

УЧЕНИЕ О ЛИТОСФЕРЕ

Лекции - 16 часов

Лабораторные занятия – 16 часов

Самостоятельная работа – 76 часов

Промежуточная аттестация - зачёт

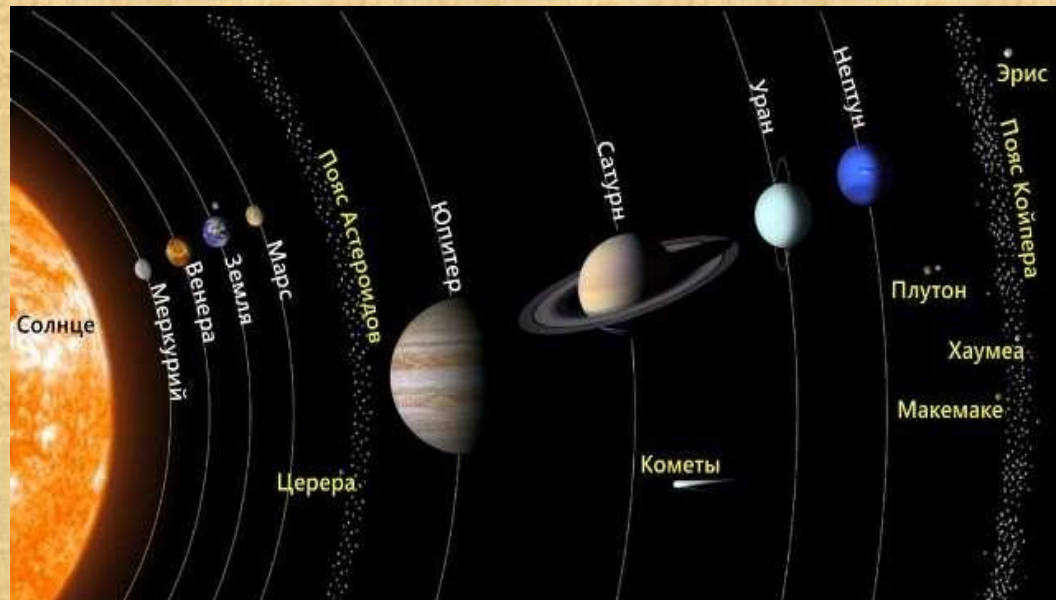
Лектор: канд. геолого-минерал. наук,
доцент кафедры геоэкологии и геохимии
Пугачёва Елена Егоровна

1. Планета Земля в космическом пространстве

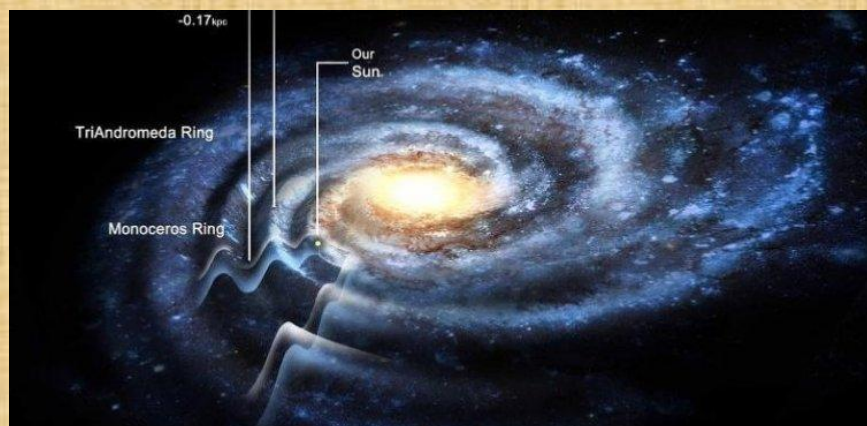


Открылась бездна звезд полна;
Звездам числа нет, бездне дна.

М.В. Ломоносов



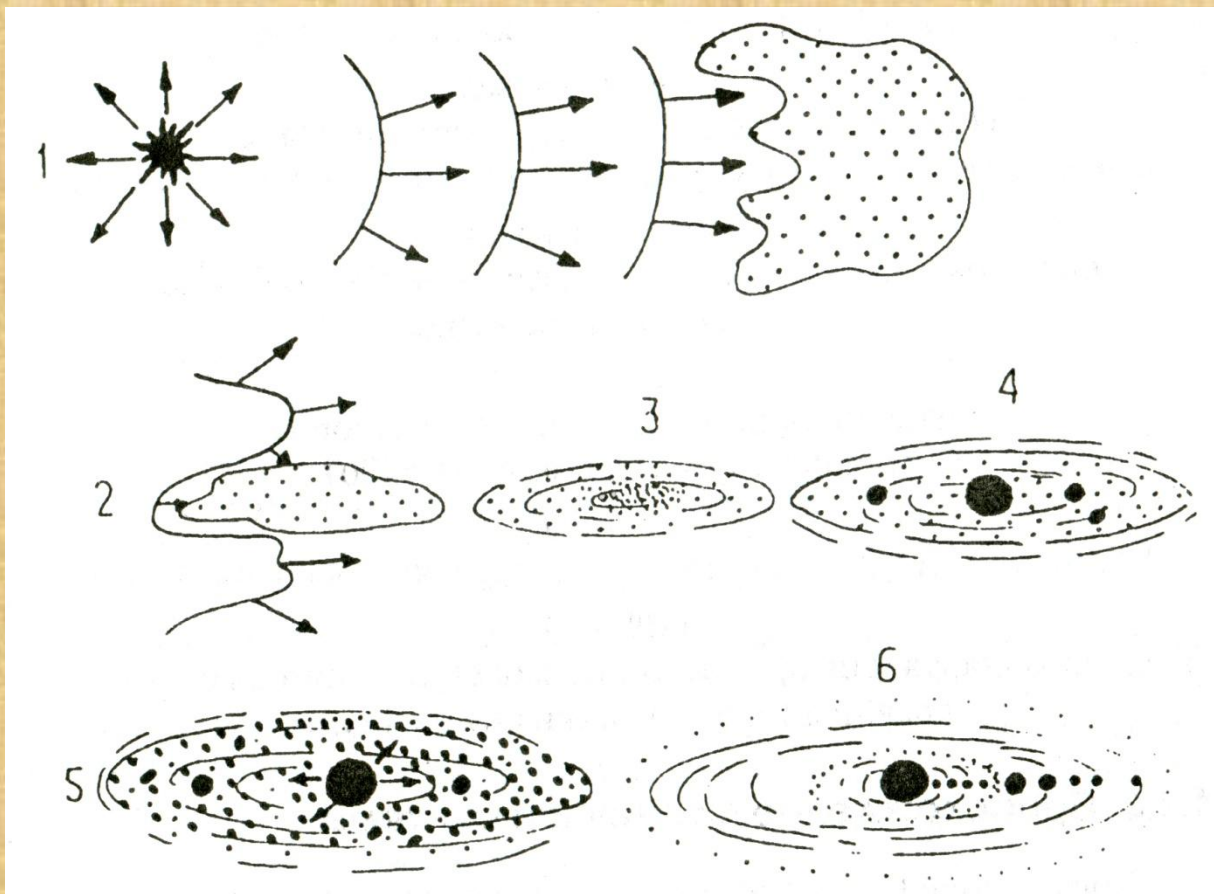
Солнечная система



Галактика Млечный путь

Солнце - 99,866% всей массы Солнечной системы.

9 планет и их спутники - 0.134% вещества системы (из них – 0.10% - на Юпитер).



Состав облака:
99% газа и
1% пылевых частиц
размером в микроны

Формирование Солнечной системы:

- 1 - взрыв сверхновой звезды порождает ударные волны, воздействующие на газо-пылевое облако (ГПО);
- 2 - ГПО начинает фрагментироваться и сплющиваться, закручиваясь при этом;
- 3 - первичная солнечная небула; 4 - образование Солнца и гигантских, богатых газом планет - Юпитера и Сатурна;
- 5 - ионизированный газ - солнечный ветер сдувает газ из внутренней зоны системы и с мелких планетезималей; 6 - образование внутренних планет из планетезималей в течение 100 млн лет и формирование «облаков» Оорта, состоящих из комет (Короновский Н.В., 2002)

Аккреция (от лат. accretio — приращение) — процесс увеличения размеров неорганического тела путём его наращивания по периферии раздробленным или деформированным, расплавленным, растворённым веществом из окружающего пространства. Термин широкого и многозначного использования.

Аккреция планеты — конденсация обломочных частиц протопланетного облака в массивное тело планеты.

Различают **гомогенную аккрецию** с сохранением однородного состава планеты на протяжении большей части процесса и **гетерогенную аккрецию** с изменением состава наращиваемых оболочек.
(Горная энциклопедия , 1984, стр. 79)

Зональная гипотеза аккреции протовещества (В. Рудник, Э. Соботович (1973))

«Центром» конденсации Земли служили крупные реликтовые фрагменты типа железных (возможно, каменных и ледяных) астероидов, практически не содержащих радиоактивности.

