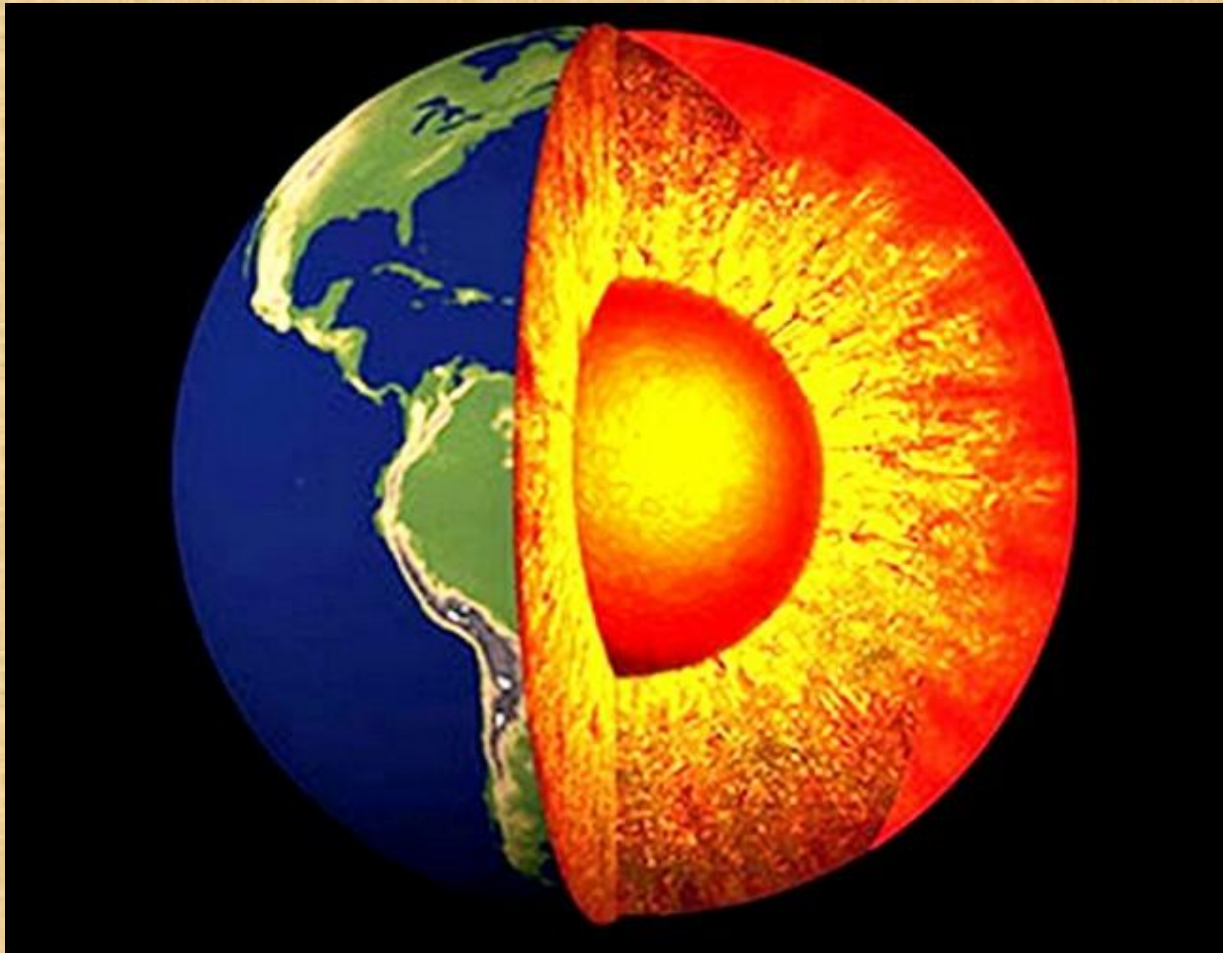
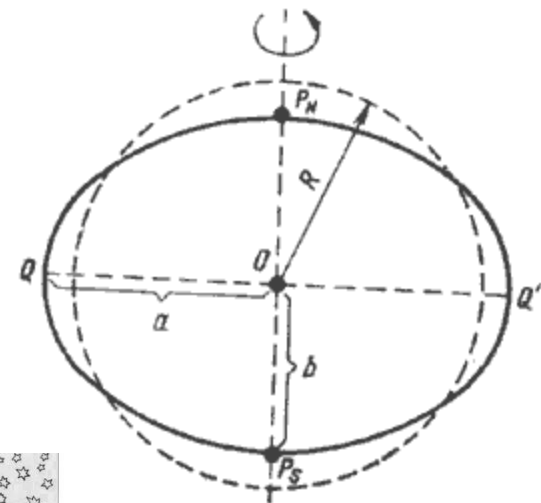
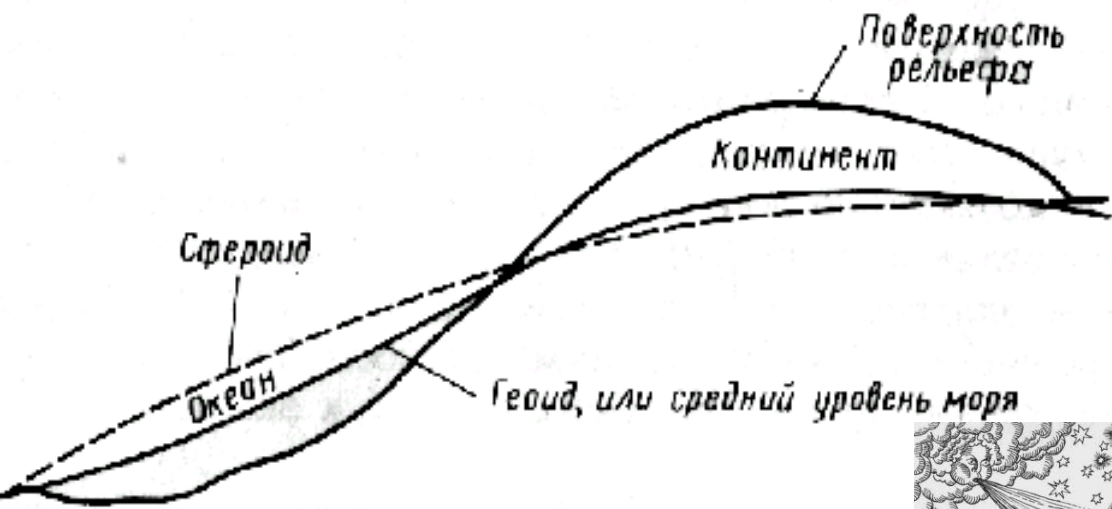
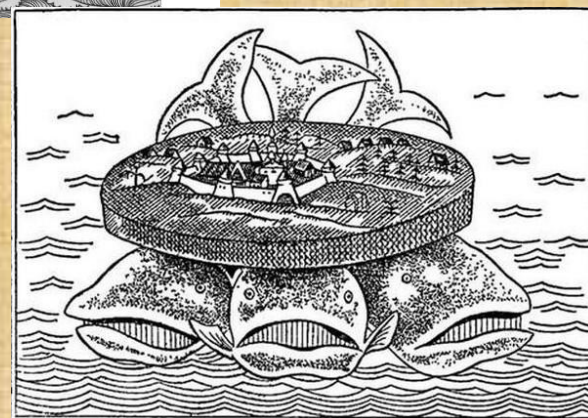
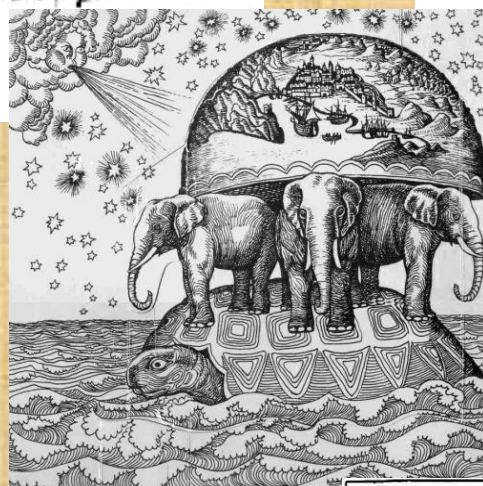
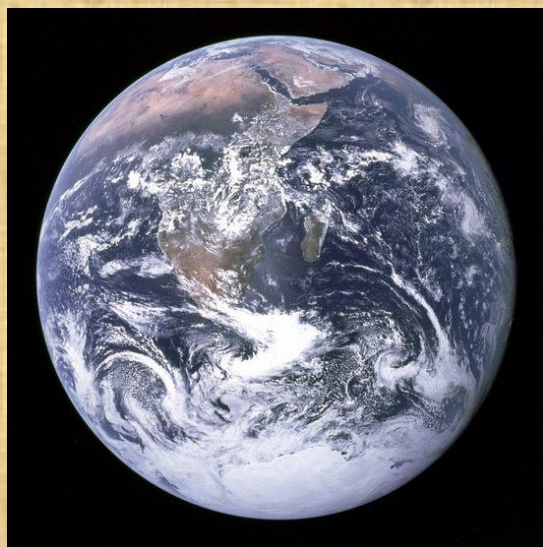


