

ЛЕКЦИЯ 3

ОБРАЗОВАНИЕ И СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

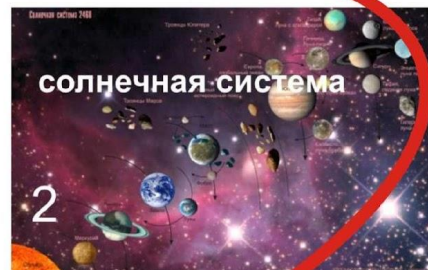
часть 1 ЗЕМЛЯ В КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Объекты изучения геологии (Размерность геологических тел)

Структурные уровни организации материи во Вселенной



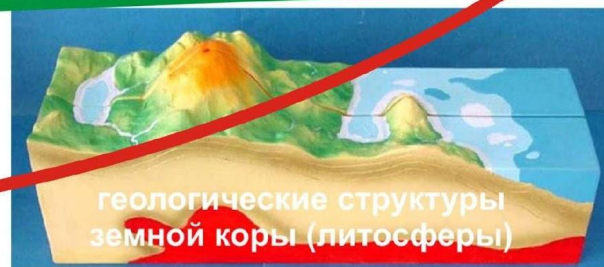
Звездный уровень



Планетарный уровень



4



Молекулярный уровень

6 молекулы

7 атомы

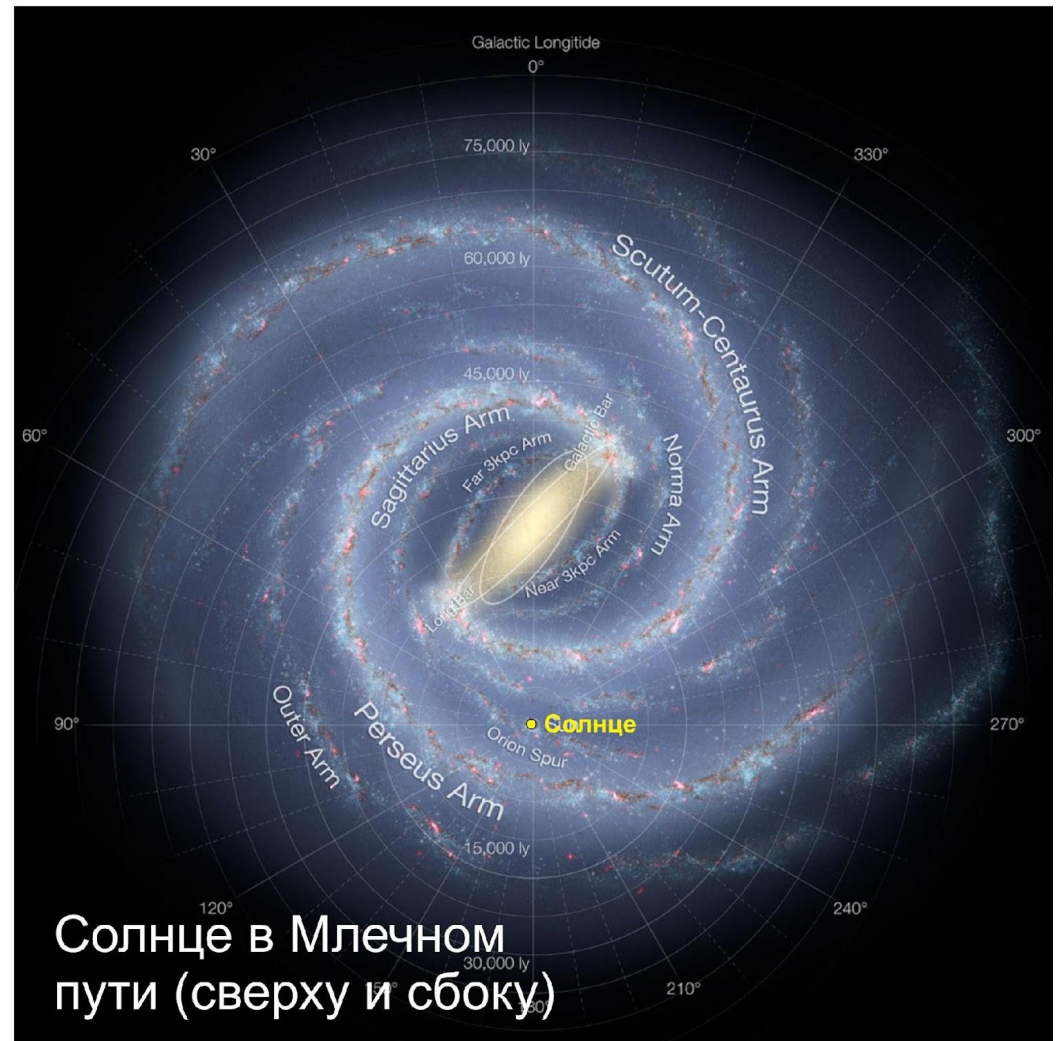
8 элементарные
частицы

ВСЕЛЕННАЯ. ЗЕМЛЯ В КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

«Млечный Путь»

- диаметр около
70 тыс. световых лет.

Галактический год -
250 млн. лет,
скорость 240 км/сек



Образование Вселенной



Возраст Вселенной 18 - 20 млрд. лет.