По мере расходования крупных реликтовых тел уменьшался вызываемый ими общий термальный эффект на поверхности растущей Земли и над возникшим расплавом (пластичное ядро) образовалась термоизоляционная покрывка (нижняя мантия). Таким образом были сформированы **протогеосферы Земли** — твердое внутреннее ядро и твердая холодная мантия, между которыми, как в термосе, сохранился расплав (В.В. Орлёнок. Основы геофизики, 2000).

Процесс аккреции, столкновения планетезималей размером до 1000 км **сопровождался** большим выделением энергии с сильным прогревом формирующейся планеты, её дегазацией, т.е. выделением летучих компонентов, содержащихся в падавших планетезималях. Большая часть летучих при этом безвозвратно терялась в межпланетном пространстве .

Предполагается, что процесс становления Земли длился около 500 млн лет и проходил в **3 фазы аккреции**.

В течение **первой** (главной фазы) Земля сформировалась на 93-95% и эта фаза закончилась к рубежу 4.-4.5 млрд лет.

Вторая фаза длилась около 200 млн лет.

Третья фаза продолжительностью до 400 млн лет (3.8-3.9 млрд лет окончание) сопровождалась мощной метеоритной бомбардировкой.

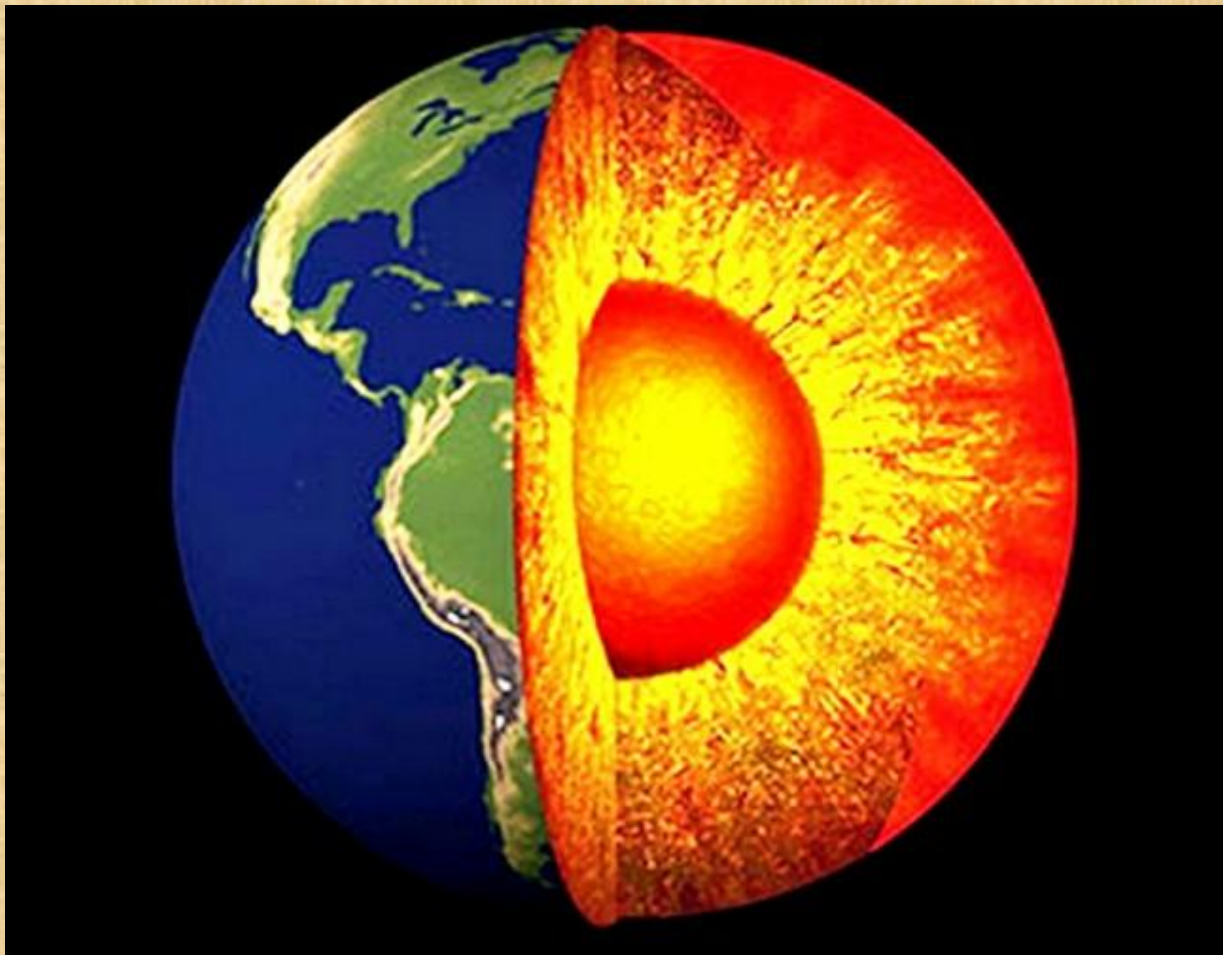


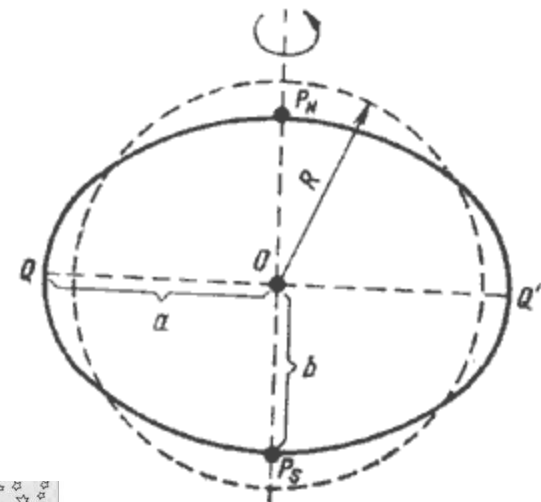
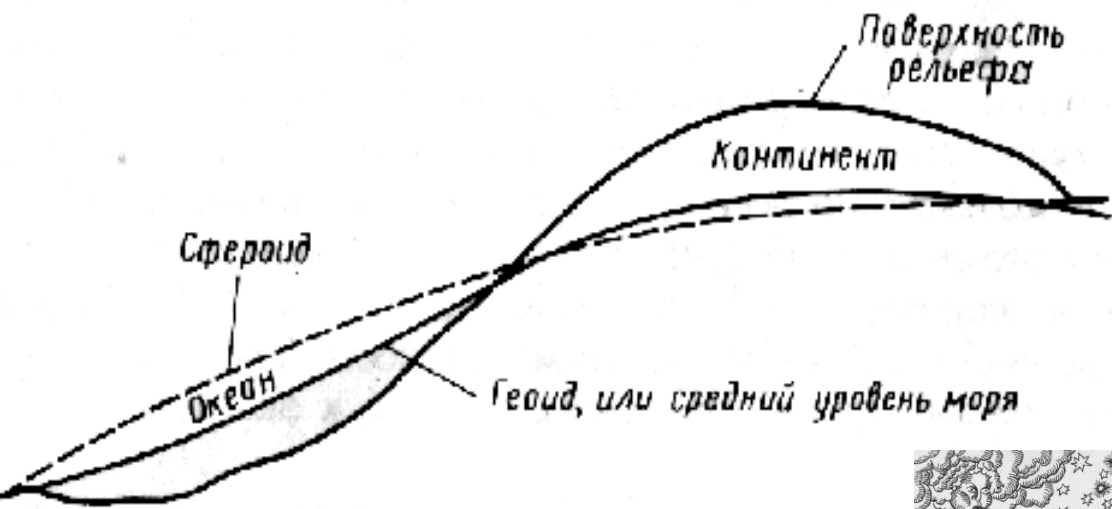
Горячая аккреция Земли (www.kidaroomy.com)