## 2. Строение и состав Земли

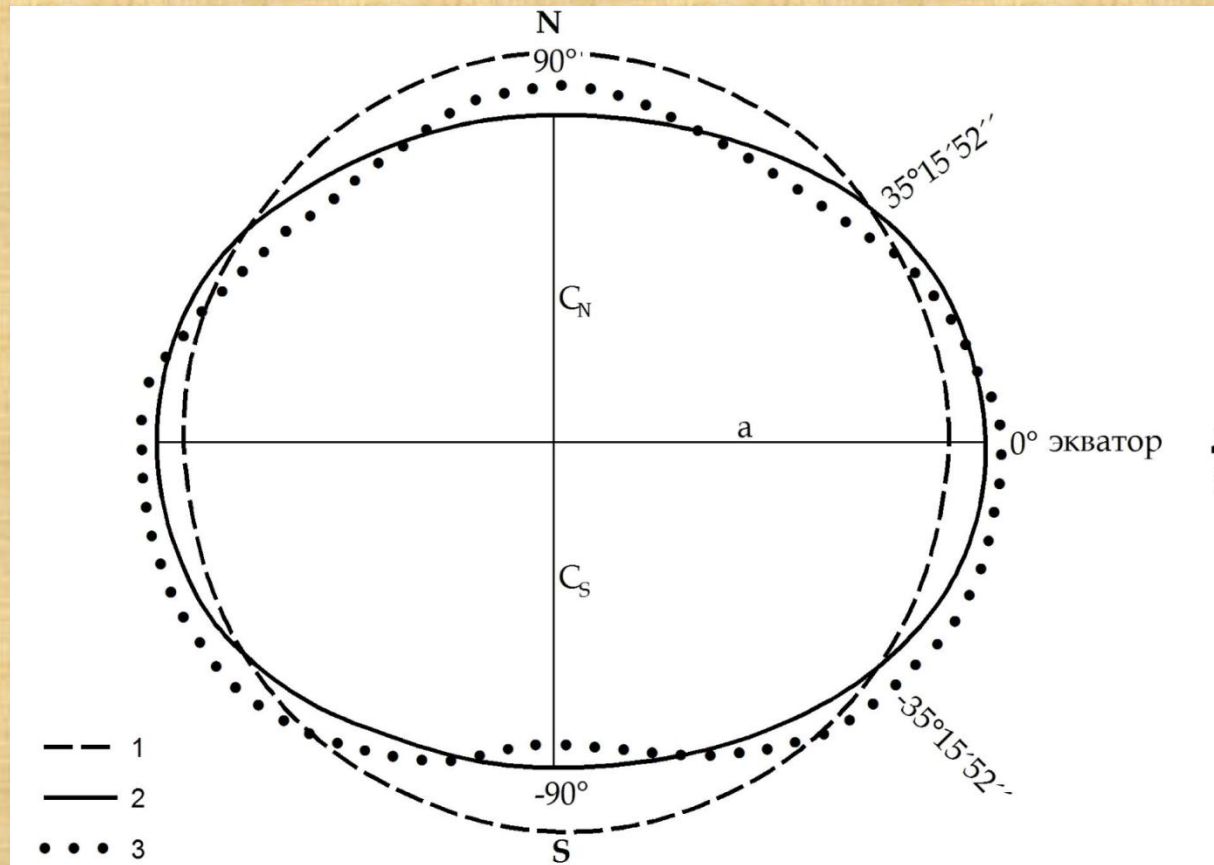




Поверхность рельефа, сфероида и геоида

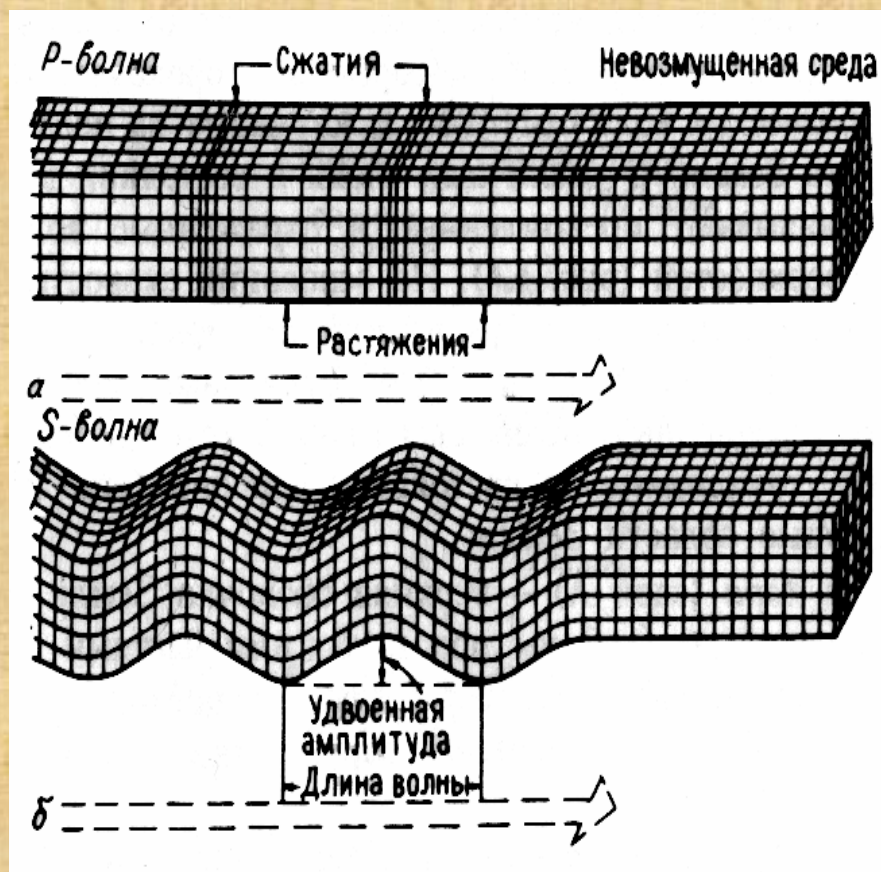


Первая фотография Земли из космоса  
(Г.С. Титов, 1961 г.)



Соотношение шара, двухосного геоида и кардиоида, по Г.Н. Каттерфельду:  
 1 – шар, 2 – геоид, 3 - кардионид



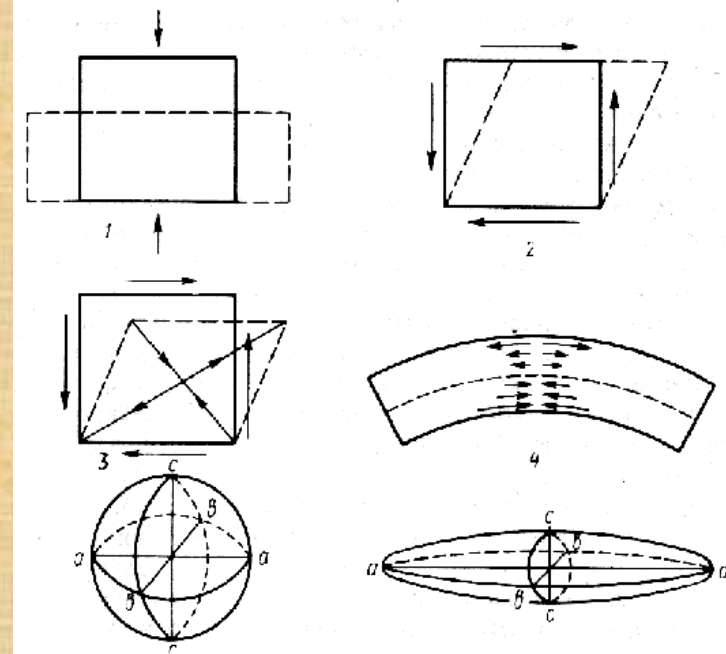


Два типа объемных сейсмических волн (по Б. Болту):