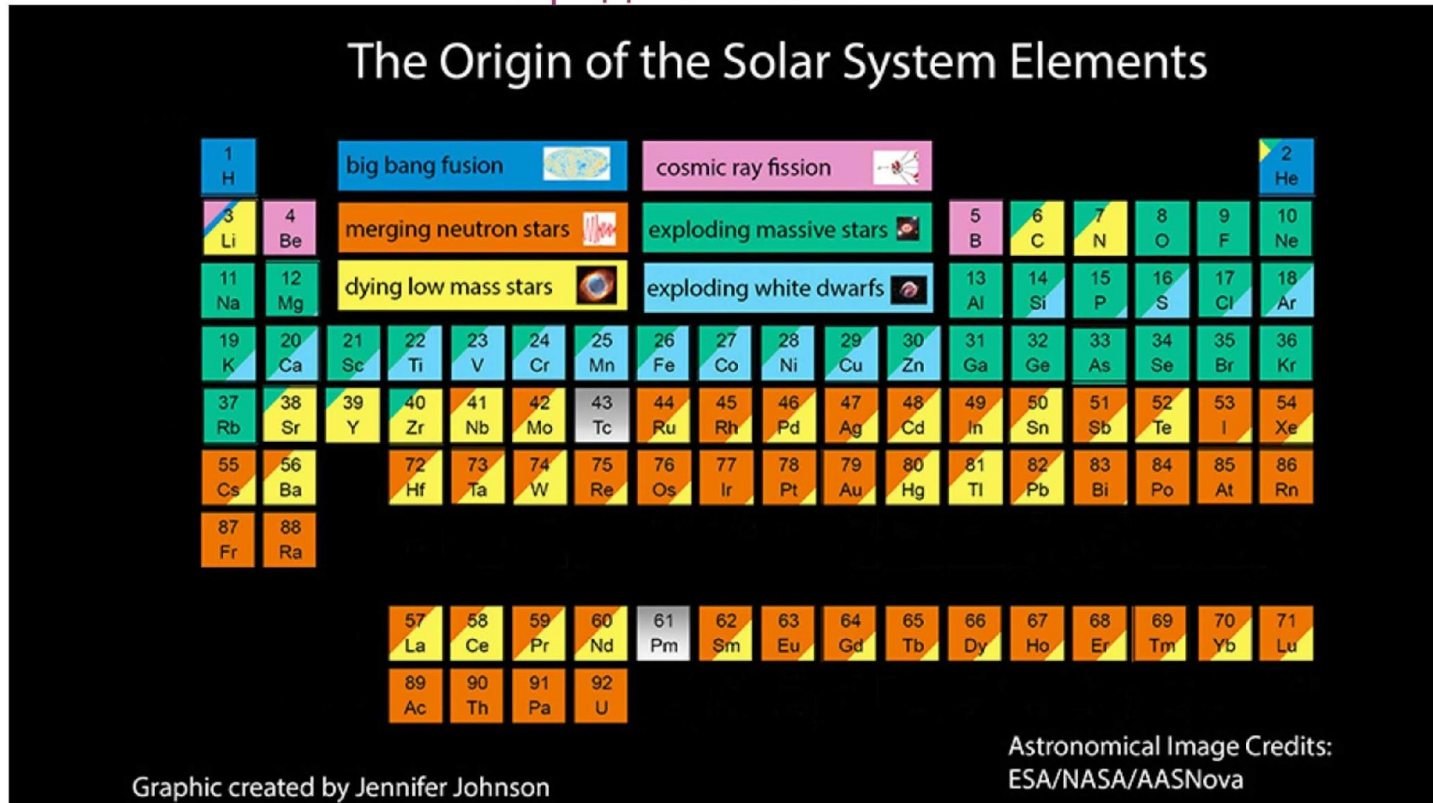
Теория “Большого Взрыва” (Big Bang, англ.) и теперь все время расширяется.

(А.А.Фридман, Россия, 1922 г. - интерпретация уравнений А.Эйнштейна).

Первые атомы сформировались через несколько минут после «взрыва». Это были водород и гелий.

Наблюдаемый химический состав Вселенной составляет по массе 3/4 водорода и 1/4 гелия. Все остальные элементы не превышают в составе Вселенной даже 1%. Как образовались элементы этого 1% и почему состав Земли отличается?

Происхождение химических элементов на Земле по современным представлениям.



Основных процессов — шесть:

- нуклеосинтез при Большом взрыве; **синий** – (водород и гелий)
- взрывы массивных звезд; **зеленый** – верхняя часть таблицы
- слияние нейтронных звезд; **оранжевый** -нижняя часть таблицы
- смерть маломассивных звезд; **желтый** – самый верх (углерод, азот) и низ
- ядерные реакции под действием космических лучей; **розовый** - верх (бериллий, бор)
- взрывы белых карликов. **голубой** – середина ТМ (от кремния и железа до цинка)

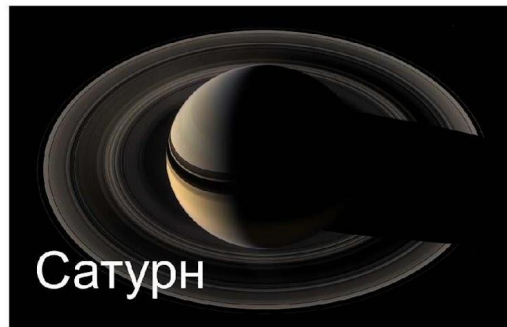
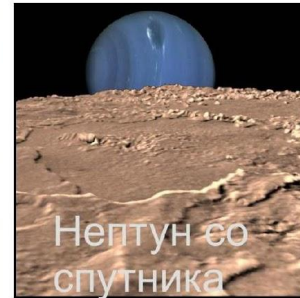
СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

Звезды и галактики стали формироваться спустя примерно 1 млрд. лет после Большого Взрыва, в результате сжатия огромных газовых облаков.

Солнечная система, в которой много элементов, тяжелее водорода и гелия, образовалась не в первых рядах звезд.

Возраст Солнца и ее планетной системы около 4,57 млрд лет.

Солнечная система: звезда (Солнце), девять планет (Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон), более 61 спутника, более миллиона комет и астероидов.



Основные характеристики планет Солнечной системы

таблица №1

Сравнительная таблица планет Солнечной системы

Планета	Расстояние от Солнца	Период обращения	Период вращения	Диаметр, км	Масса, кг	Кол-во спутников	Плотность г/см ³
Меркурий	0,39	88 (дней)	58,6 сут.	4878	$3,3 \times 10^{23}$	-	5,5
Венера	0,72	224,7 (дней)	243 сут.	12100	$4,9 \times 10^{24}$	-	5,2
Земля	1,00	365,24 (дней)	24 час.	12742	$5,98 \times 10^{24}$	1	5,5
Марс	1,52	687 (дней)	24,5 час.	6794	$6,44 \times 10^{23}$	2	3,9
Юпитер	5,20	11,9 года.	10 час.	139800	$1,9 \times 10^{27}$	16	1,3
Сатурн	9,54	29,5 года.	10,2 час.	116000	$5,68 \times 10^{26}$	30	0,7
Уран	19,19	84 года.	10,7 час.	50800	$8,7 \times 10^{25}$	15	1,4
Нептун	30,07	164,8 года.	16 час.	48600	$1,03 \times 10^{26}$	6	1,6

СОЛНЦЕ

Звезда среднего возраста типа желтого карлика.