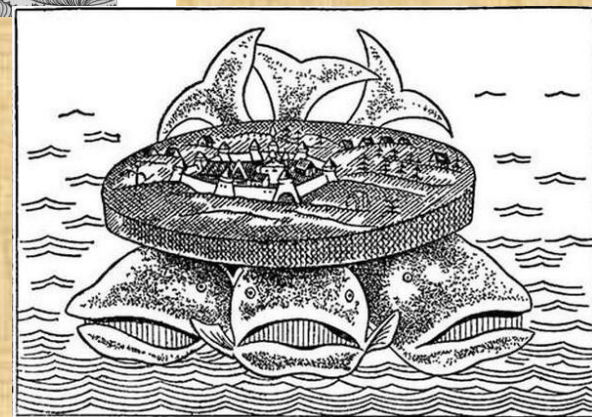
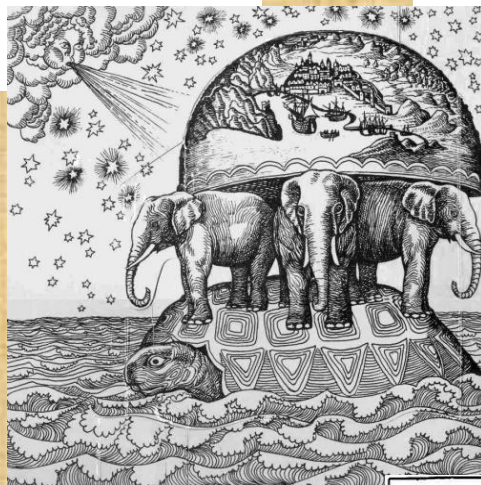
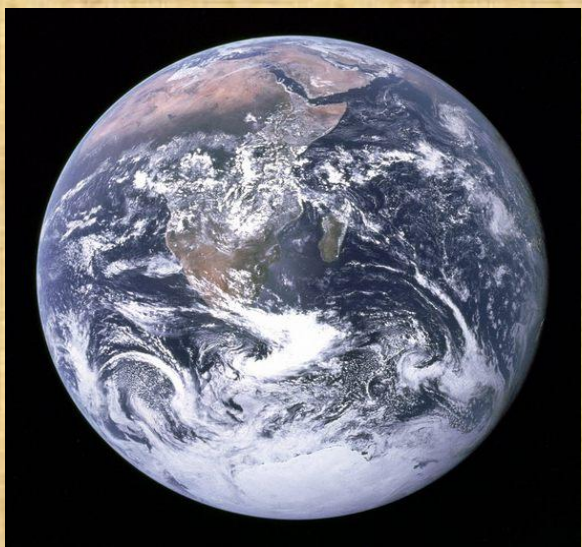
Примерно так выглядела поверхность Земли первые миллионы лет после её образования

2. Строение и состав Земли

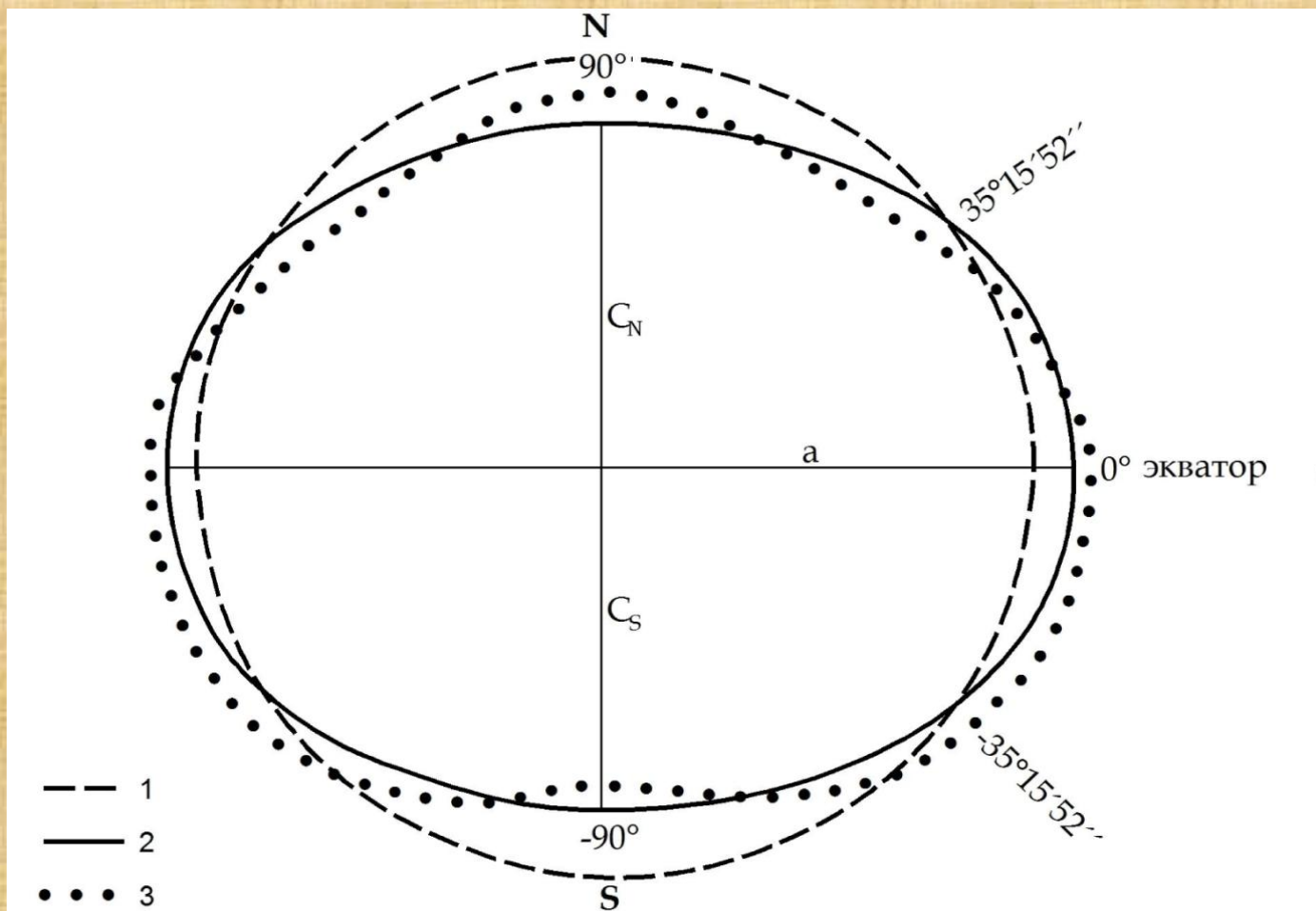




Поверхность рельефа, сфероида и геоида



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

Эллипсоид Ф.Н.Красовского и его учеников (А.А. Изотова и др.) основные параметры подтверждаются современными геологическими, геофизическими исследованиями и с орбитальных станций.

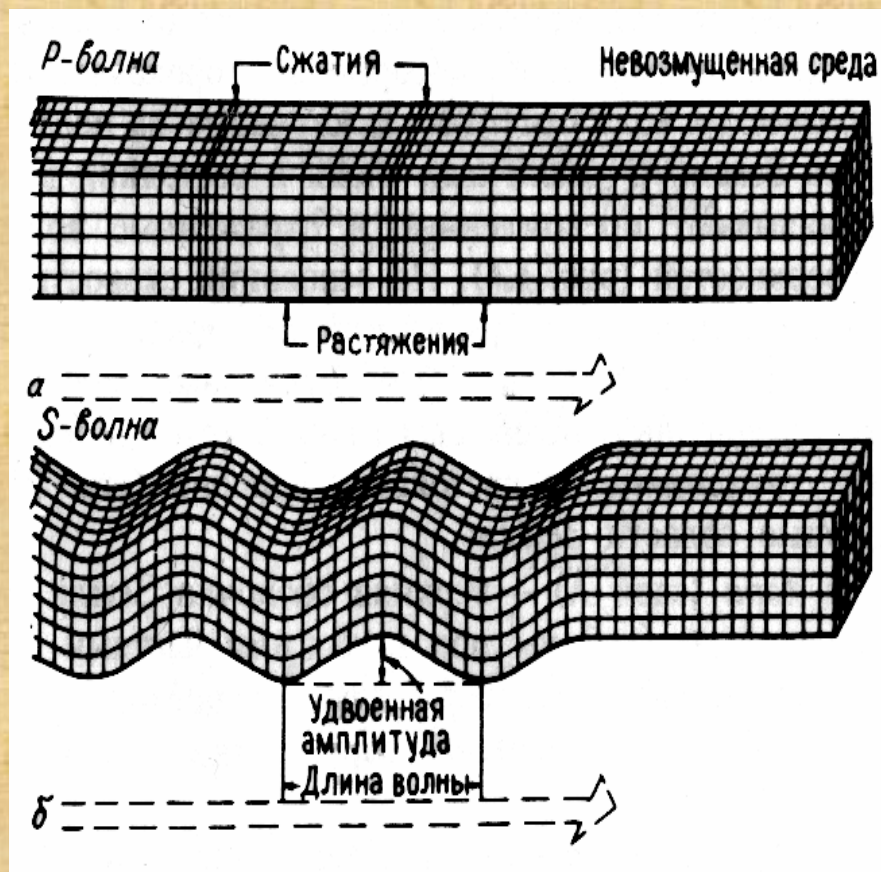
Экваториальный радиус Земли - 6 378,245 км, полярный радиус – 6 356,863 км, полярное сжатие – 1/298,25.

Объем Земли $-1,083 \times 10^{12}$ км³, масса – 6×10^{27} г.

Ускорение силы тяжести на полюсе составляет 983 см/с², на экваторе - 978 см/с².

Площадь поверхности Земли около 510 млн. км², из которых 70,8% представляет Мировой океан и 29,2% – суша.

Распределение океанов и материков: в Северном полушарии соотношение составляет 61 и 39%, в Южном – 81 и 19%.