а – сжатие-растяжение,  
б – удвоенная амплитуда;

P-волна – продольная  
(первичная – primary),

S-волна – поперечная  
(вторичная – secondary)



Виды деформации твердого тела:

однородные деформации: 1- сжатие,

2- простой сдвиг, 3- чистый

сдвиг; неоднородная

деформация: 4- изгиб;

Эллипсоид деформации:

5- первоначальная форма

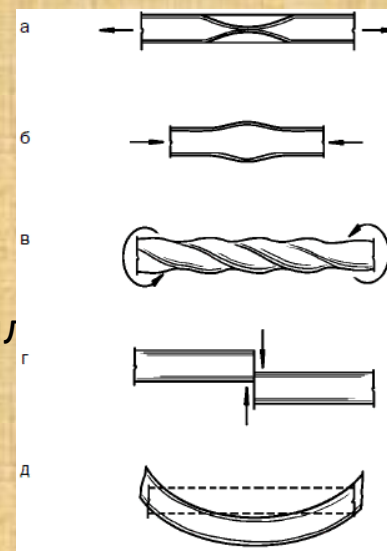
тела (шар), 6- после

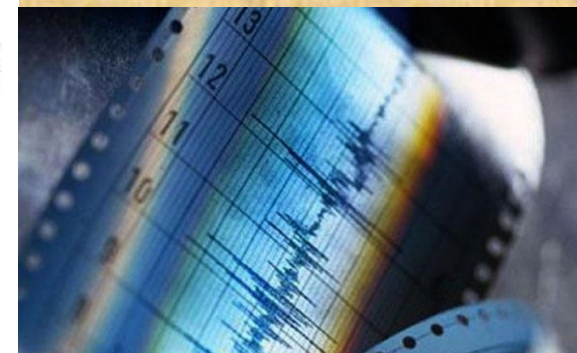
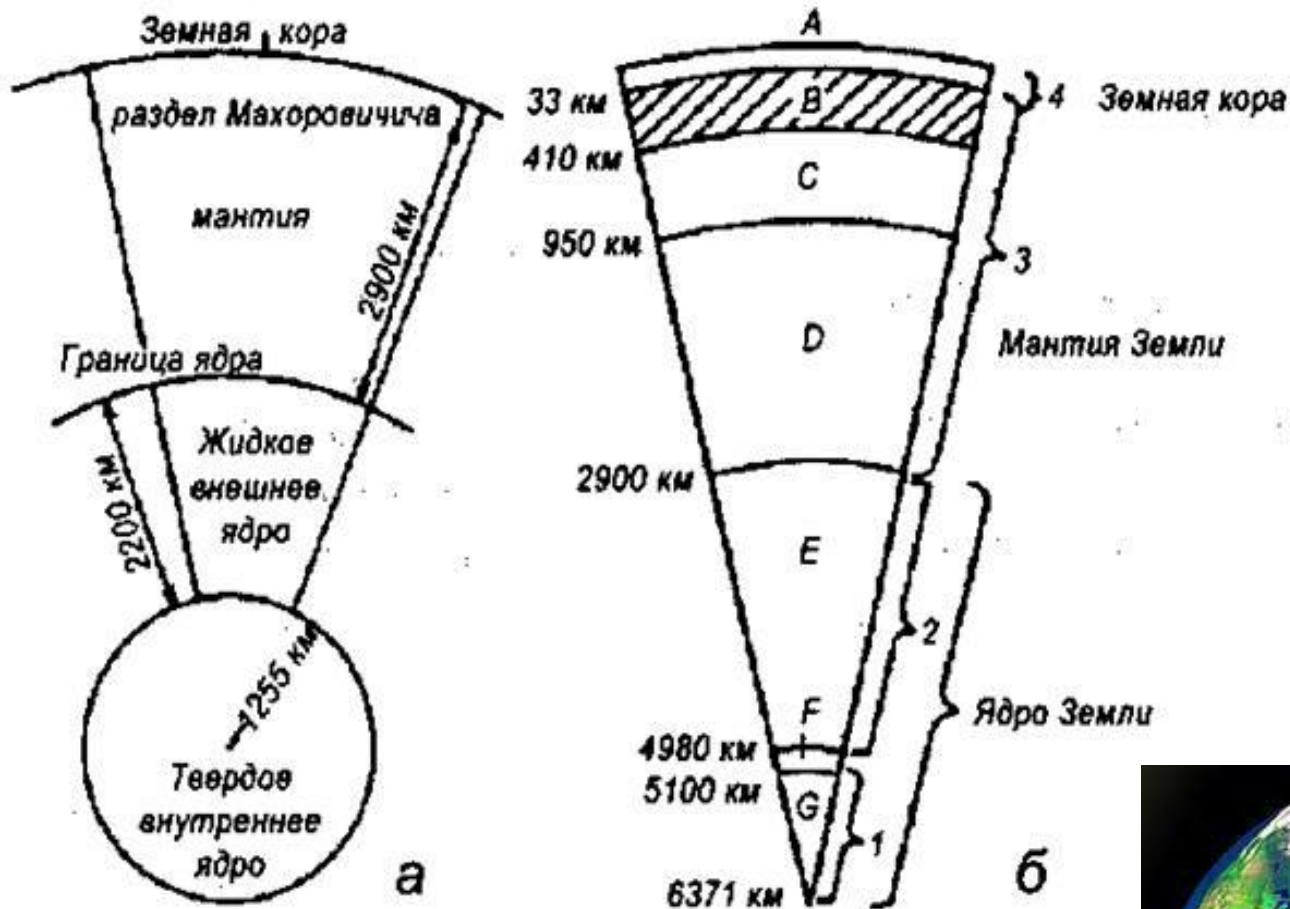
деформации шар превратил