Строение Солнца

Гелиевое ядро с $T \sim 15$ млн. К.

Зона лучистого равновесия - **фотосфера**,
мощность до 1 тыс. км и T от 800 К
до 4000 К в верхних слоях.

Хромосфера, мощность 10-15 тыс. км
с T 20000 К.

Солнечная корона, мощность 12- 13 млн.
км и с T 1,5 млн. К.

Солнечный ветер, исходящий во все стороны от Солнца - поток плазмы,
распространяется дальше орбиты Сатурна, т.н. **гелиосфера**.

Далее - межзвездный газ.

Источник энергии Солнца - ядерный синтез водорода в гелий.

Водорода должно хватить еще на 5 млрд. лет. Затем Солнце сначала превратится в "красный гигант", а затем - в "белый карлик".

Тепло и свет Солнца оказывают большое влияние на земные процессы:
климат, гидрологический цикл, выветривание, эрозия, жизнь.

Солнечная постоянная количество солнечной энергии, поступающей
на 1 м² поверхности атмосферы, расположенной перпендикулярно
солнечным лучам, - около 1370 Вт/м².



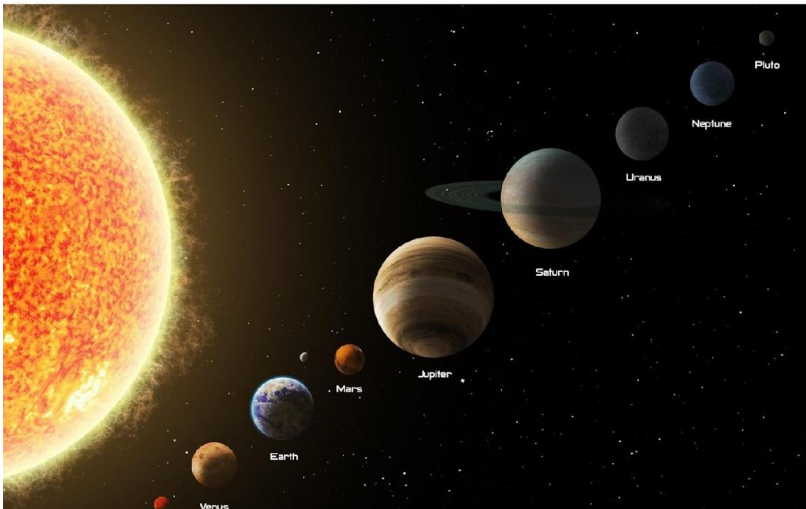
Происхождение Солнечной системы

- один из фундаментальных вопросов естествознания

Несколько гипотез:

- эволюционные предполагали существование протопланетного облака (Рене Декарт, 1644г);
- катастрофические типа столкновения Солнца с кометой (Жорж Бюффон, 1749)

Другие знаменитые ученые: Симон Лаплас (1796), немецкий философ Иммануил Кант (1755), Джеймс Джинс (1916), О. Ю. Шмидт (1944), Фред Хойл (1958), В.Н. Ларин (1975)

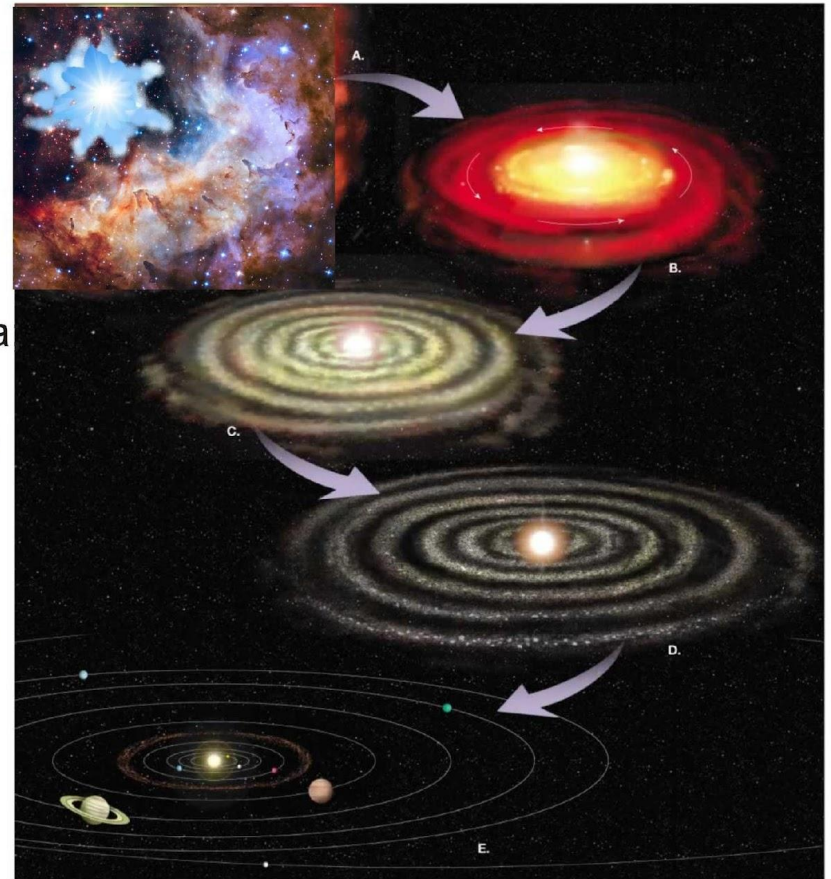


Основная проблема всех гипотез – механизм объяснения аномального распределения момента количества движения в Солнечной системе (98% на планеты, и всего 2% на Солнце).