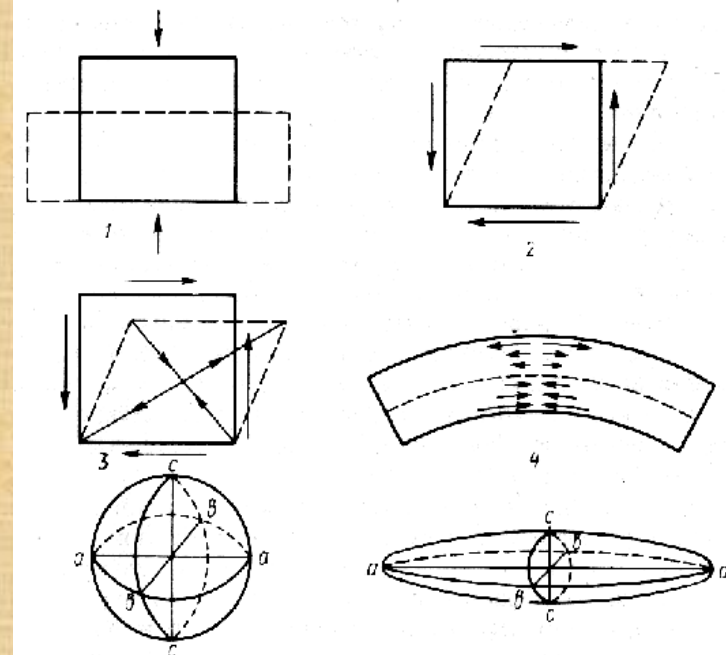


Два типа объемных сейсмических волн (по Б. Болту):

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

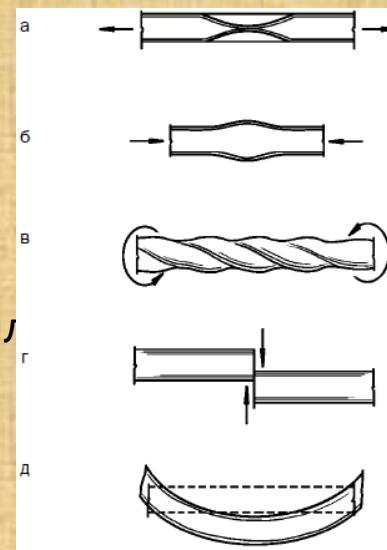
тела (шар), 6- после

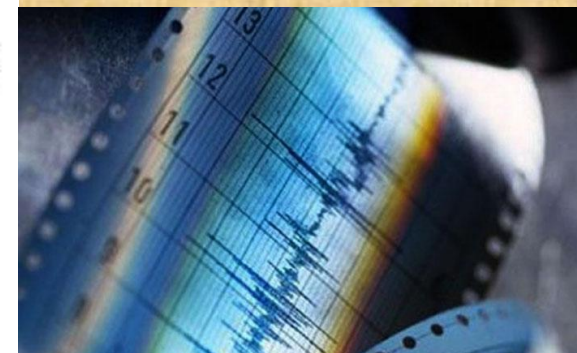
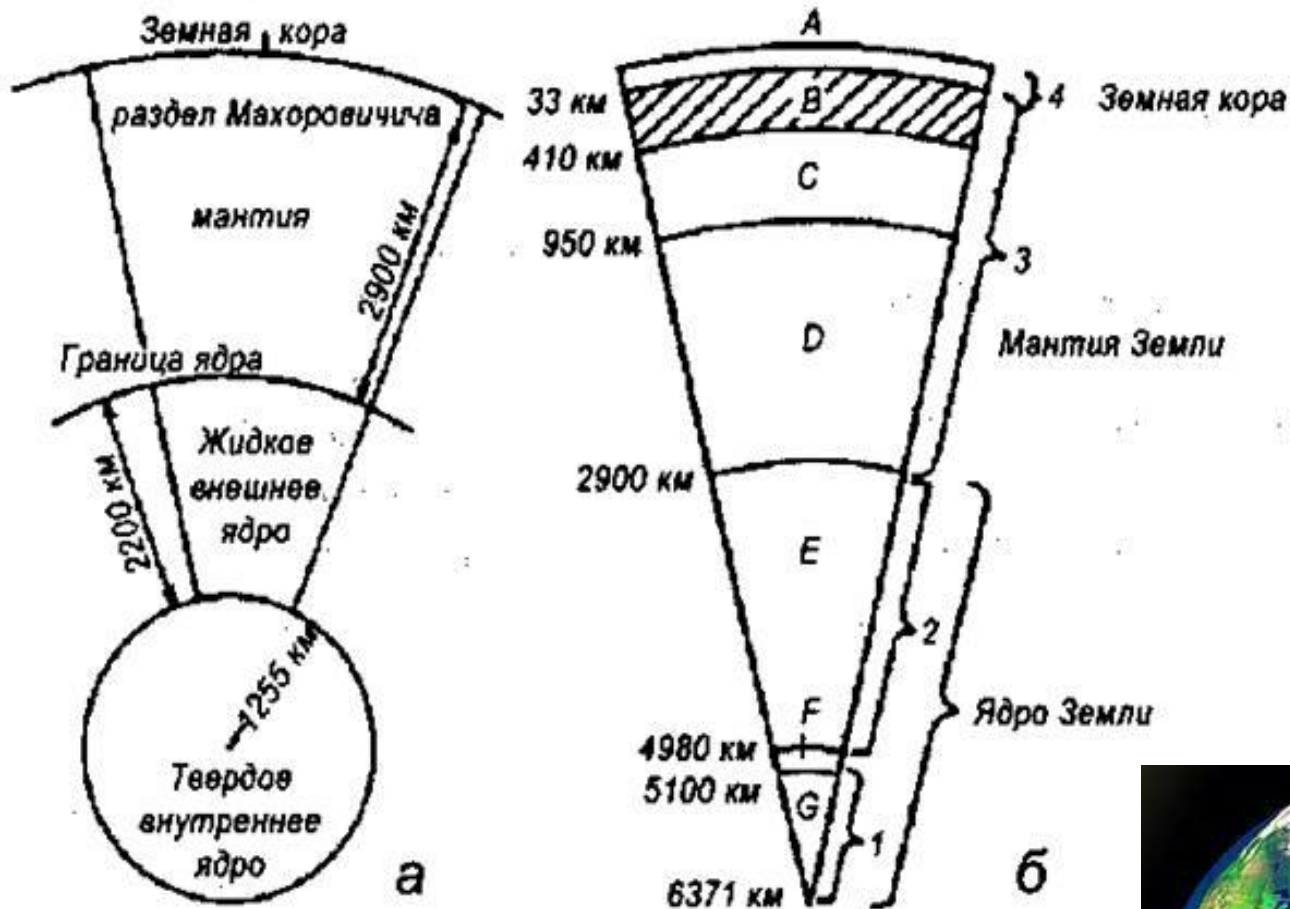
деформации шар превратил