эллипсоид. Оси

эллипсоида –

главные оси деформации





Сейсмограмма



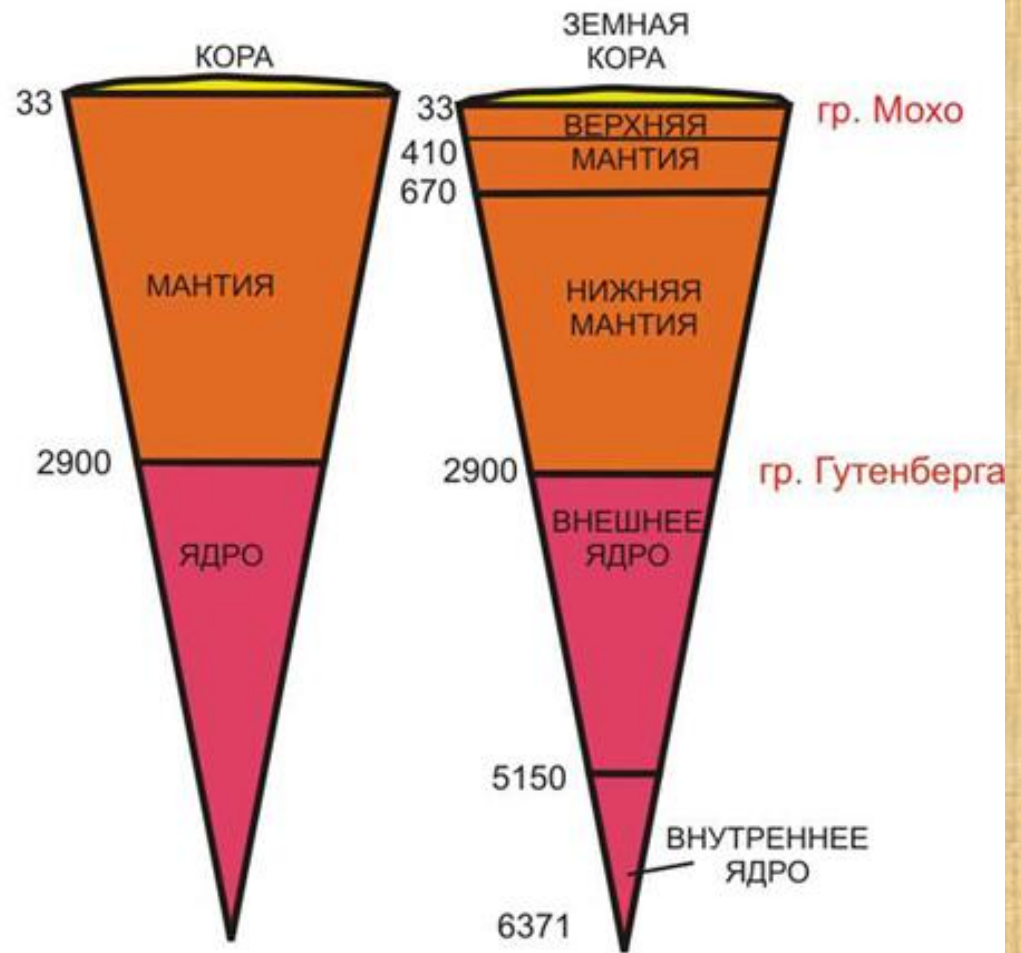
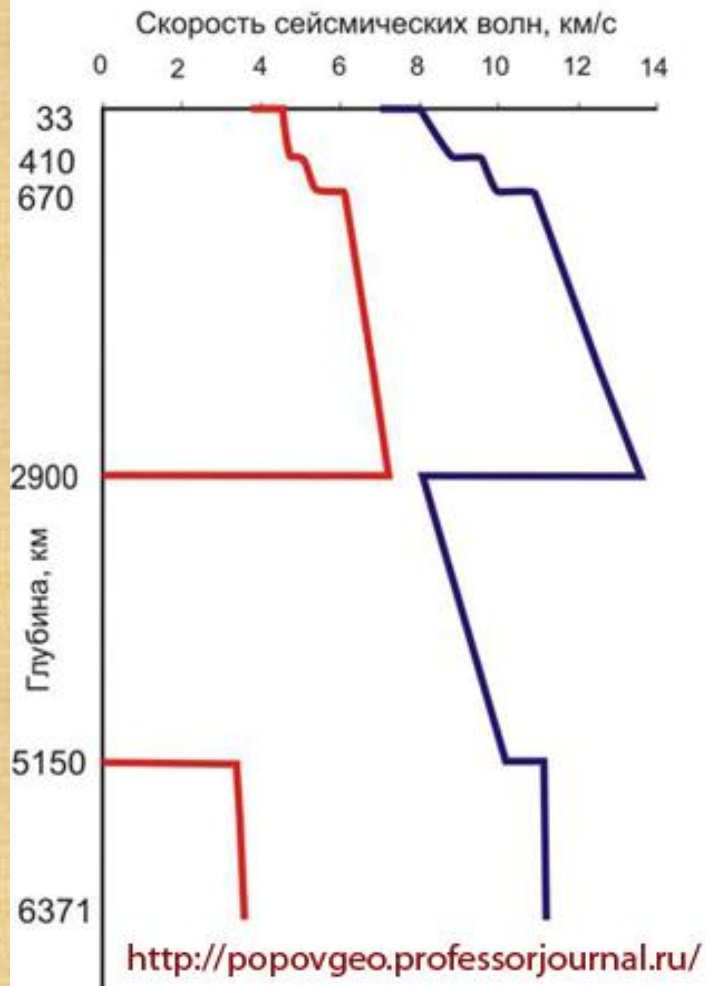
Внутреннее строение Земли.  
Оболочки Земли, выделенные  
по распространению сейсмических волн  
(а-горизонтальный разрез;  
б-вертикальный разрез)

## Данные о сейсмических разделах 1-го порядка

| Слои               | Мощность,<br>км | Глубина<br>раздела,<br>км | Объем,<br>% | Скорость сейсмических волн,<br>км/с    |         |
|--------------------|-----------------|---------------------------|-------------|----------------------------------------|---------|
|                    |                 |                           |             | P-волны                                | S-волны |
| Земная кора        | 5-40 (70)       | Изменчива                 | 1,5         | 6,5-7,0 (7,4)                          | 3,7-3,8 |
|                    |                 |                           |             | Раздел Моховичича                      |         |
|                    |                 |                           |             | 7,9-8,2                                | 4,5-4,7 |
| Мантия             | 2860            |                           | 82,3        | 13,6                                   | 7,2-7,3 |
| Граница ядра       |                 | 2900                      |             | Раздел Гутенберга                      |         |
|                    |                 |                           |             | 8,1                                    | нет     |
| Внешнее ядро       | 2220            |                           | 15,4        | 10,4                                   |         |
|                    |                 | 5120                      |             | Граница внешнего и внутреннего<br>ядер |         |
|                    |                 |                           |             | 11,1                                   |         |
| Внутреннее<br>ядро | 12,50           |                           | 0,8         |                                        |         |
|                    |                 | 6371                      |             | 11,3                                   |         |



# Сейсмическая модель Земли



Красный цвет – скорость распространения поперечных волн (S-волн),  
синий цвет - скорость распространения продольных волн (P-волн)