современные представления

Формирование Солнечной системы:

- 1 – взрыв сверхновой звезды порождает ударные волны, воздействующие на газопылевое облако (ГПО);
- 2 – ГПО начинает фрагментироваться и сплющиваться, закручиваясь при этом;
- 3 – образуется первичная Солнечная небула
- 4 – образование Солнца и гигантских, богатых газом планет – Юпитера и Сатурна;
- 5 – ионизированный Солнечный ветер сдувает газ из внутренней зоны системы и с мелких планетезималей (зародышей планет);
- 6 – образование внутренних планет из планетезималей в течение 100-1000 млн лет и формирование за орбитой Плутона «облака Оорта», состоящего из комет.



Какой была первичная Земля?

Была она горячей или холодной?

Взгляд об **изначально “огненно-жидкой” Земле** существовал до середины XX века и полностью противоречит современной геологической науке.

Две, наиболее распространенные точки зрения **изначально холодной Земли** со второй половины XX века .

Ранняя - первоначальная Земля, сформировавшаяся сразу после аккреции состояла из никелистого железа и силикатов и была однородна и только потом подверглась дифференциации на железо-никелевое ядро и силикатную мантию. **Гипотеза гомогенной аккреции.**

Гипотеза гетерогенной аккреции - сначала аккумуляровались наиболее тугоплавкие планетезимали, состоящие из железа и никеля и только потом силикатное вещество, слагающее сейчас мантию Земли от уровня 2900 км.

Факторы нагрева планеты:

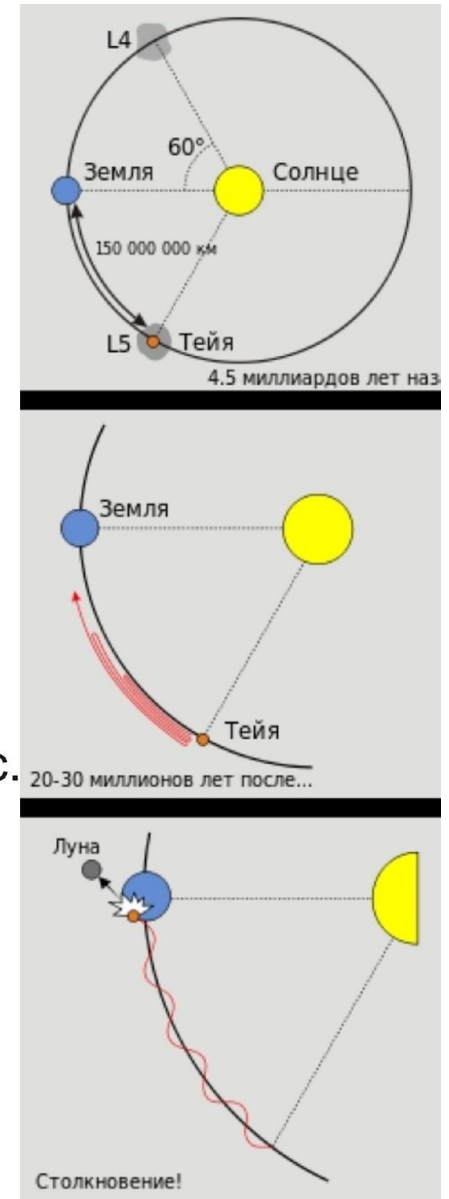
- энергия гравитационного сжатия
- соударение планетезималей
- падение очень крупных метеоритов
- распад радиоактивных элементов (главный вклад)
- приливные силы, связанные с близким расположением спутника Земли - Луны.

Образование пары Земля – Луна

Существует 3 главные гипотезы о происхождении Луны:

Луна отделилась от Земли в результате катастрофы;
Луна была захвачена уже “готовой” силами притяжения Земли;
Луна образовалась вместе с Землей из роя планетезималей.

Современная гипотеза объединяет первые 2:
Луна образовалась в результате столкновения Земли по касательной с космическим телом размером с Марс. Выброшенные в космос обломки стали вращаться по круговой орбите, слипаясь в шаровидное тело – Луну. Столкновение Земли и Тейи случилось 4,51 млрд лет назад, спустя «всего» около 60 млн лет после зарождения Солнечной системы.



Продолжение процесса аккреции

Лучше всего метеоритные кратеры (астроблемы) сохранились на Луне или Меркурии, где нет атмосферы.



Хуже - на Марсе, где есть разреженная атмосфера.



Продолжение процесса аккреции



Древние отпрепарированные кратеры на Земле



Падение болида (крупный метеор)

Ударный метаморфизм



При падении на Землю метеорита образуется **кратер** или **астроблема** (греч. астра – звезда, блема – рана), которая всегда больше, чем упавший метеорит.

Размер кратера зависит от массы тела и его скорости при сближении с поверхностью земли.

В большинстве случаев колоссальное мгновенное сжатие вызывает быстрый нагрев пород до $+10000^{\circ}\text{C}$ и выше. Все это сопровождается дроблением, плавлением и испарением вещества на поверхности.