эллипсоид. Оси

эллипсоида –

главные оси деформации





Сейсмограмма

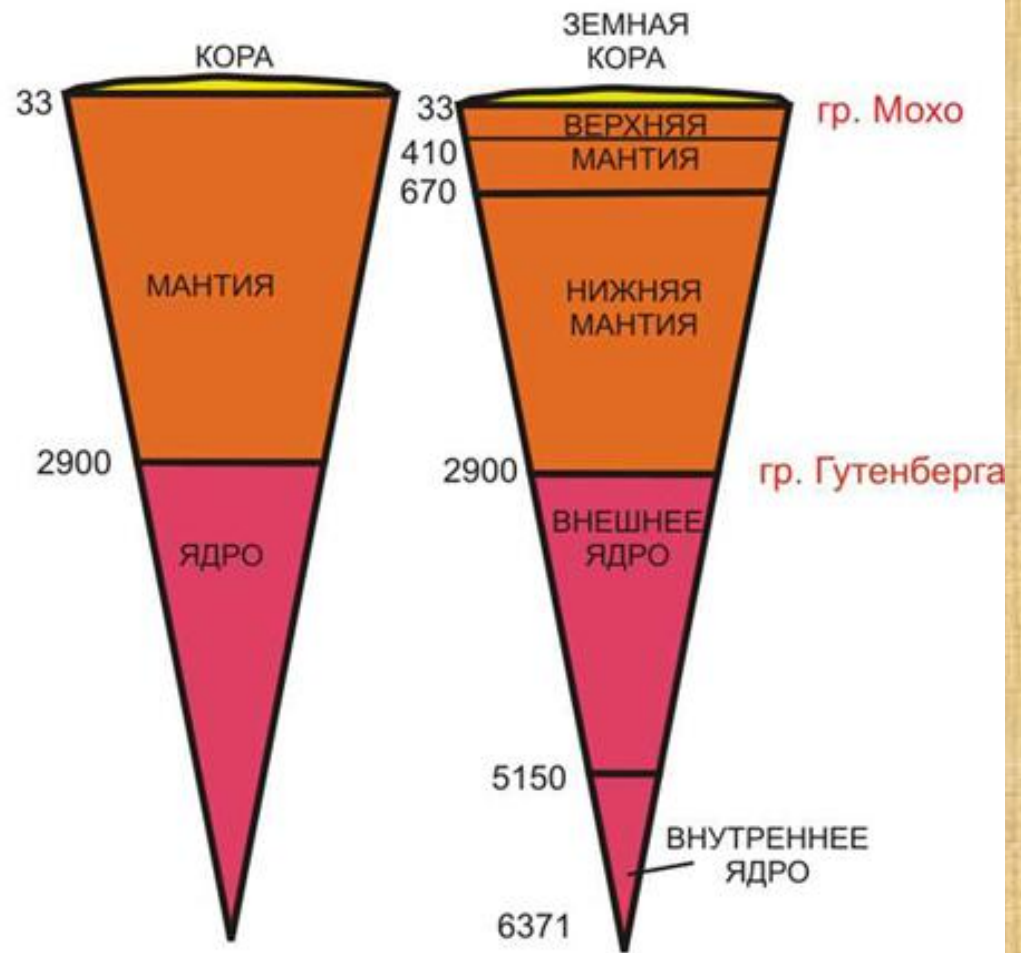
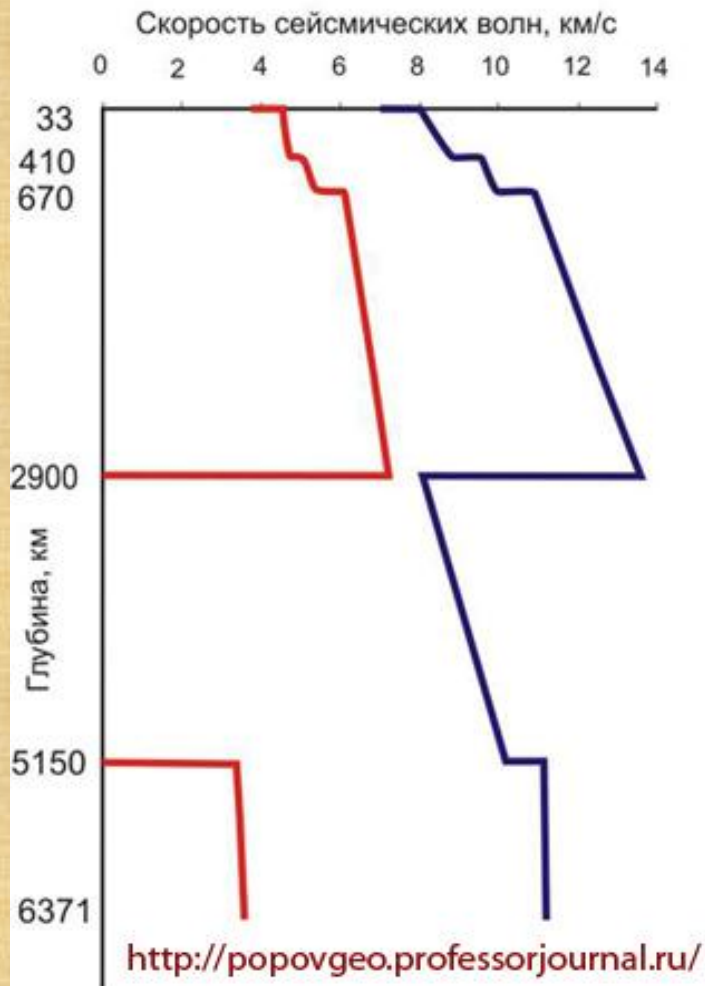


Внутреннее строение Земли.
Оболочки Земли, выделенные
по распространению сейсмических волн
(а-горизонтальный разрез;
б-вертикальный разрез)

Данные о сейсмических разделах 1-го порядка

Слои	Мощность, км	Глубина раздела, км	Объем, %	Скорость сейсмических волн, 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 Мохоровичича	
				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 ядер	
				11,1	
Внутреннее 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

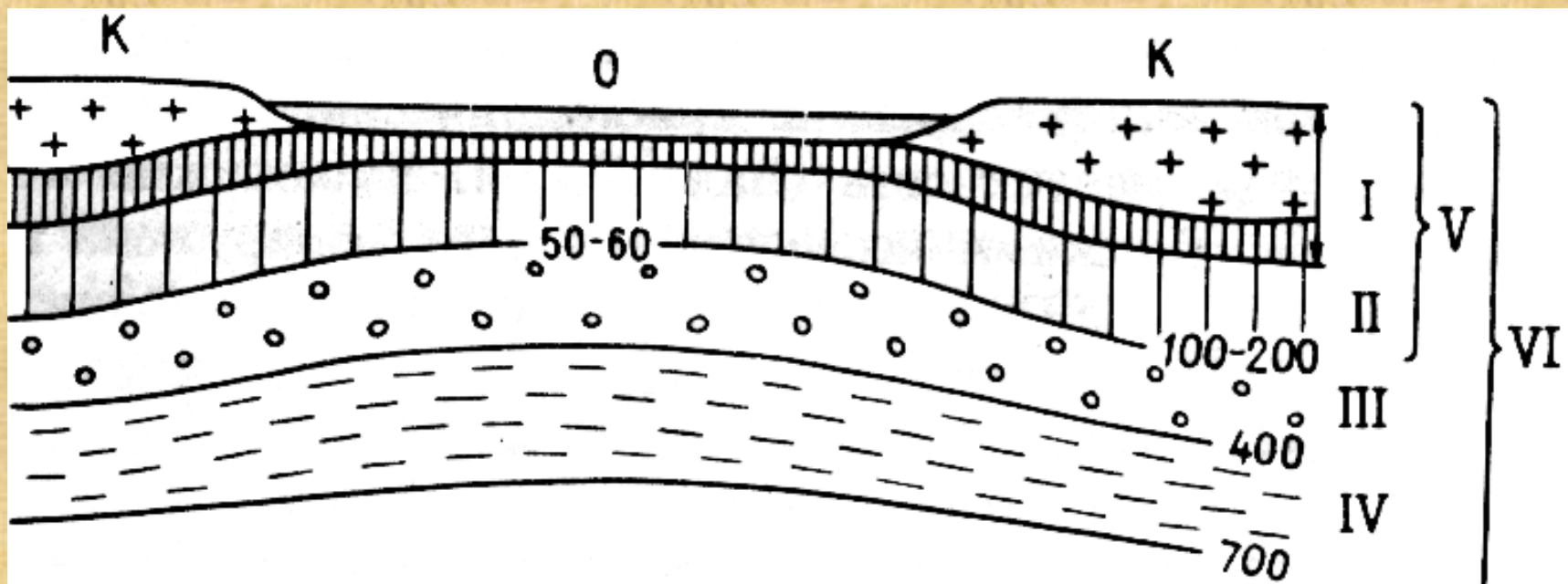
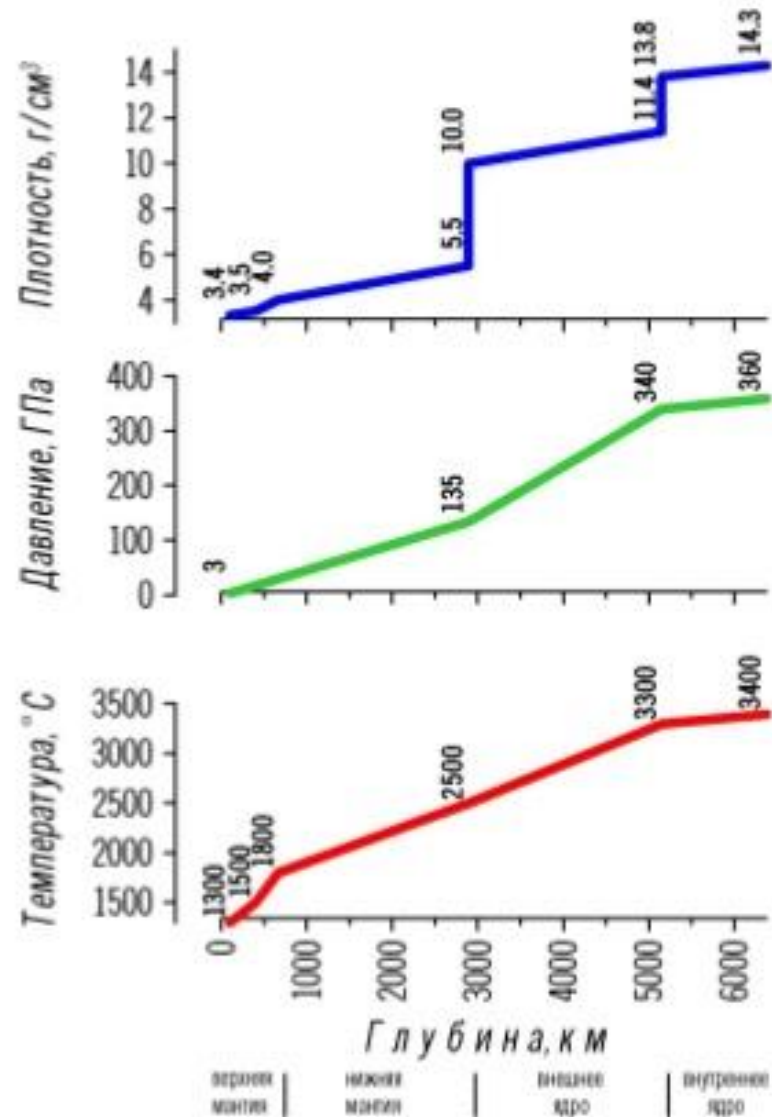
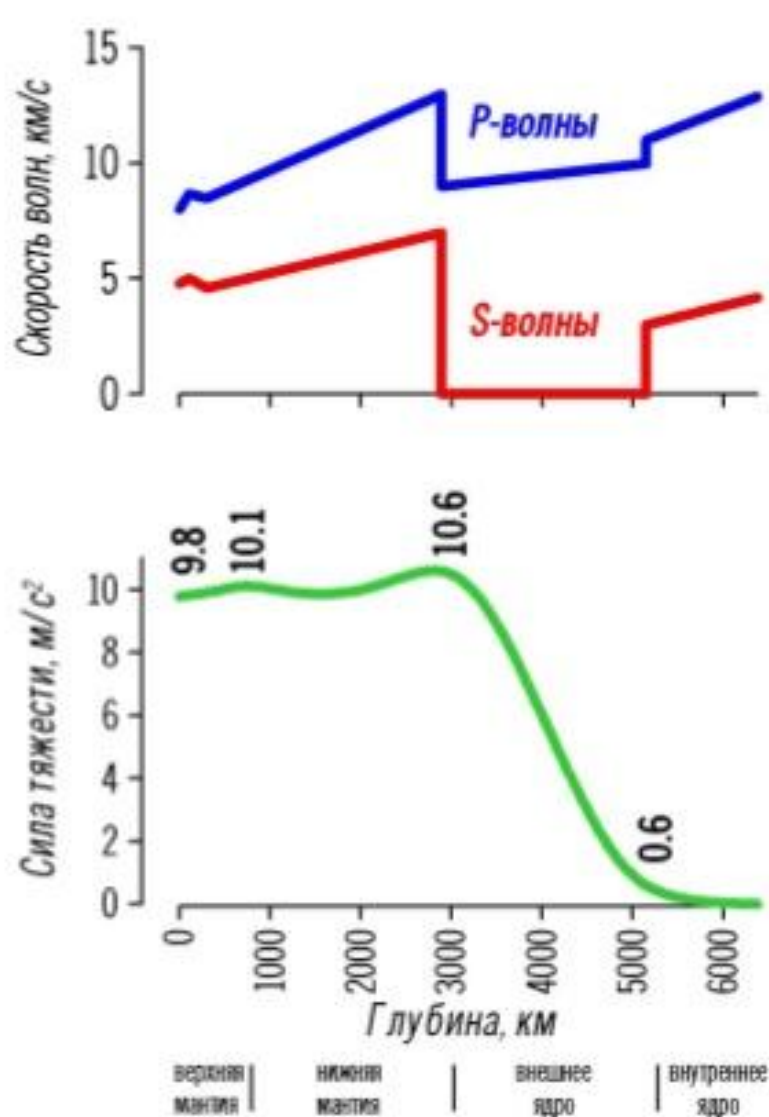