Строение планет земной группы



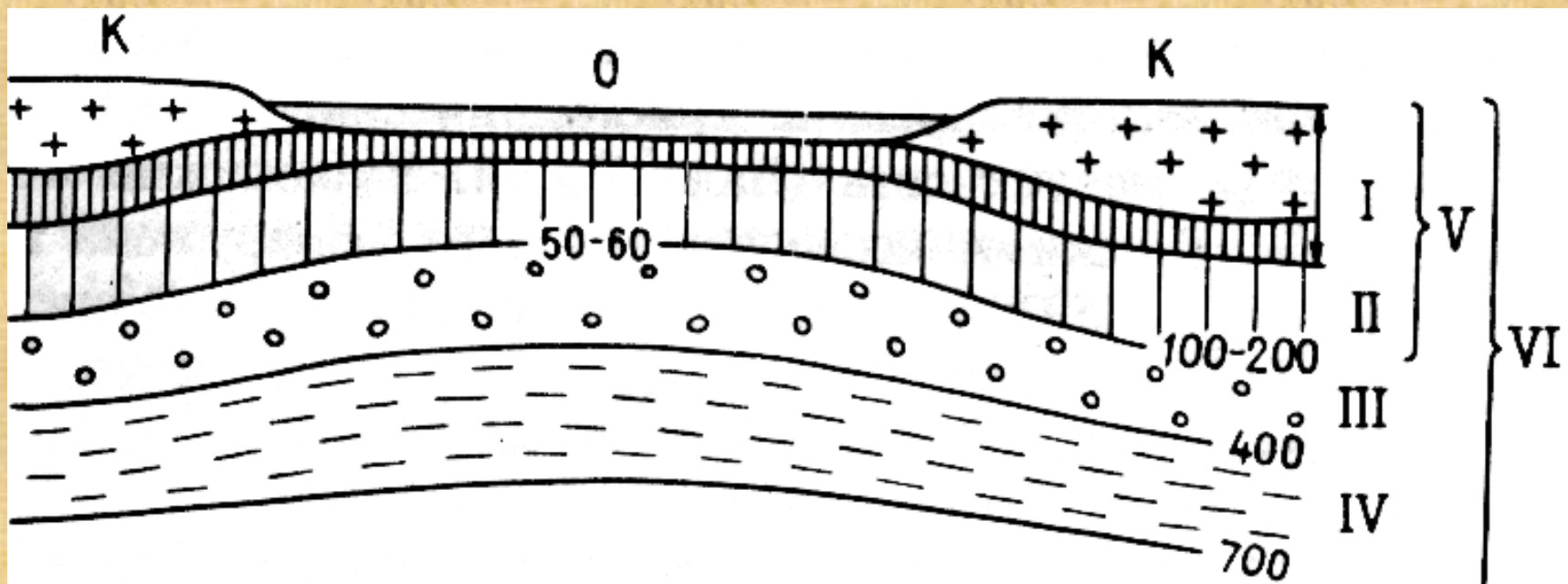
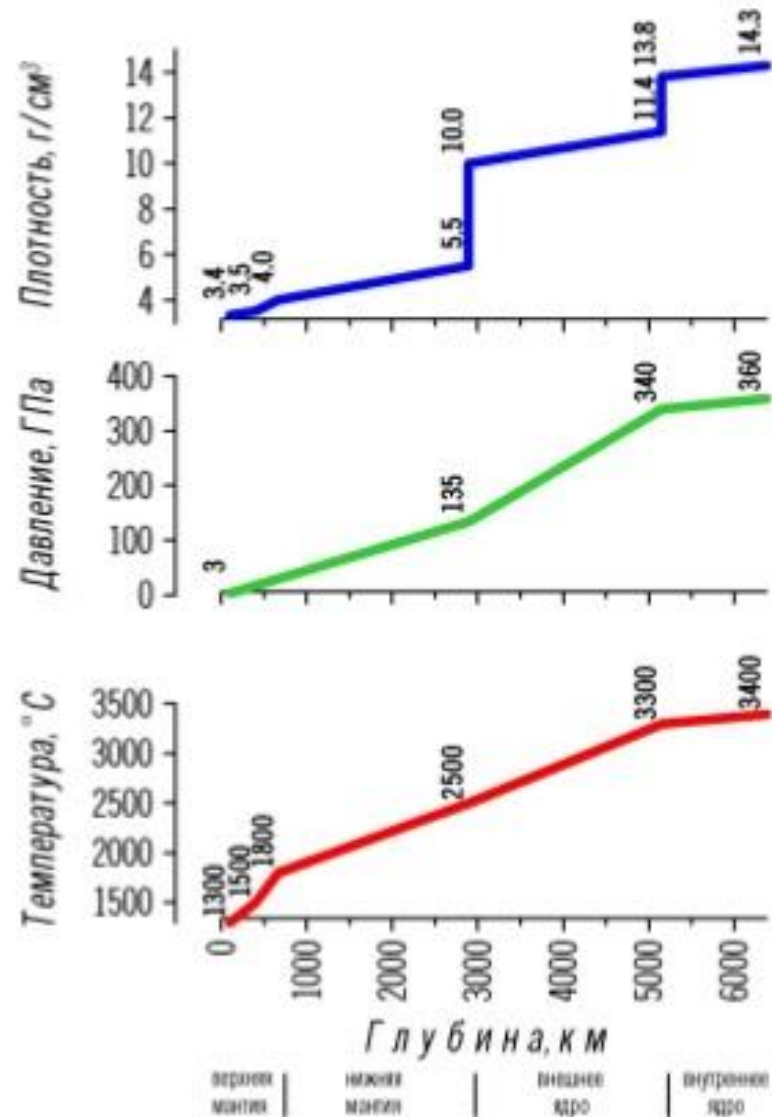
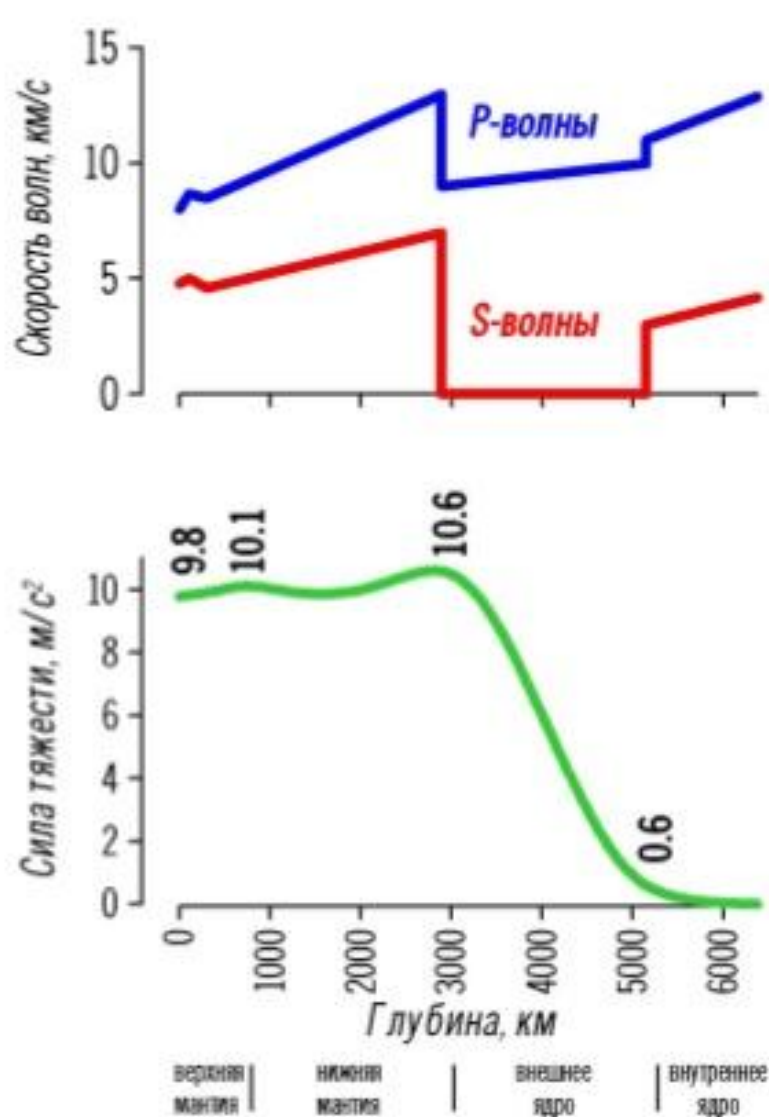


Схема соотношения литосферы, астеносферы и тектоносферы:  
 I- земная кора; II- скоростной твердый слой верхней мантии (слоя V);  
 III- астеносфера; IV- подастеносферный слой верхней мантии (слой Голицына); V-литосфера; VI-тектоносфера;  
 К-континент; О- океан

## Изменение основных физических параметров в недрах Земли



## Тепловой режим Земли

Средняя величина теплового потока Земли :  $1,4-1,5 \text{ мккал/см}^2 \text{ с}$

В районе древних кристаллических щитов (Балтийском, Украинском, Канадском), в среднем:  $0,85 \text{ мккал/см}^2 \text{ с}$

В равнинных платформенных областях :  $1,0-1,2 \text{ мккал/см}^2 \text{ с}$  и только местами на отдельных поднятиях увеличивается до  $1,3-1,4 \text{ мккал/см}^2 \text{ с}$ .

В палеозойских орогенических областях (Урал, Аппалачи):  $1,5 \text{ мккал/см}^2 \text{ с}$

В Складчатых Карпатах и прилегающих частях внутренних прогибов , в среднем:  $1,95 \text{ мккал/см}^2 \text{ с}$ , в Предкарпатском прогибе :  $1,18 \text{ мккал/см}^2 \text{ с}$

На Кавказе, в зонах поднятий:  $1,6-1,8 \text{ мккал/см}^2 \text{ с}$ , в складчатом сооружении Большого Кавказа единичные определения:  $3,0-4,0 \text{ мккал/см}^2 \text{ с}$

Для юго-восточного погружения Кавказа: значительные колебания тепловых потоков, вблизи грязевых вулканов :  $1,9-2,33 \text{ мккал/см}^2 \text{ с}$

В рифтовой системе оз. Байкал:  $1,2-3,4 \text{ мккал/см}^2 \text{ с}$

Ложе Мирового океана :  $1,1-1,2 \text{ мккал/см}^2 \text{ с}$

Рифтовые долины срединно–океанских хребтов, средняя величина:  $1,8-2 \text{ мккал/см}^2 \text{ с}$ , в нескольких местах :  $6,7-8,0 \text{ мккал/см}^2 \text{ с}$ .



## Температура внутри Земли

*Геотермический градиент* - нарастание температуры в градусах Цельсия на единицу глубины . Средний геотермический градиент: 30°C на 1 км.

*Геотермическая ступень* - глубина в метрах, определяемая от уровня постоянных температур, на протяжении которой температура повышается на 1°C . Величина Г. с. в различных участках земной коры и на различных глубинах неодинакова и колеблется от 4—5 до 150 м. В среднем Г. с. - 33 м.; в кристаллической толще земной коры около 100 м. На больших глубинах вследствие повышения теплопроводимости с ростом давления предполагается, что рост температуры замедляется, т. е. Г. с. возрастает, а геотермический градиент уменьшается.

Кольская скважина (в пределах устойчивого кристаллического щита платформы):

- 7 км - 120°C
- 10 км – 180°C
- 12 км – 220° С.
- 15 км (предполагается) - около 280° С.

Скважина в Северном Прикаспии:

- 500 м - 42,2° С
- 1500 м – 69,9°C
- 2000 м – 80,4°C
- 3000 м – 108,3°C.