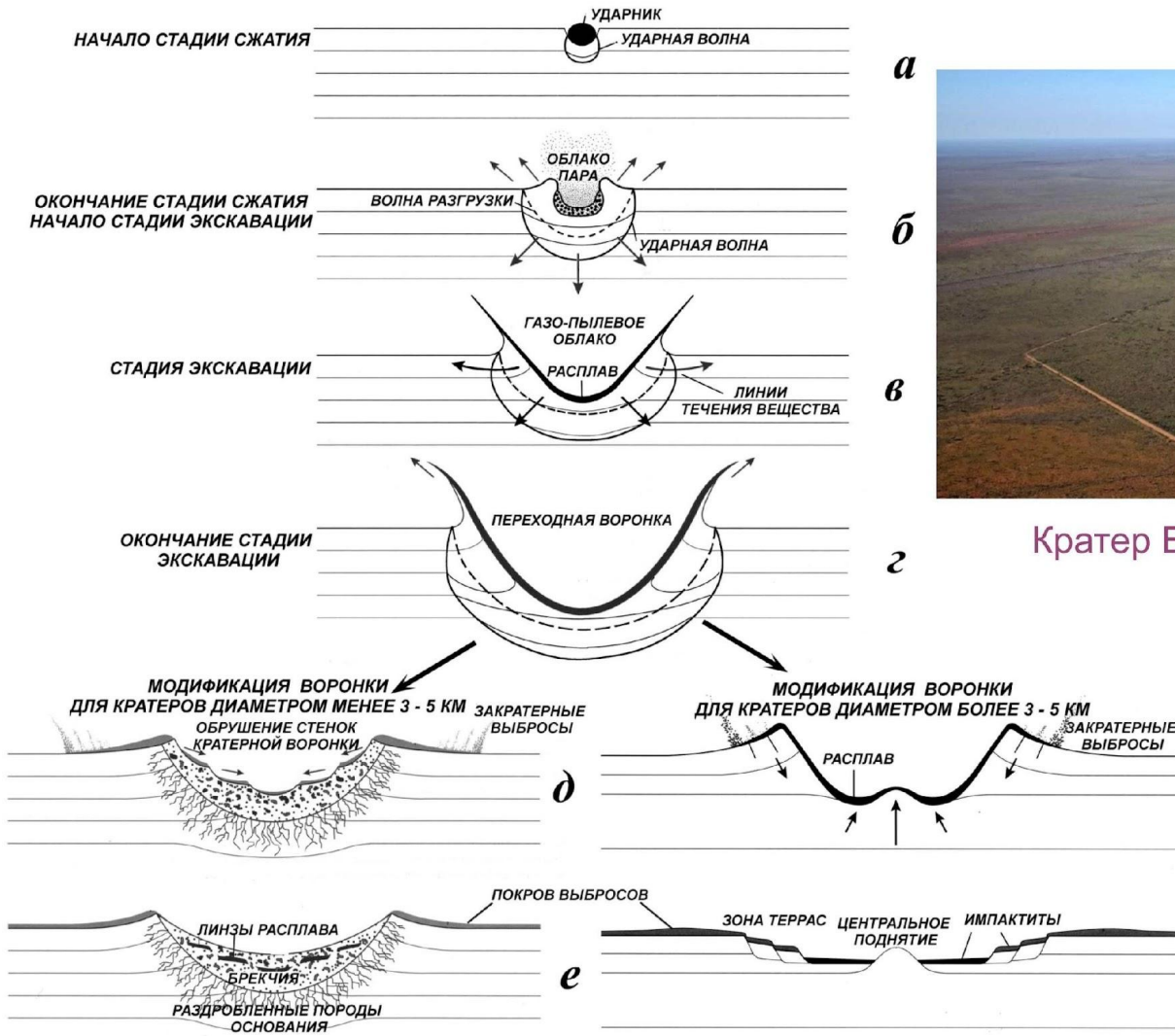
Ударный метаморфизм имеет локальное распространение и не выходит за пределы метеоритного кратера.



Метеорит Гоба, Намибия (60 тонн)



ОБРАЗОВАНИЕ ВЗРЫВНЫХ МЕТЕОРИТНЫХ КРАТЕРОВ



а



б

в

г

Кратер Волчья яма, Австралия

Ударный метаморфизм



Горные породы, образующиеся при таком мгновенном ударном событии называются **импактитами** (англ. «импэкт» – удар).

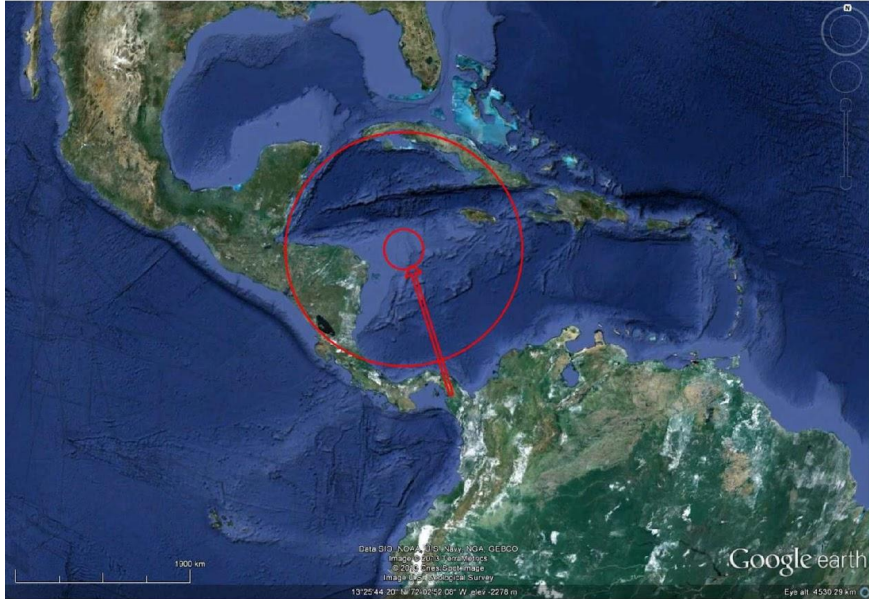
Ударный метаморфизм проявляется в образовании различных пород и новых минералов, в изменении структуры минералов.

Все зависит от давления и температуры.

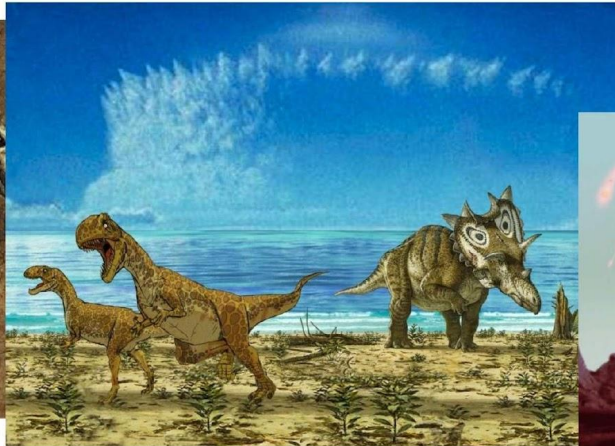
Углерод может переходить в алмаз; оливин и пироксен, сменяются более плотными модификациями.

Опасность представляют только будущие метеориты больших размеров (более десятков метров в поперечнике).

ГИБЕЛЬ ДИНОЗАВРОВ



После падения метеорита на полуострове Юкатан образовался кратер (Чиксулуб) диаметром ок. 1600 км.
Причиной гибели динозавров стали сразу **несколько факторов**: мощные колебания земной коры, гигантское цунами, последовавшие затем мощные извержения вулканов в Индии, длившиеся сотни лет и вызвавшие глобальное падение освещенности и глобальное похолодание, гибель растительности и вымирание множества видов, включая динозавров.