Схема соотношения литосферы, астеносферы и тектоносферы:
 I- земная кора; II- скоростной твердый слой верхней мантии (слоя В);
 III- астеносфера; IV- подастеносферный слой верхней мантии (слой Голицына); V-литосфера; VI-тектоносфера;
 К-континент; О- океан

Изменение основных физических параметров в недрах Земли



Тепловой режим Земли

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

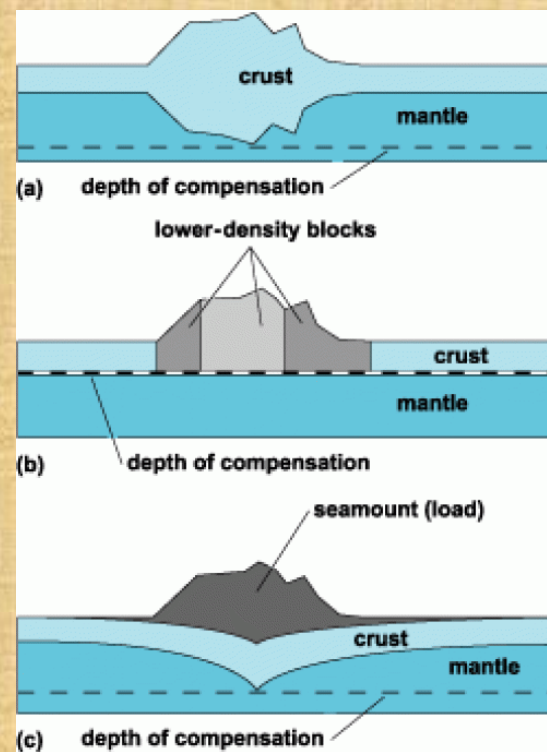
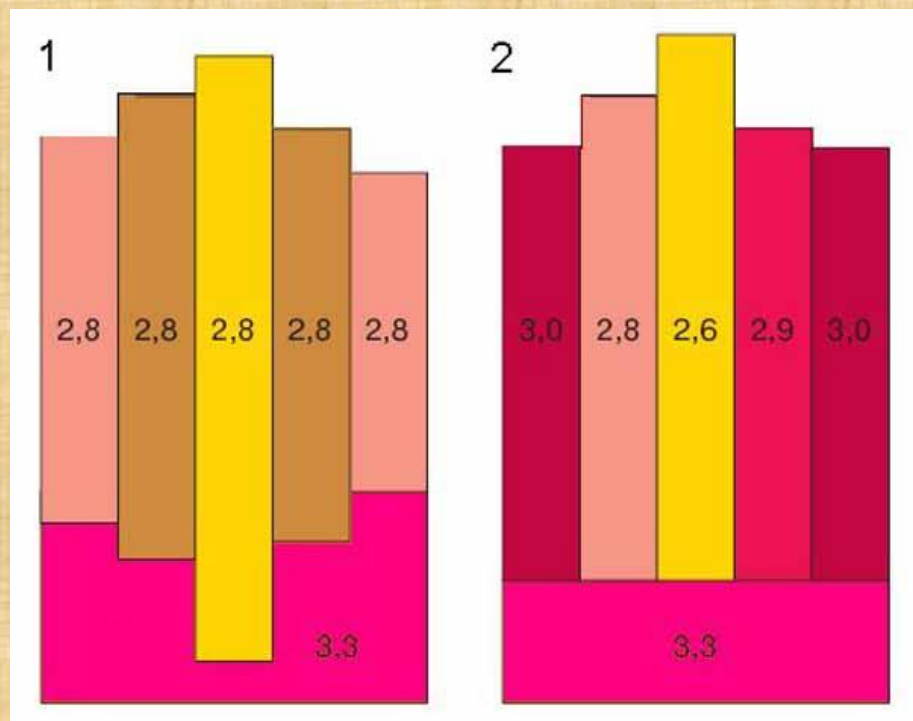
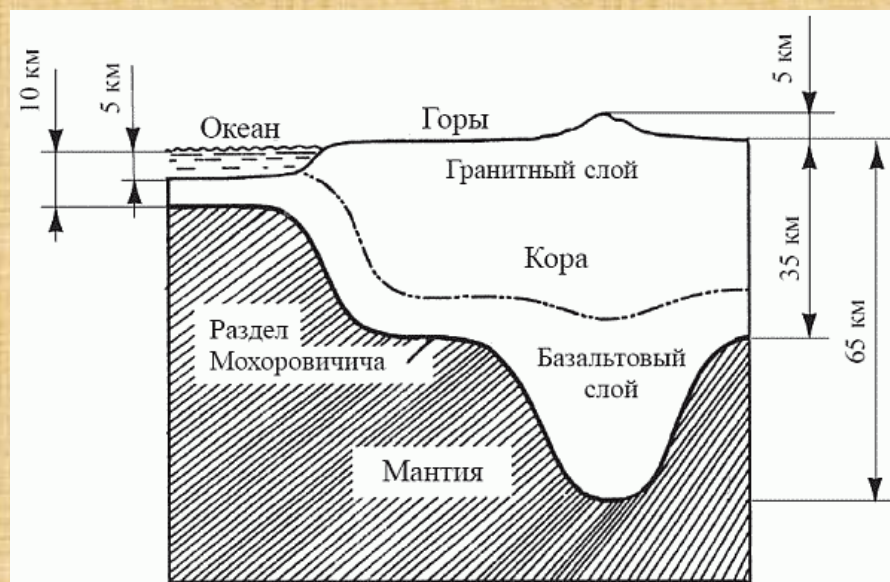