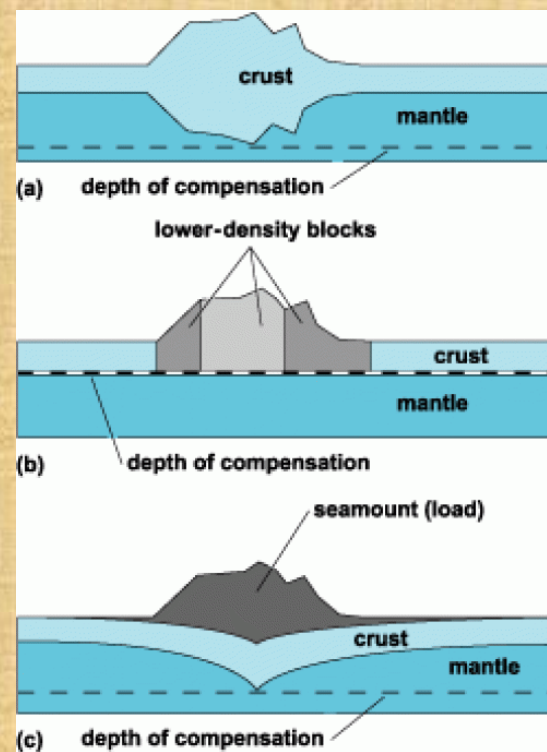
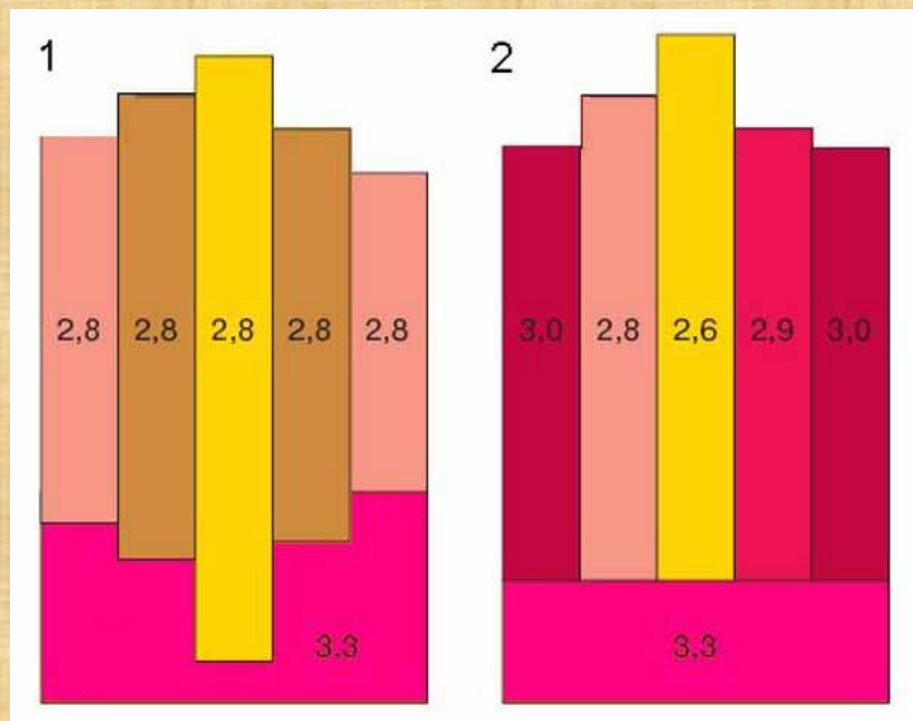
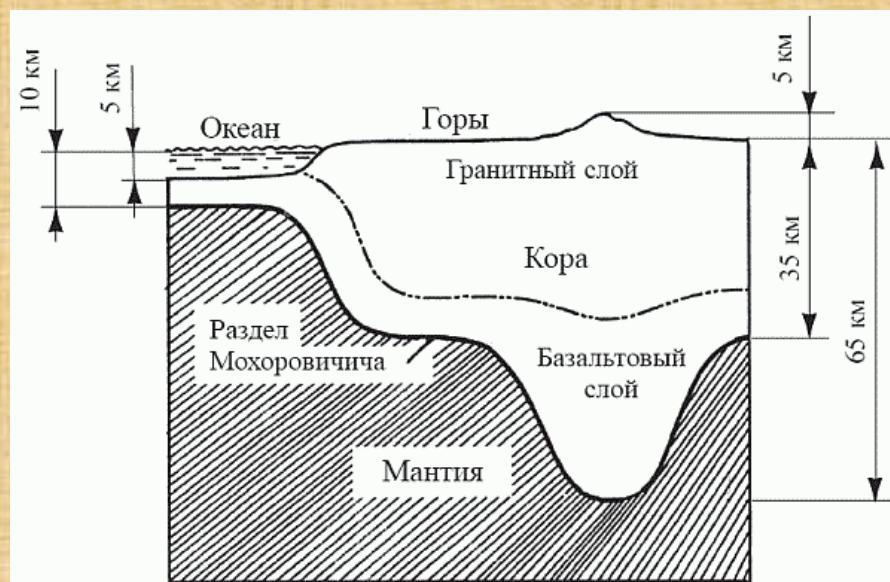


Схема изостатического равновесия земной коры: 1 – по Дж. Эри, 2 – по Ф. Пратту.

Цифрами показана плотность материала



Континентальный  
блок  
 $\rho = 2,8 \text{ г/см}^3$

Аллювиальный слой  
 $2,2 - 2,5 \text{ г/см}^3$

Гранитный слой  
 $\rho = 2,4 - 2,7 \text{ г/см}^3$

Базальтовый слой  
 $\rho = 2,7 - 2,9 \text{ г/см}^3$

Океанический  
блок  
 $\rho = 3,0 \text{ г/см}^3$

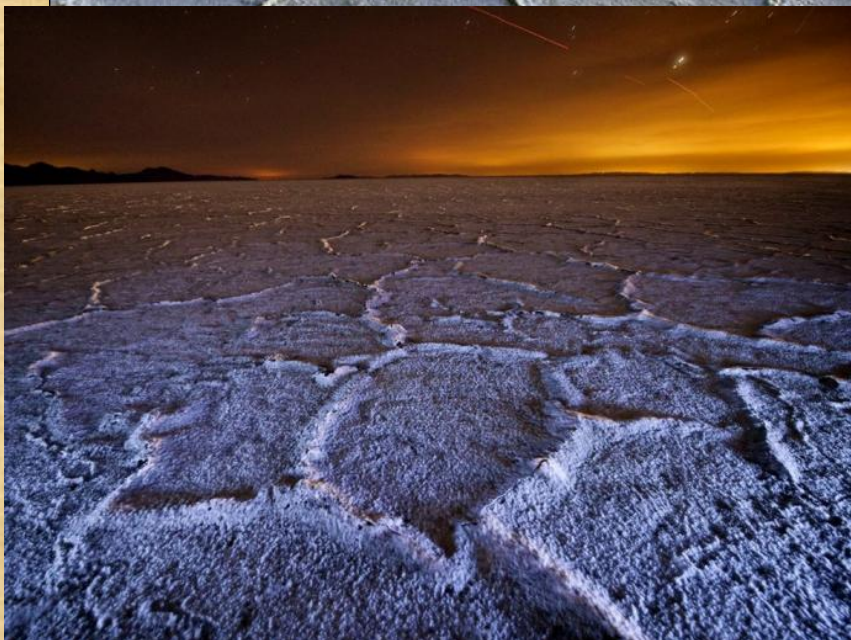
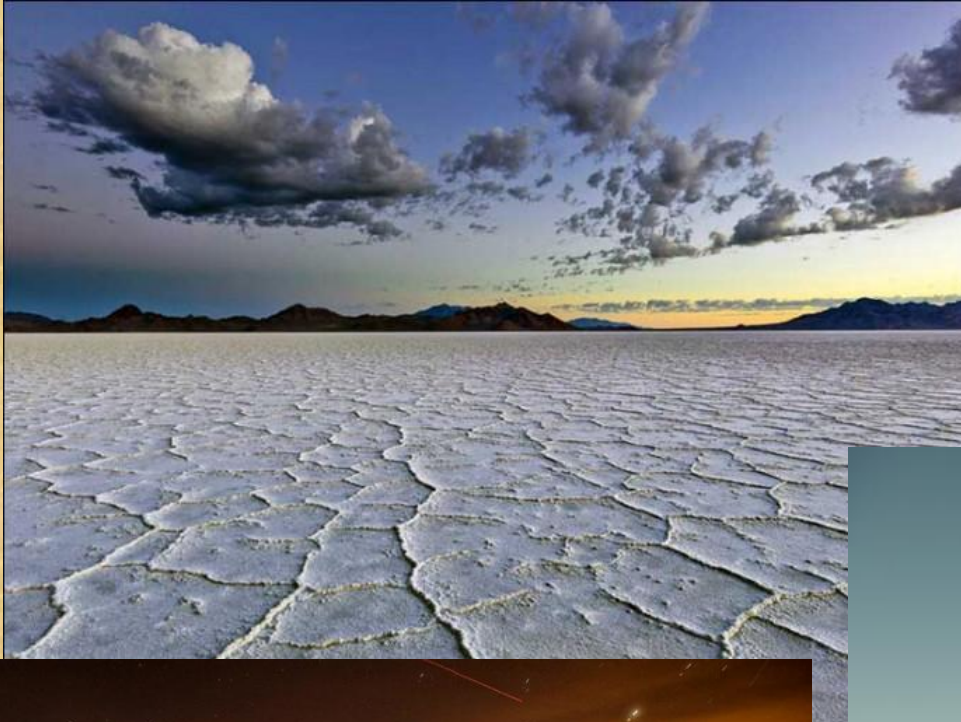
Вода  
 $\rho = 1,03 \text{ г/см}^3$