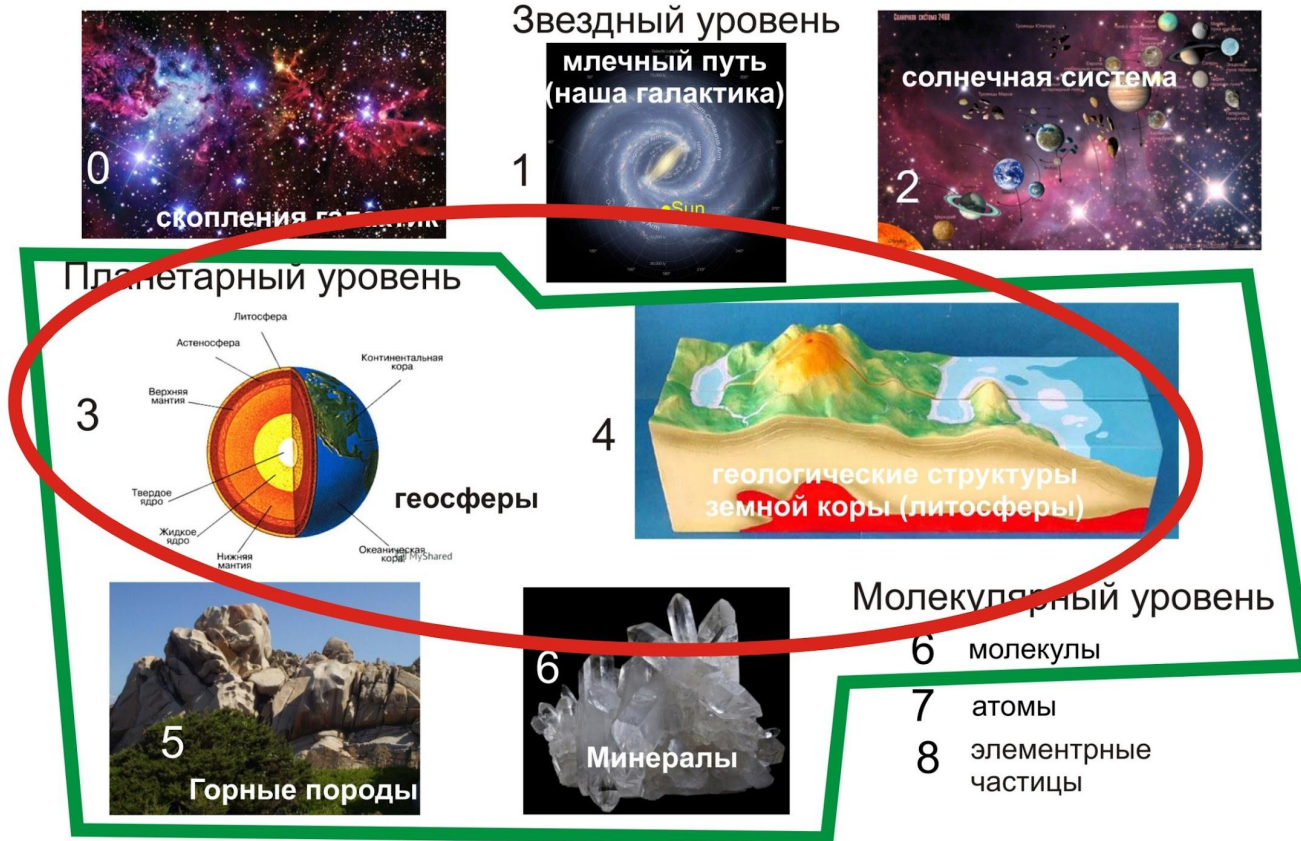


ЛЕКЦИЯ 3

ЧАСТЬ 2 СТРОЕНИЕ И СОСТАВ ЗЕМЛИ

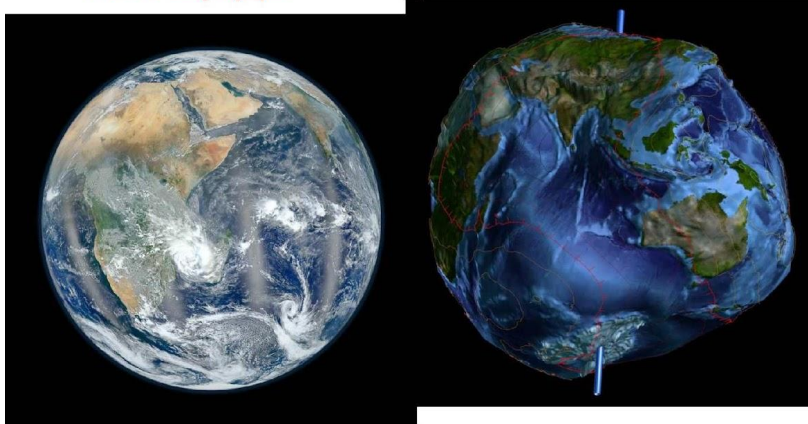
Объекты изучения геологии (Размерность геологических тел)

Структурные уровни организации материи во Вселенной

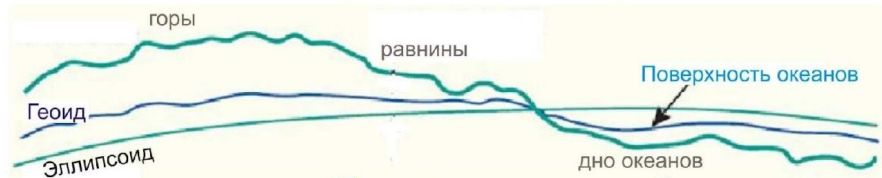


ФОРМА ЗЕМЛИ И ГРАВИТАЦИОННОЕ ПОЛЕ

Диаметр Земли 12756 км; масса $5,98 \cdot 10^{24}$ кг; плотность 5510 кг/м³;
площадь поверхности – 510 млн. км²; объем – $1,083 \cdot 10^{12}$ км³.



Соотношение реальной формы Земли, геоида и эллипсоида



И. Ньютон: Земля - не шар.