Схема изостатического равновесия земной коры: 1 – по Дж. Эри, 2 – по Ф. Пратту.
Цифрами показана плотность материала



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

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

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

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

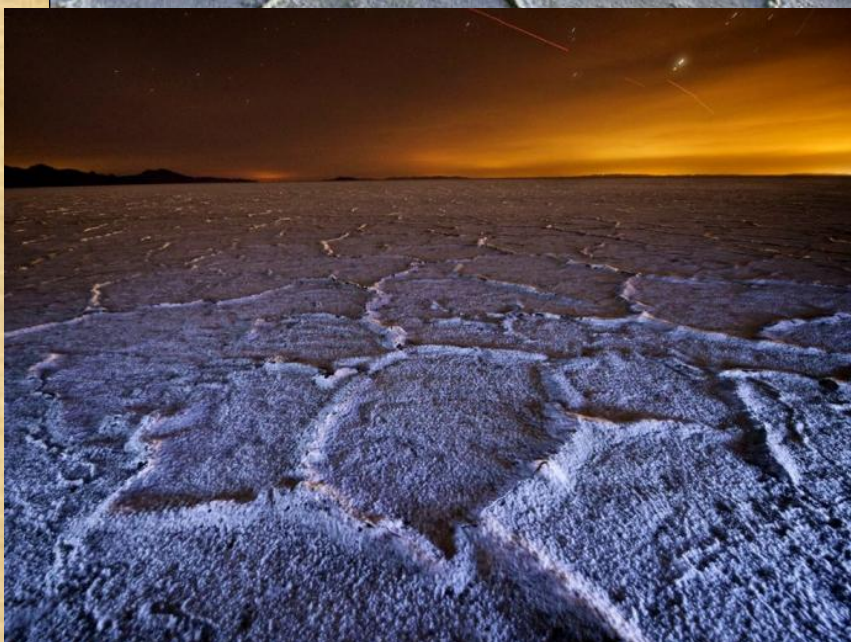
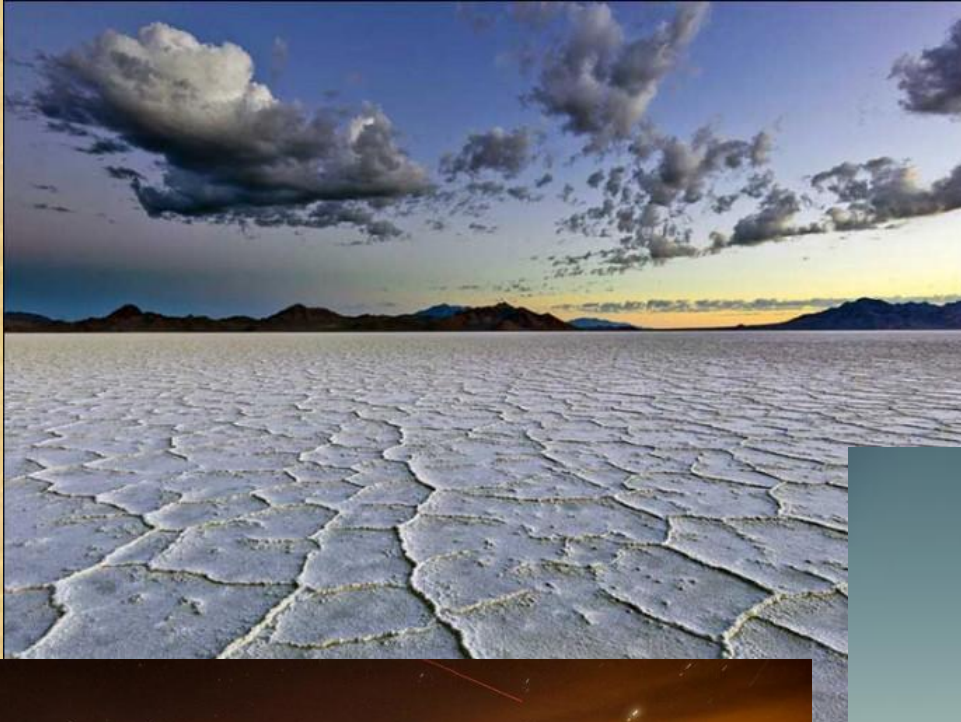
Океанический
блок
 $\rho = 3,0 \text{ г/см}^3$

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
Н	O	Fe	O
He	Fe	O	Si
O	Si	Si	Al
C	Mg	Mg	Fe
N	S	Ni	Ca
Si	Ni	S	Na
Mg	Ca	Ca	K
S	Al	Al	Mg
Fe	Na	Na	Ti
Ca	Cr	Cr	H
Ni	Mn	Mn	P
Na	P	Co	Mn
Al	Co	P	F
Cu	K	K	Ba

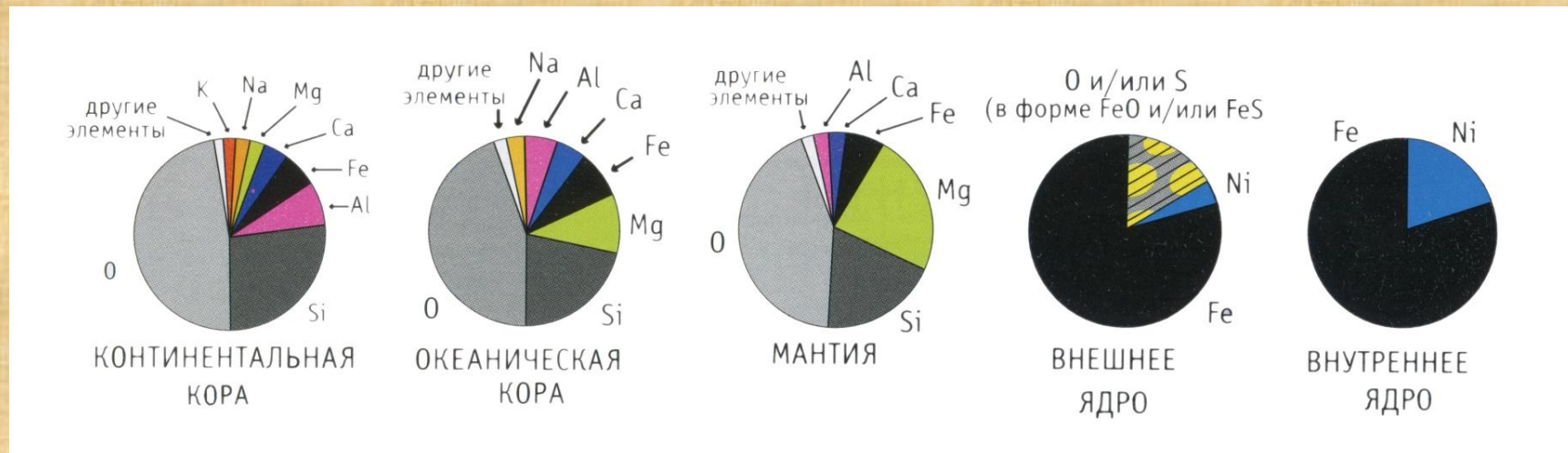
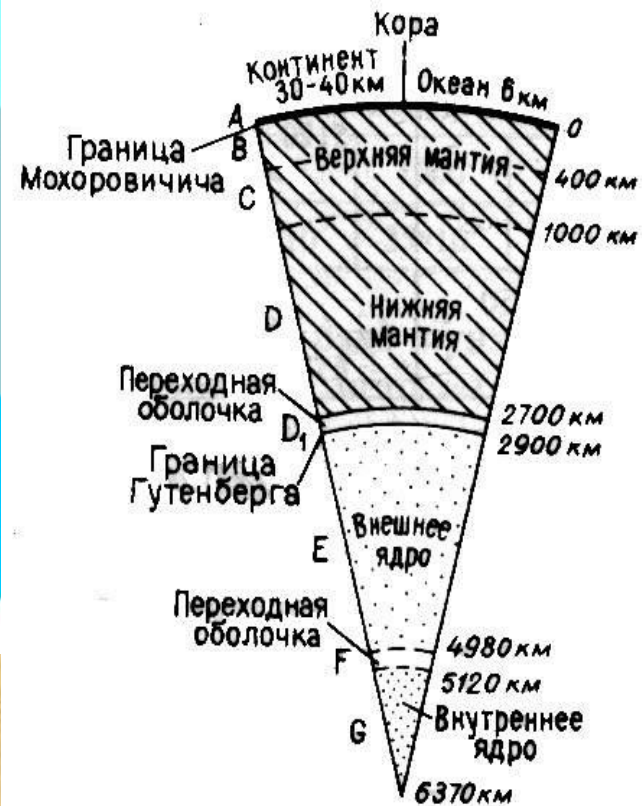
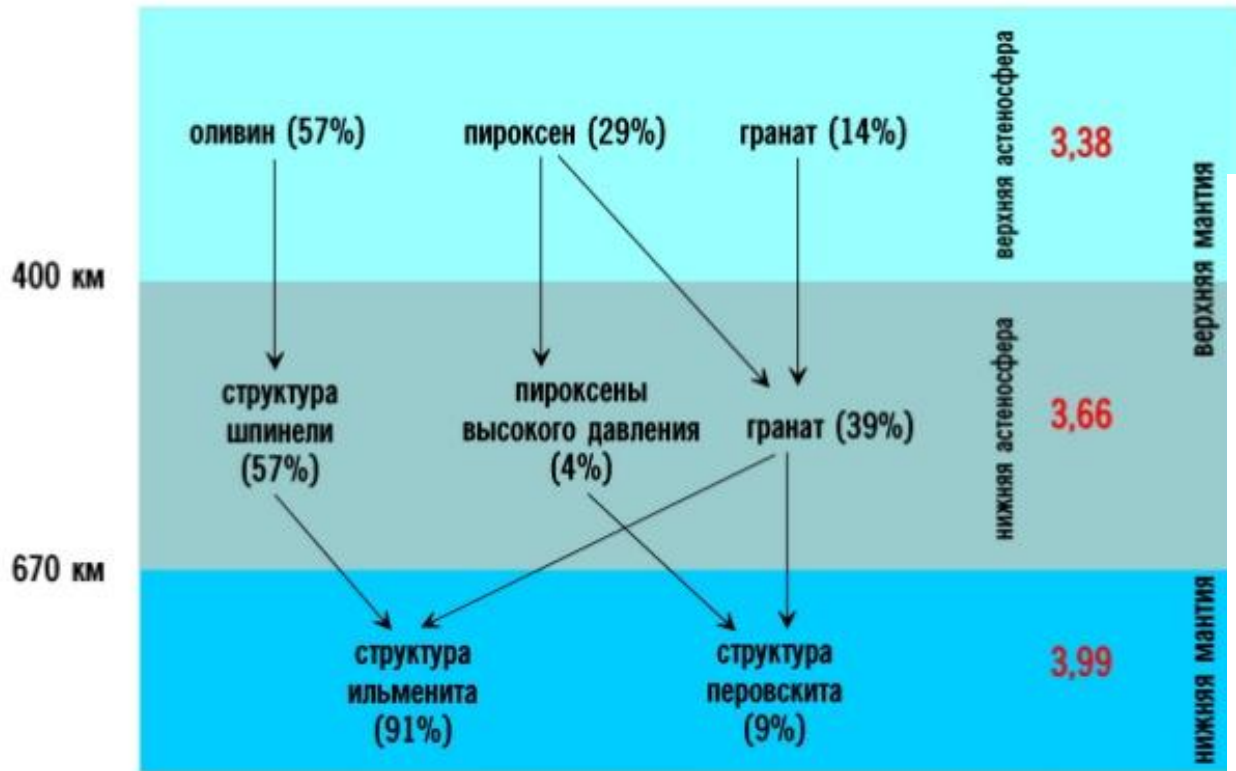