Базальтовый слой  
 $\rho = 2,9 \text{ г/см}^3$

Верхняя мантия  
 $\rho = 3,3 \text{ г/см}^3$

Изостатическое равновесие литосферы





Озеро Бонневиль  
(Скалистые горы, США)

Относительная распространенность элементов , вес. % (Б. Мейсон, 1971)

| Солнце    | Метеориты | Земля (в целом) | Литосфера |
|-----------|-----------|-----------------|-----------|
| <b>H</b>  | <b>O</b>  | <b>Fe</b>       | <b>O</b>  |
| <b>He</b> | <b>Fe</b> | <b>O</b>        | <b>Si</b> |
| <b>O</b>  | <b>Si</b> | <b>Si</b>       | <b>Al</b> |
| <b>C</b>  | <b>Mg</b> | <b>Mg</b>       | <b>Fe</b> |
| <b>N</b>  | <b>S</b>  | <b>Ni</b>       | <b>Ca</b> |
| <b>Si</b> | <b>Ni</b> | <b>S</b>        | <b>Na</b> |
| <b>Mg</b> | <b>Ca</b> | <b>Ca</b>       | <b>K</b>  |
| <b>S</b>  | <b>Al</b> | <b>Al</b>       | <b>Mg</b> |
| <b>Fe</b> | <b>Na</b> | <b>Na</b>       | <b>Ti</b> |
| <b>Ca</b> | <b>Cr</b> | <b>Cr</b>       | <b>H</b>  |
| <b>Ni</b> | <b>Mn</b> | <b>Mn</b>       | <b>P</b>  |
| <b>Na</b> | <b>P</b>  | <b>Co</b>       | <b>Mn</b> |
| <b>Al</b> | <b>Co</b> | <b>P</b>        | <b>F</b>  |
| <b>Cu</b> | <b>K</b>  | <b>K</b>        | <b>Ba</b> |

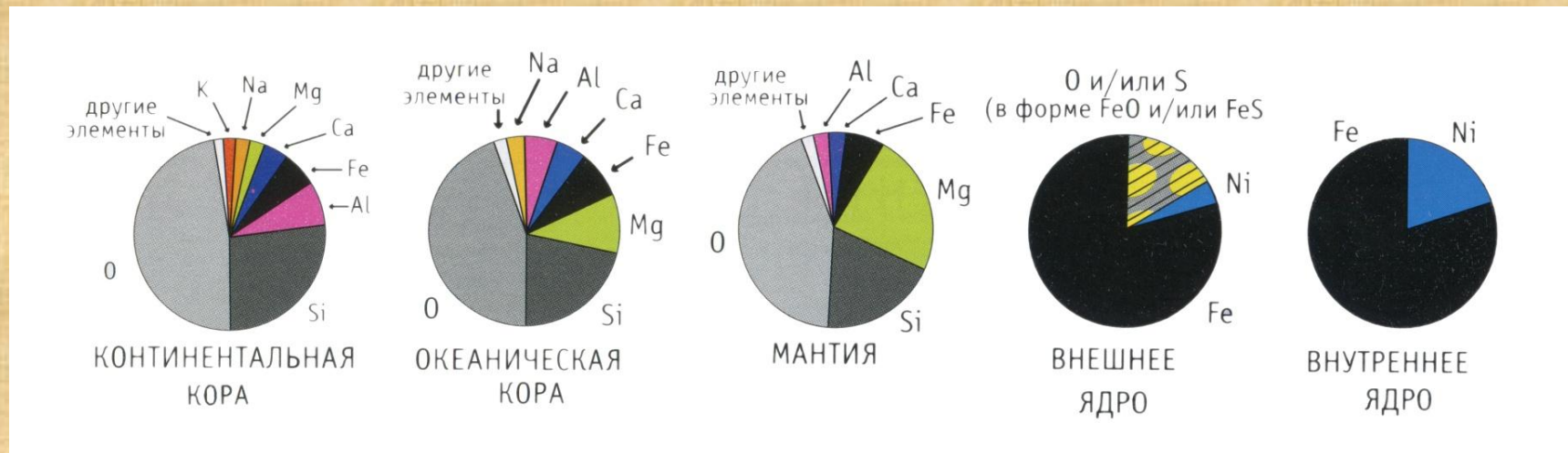
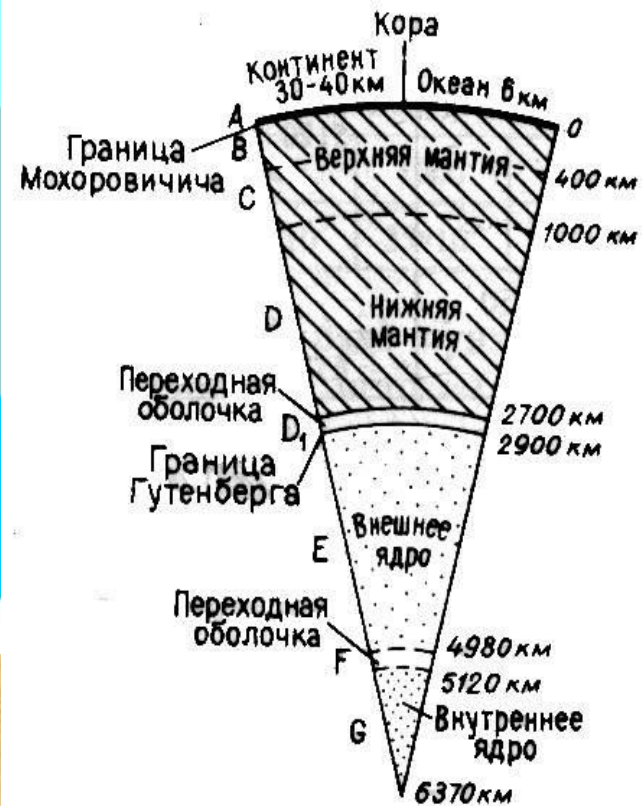
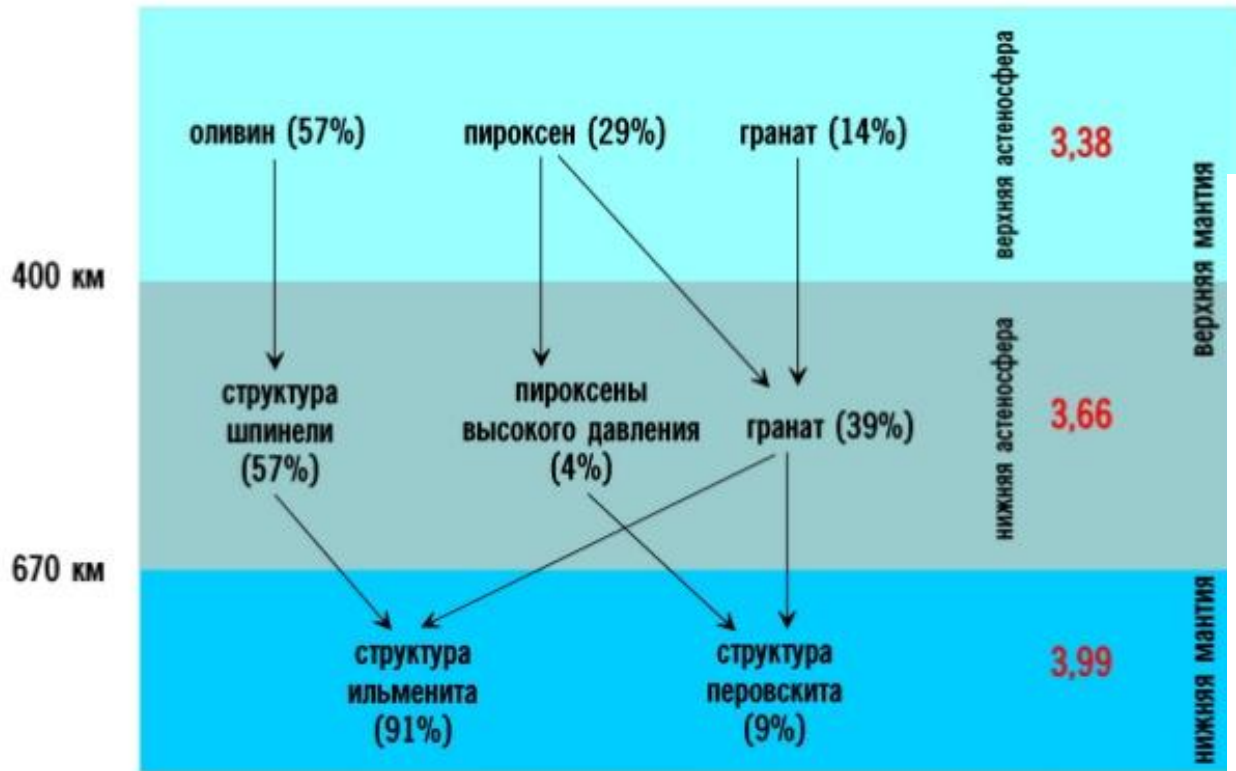