Земля (поверхность рельефа) напоминает «обгрызанное яблоко».

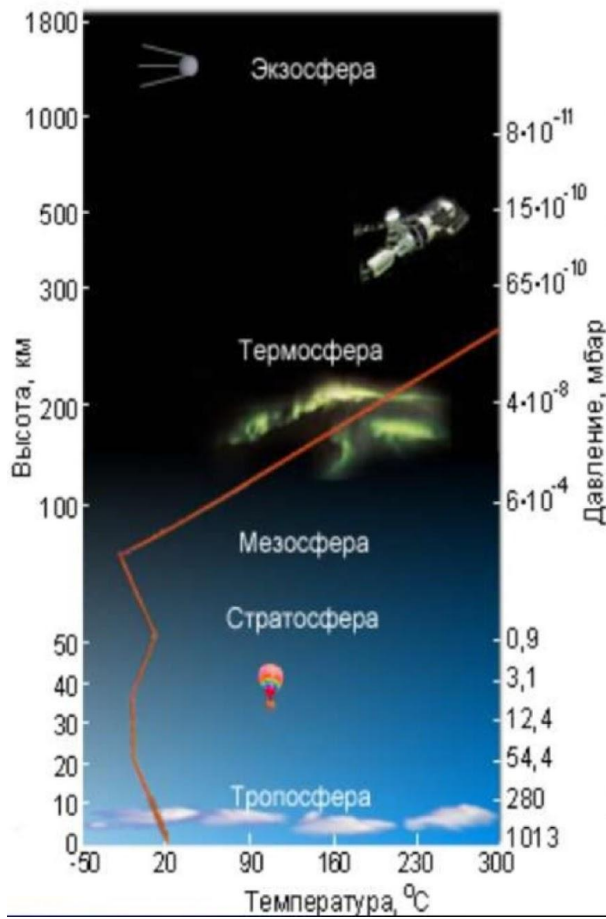
Из-за неравномерного распределения масс в теле Земли гравитационное поле Земли (притяжение на поверхности) неодинаково. Гравитационная форма Земли - геоид. Геоид (землеподобная) – эквипотенциальная (равное притяжение) поверхность невозмущенного океана, продолженная на континенты.

Земля – трехосный эллипсоид (сфероид):

Экваториальный радиус – 6378,245 км; полярный радиус – 6356,863 км;
полярное сжатие $\alpha = 1/298,25$ (грубо 1/300). В плоскости экватора наибольший и наименьший радиусы также отличаются на 213 м (сжатие или эксцентриситет примерно 1/30 000).

ОБОЛОЧЕЧНОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Поверхность Земли является поверхностью раздела, отделяющей твердое тело планеты от **внешних геосфер** – **атмосферы, гидросферы, биосферы и магнитосферы.**



Атмосфера

- газовая оболочка Земли

Магнитосфера (60 тыс. км)

Экзосфера (от 1 до 5-10 тыс. км.)

Ионосфера. Здесь воздух сильно ионизирован.
(До высоты 100-120 км наблюдаются полярные сияния)

Стратосфера (верхняя граница на высоте 80—90 км)
Масса = 5 %, $t = -(80-90^{\circ}\text{C})$. На высоте 80-120 км расположен озоновый слой.

Тропосфера (от 6 км на полюсах до 18 км на экваторе)
80 % всей массы атмосферы и все водяные пары.

Общая масса атмосферы $51,17 \times 10^{20}$ г без учета водяных паров

ОБОЛОЧЕЧНОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Состав атмосферы

Газ	Состав по объему, <i>г/т</i>	Состав по весу, <i>г/т</i>	Общая масса,
			<i>n</i> ·10 ²⁰ <i>г</i>
N ₂	780 900	755 100	38,648
O ₂	209 500	231 500	11,841
Ar	9300	12800	0,655
CO ₂	300	460	0,0233
Ne	18	12,5	0,000636
He	5,2	0,72	0,000037
CH ₄	1,5	0,94	0,000043
Kr	1	2,9	0,000146

Конвекционные потоки поддерживают постоянство относительных содержаний компонентов, вплоть до высоты 60-100 км (даже включая стратосферу) преобладают кислород и азот.

ОБОЛОЧЕЧНОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Гидросфера – жидкая оболочка Земли

Гидросфера - все природные воды: океаны, моря, реки, озера, а также подземные водоносные горизонты (водяной пар атмосферы не включается в гидросферу). Общая масса воды гидросферы составляет около $1644 \cdot 10^{15}$ т (0,2 % от массы планеты). 94 % массы гидросферы - **солёные воды мирового океана**, 1,32 % - **ледники**, **подземные воды** 1,68 %, 4 % – **пресные воды суши** (вода рек, озёр и болот). Гидросфера покрывает 70,8% поверхности Земли. Наибольшая ее толщина — около 11 км. Средняя глубина океанов — 3800 метров.



Воды океана исключительно постоянны по химическому составу и содержат в среднем 35 г солей в 1 л (3,5 ‰)

ОБОЛОЧЕЧНОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Биосфера – область существования и активной деятельности живого вещества.

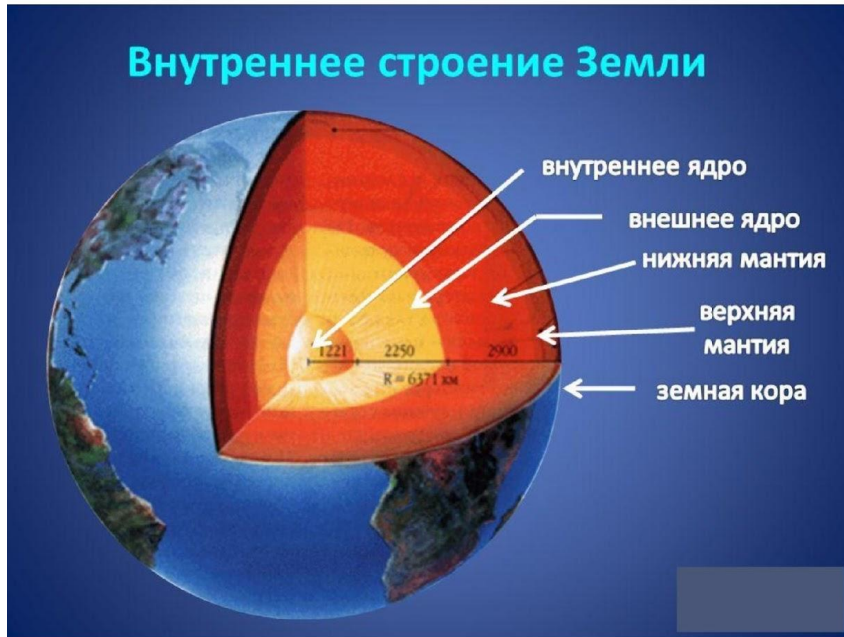
Термин «биосфера» придумал **Э. Зюсс** (1875).