Рис. 2.12 Химический состав земной коры (континентальной, океанической), мантии, ядра (внешнего, внутреннего)

Фазовые переходы в мантии





Песок



Гнейс



Гранит



Кора выветривания латеритного типа

Геологический цикл формирования горных пород



Извержение магмы

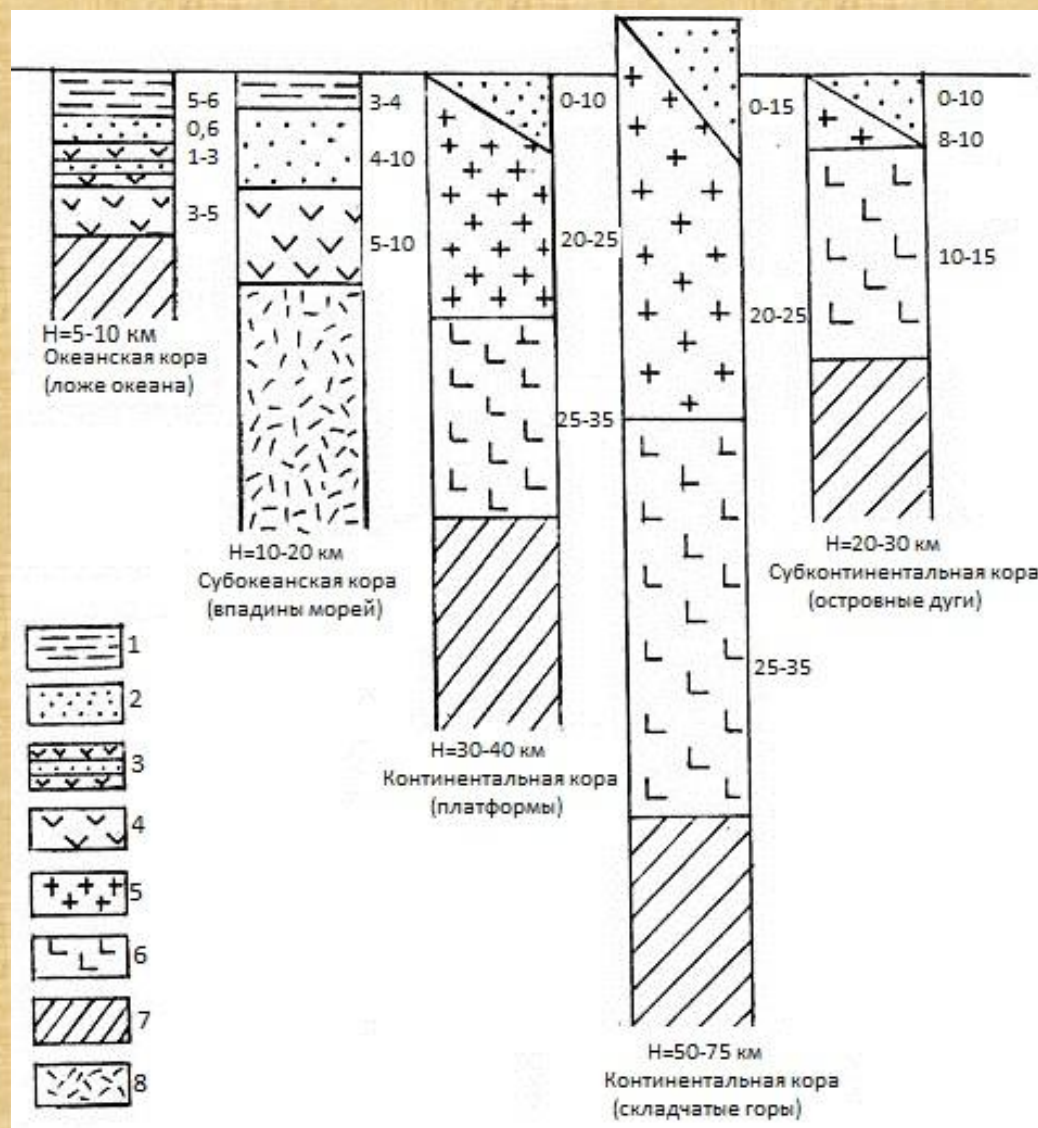


Схема строения различных типов земной коры:

- 1 - вода, 2 - осадочный слой океанической коры,
- 3 - переслаивание осадочных пород и базальтов,
- 4 - базальты и кристаллические ультраосновные породы,
- 5 – «гранитный» (гранитометаморфический, гранитогнейсовый) слой континентальной коры,
- 6 – «базальтовый» (гранулитово-базитовый) слой континентальной коры,
- 7 - нормальная мантия,
- 8 - разуплотненная мантия

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



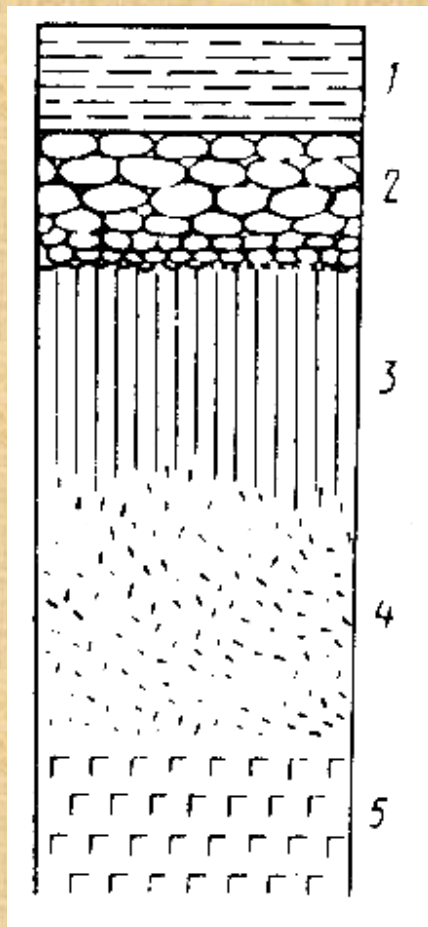


Схема строения офиолитовой ассоциации:

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)