Рис. 2.12 Химический состав земной коры (континентальной, океанической), мантии, ядра (внешнего, внутреннего)



## Фазовые переходы в мантии





Песок



Гнейс



Гранит



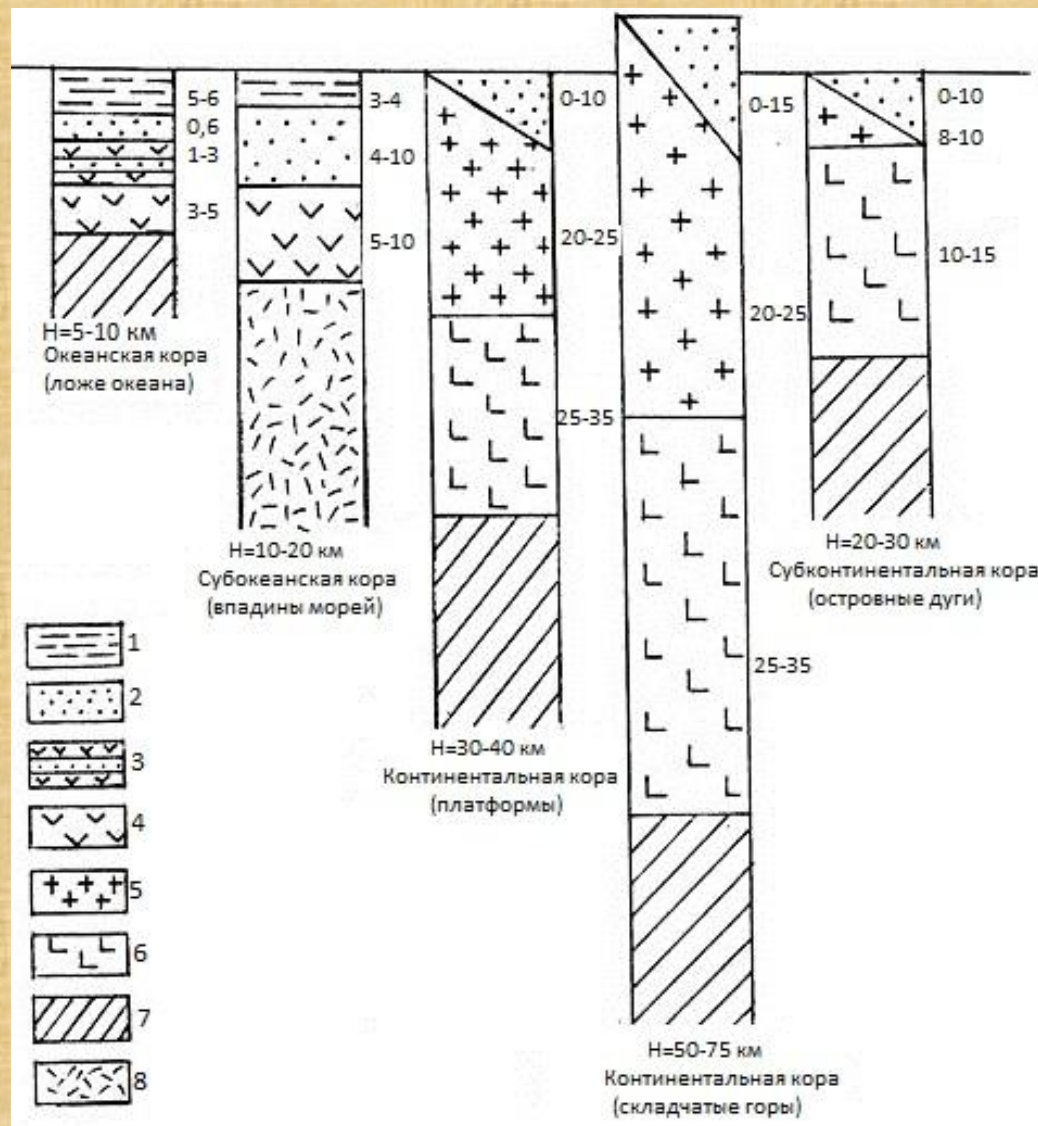
Кора выветривания латеритного типа

## Геологический цикл формирования горных пород



Извержение магмы





Континентальная земная кора составляет около 41% площади земной поверхности, океаническая – 56%.



ОКЕАНИЧЕСКАЯ

КОНТИНЕНТАЛЬНАЯ

КОРА

КОРА

Осадочный слой

О К Е А Н

«Б а з а

Граница М

Граница

Л Ъ Т О В Ы Й

Конрада

«Г р а н и т н ы й»  
с л о й

с л о й

В Е Р Х Н Я Я  
М А Н Т И Я



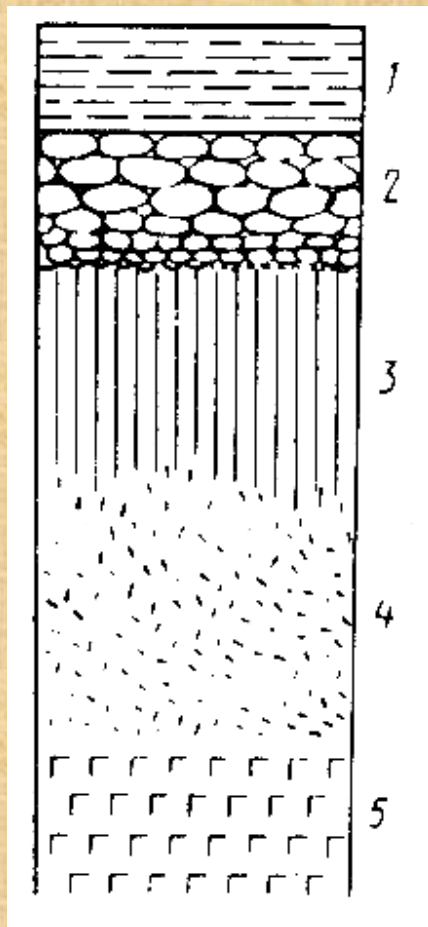


Схема строения офиолитовой ассоциации:

1 - кремнистые сланцы;

2- подушечные толеитовые базальты;

3 - комплекс параллельных даек;

4 - расслоенный или кумулятивный комплекс габброидов и амфиболитов;

5 – ультраосновные породы (часто серпентинизированные (гарцбургиты, дуниты))



Известняки с прослоями и стяжениями кремней - компонент осадочного чехла океанической коры (о-в Маю, Острова Зеленого Мыса)





Пиллоу - базальты  
океанической коры  
(о-в Сантьягу, Острова Зеленого  
Мыса)



Комплекс параллельных  
даек (Оман, Аравийский п-ов)





Массивное габбро и полосчатое габбро  
(Оман , Аравийский п-ов)



Ультраосновные породы  
(Оман , Аравийский п-ов)