В.И. Вернадский (1926) создал учение о биосфере и развил представление о живом веществе как огромной геологической (биогеохимической) силе, преобразующей свою среду обитания.

Биосфера имеет границы, определенные физическими и химическими условиями существования жизни. Геометрические границы биосферы достаточно условны. Считают, что верхняя граница биосферы находится на высоте 22-24 км, где образуется озоновый экран, который служит защитным экраном живого от ультрафиолетовой радиации. Нижняя граница на материках она проникает в земную кору до глубин в среднем 2-4-х км, в океанах – на 0,5-1 км ниже их дна.

Атмосфера, гидросфера и **биосфера** обладают высокой подвижностью, поэтому они являются мощными геологическими факторами преобразования земной поверхности и горных пород, накопления разнообразных осадочных отложений, слагающих верхнюю часть земной коры.

ОБОЛОЧЕЧНОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ



В 80-е гг. XIX в. австрийский геолог Э. Зюсс предположил, что Земля состоит из концентрических оболочек - геосфер и плотного ядра.

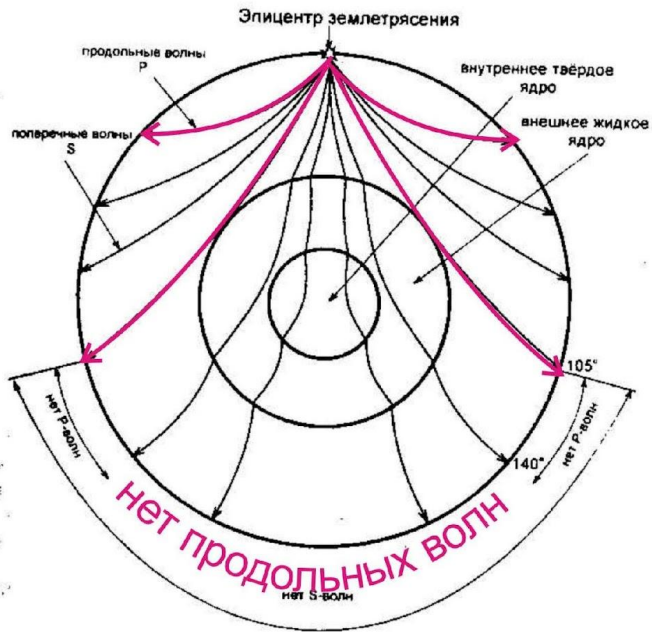


Прямое изучение земных недр доступно до небольших глубин. Естественные разрезы (обнажения) горных пород, борта карьеров, шахты и буровые скважины.

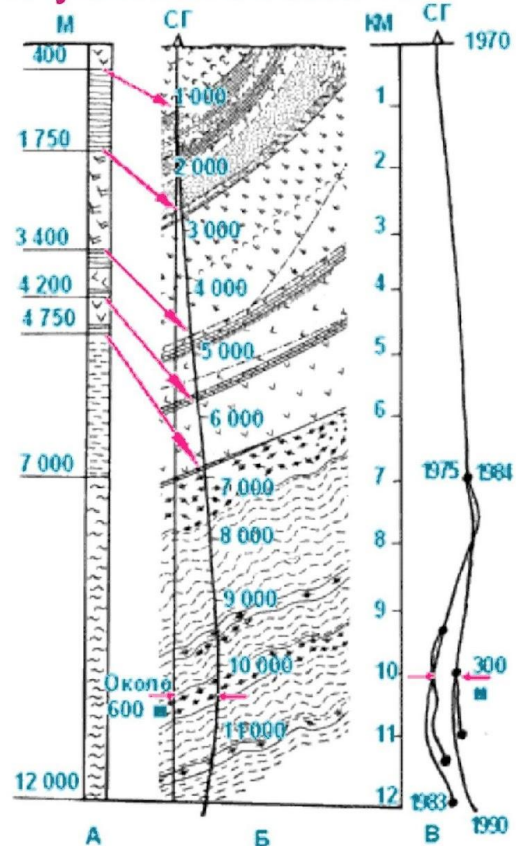
ОБОЛОЧЕЧНОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Изучение глубоких оболочек

диаметр Земли 12756 км



Прохождение продольных (P) и поперечных (S) сейсмических волн через Землю показывает наличие границ внутри планеты, и жидкого ядра.



Кольская сверхглубокая скважина (12800м).
Бурение в океане (1500м)



Продукты вулканических извержений (50-70 км)

ОБОЛОЧЕЧНОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Геосферы: земная кора, мантия и ядро

Иногда словом “геосфера” называют твердую Землю - основной объект работы геолога.



Земная кора – тонкая внешняя каменная оболочка распространена от поверхности Земли вглубь до 6-7 км – под океанами; 35-49 км – под равнинными платформенными территориями континентов; 50-75 км – под молодыми горными сооружениями.

Земная кора отделена снизу четкой **поверхностью скачка скоростей сейсмических волн P и S**. По имени первооткрывателя (1909 г.) получила имя: «**поверхность Мохоровичича**» или «поверхность Мохо».

Мантия - внутренняя оболочка Земли. **Глобальная сейсмическая граница** на глубине 670 км отделяет верхнюю мантию от нижней.

Две глобальные сейсмические границы разделяют мантию и внешнее **ядро** (граница Гутенберга - 2900 км), внешнее и внутреннее ядро (5120 км).

ОБОЛОЧЕЧНОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Геосферы: новые представления

Астеносфера (“астенос” - слабый, мягкий). Слой частичного плавления вещества - выделен в мантии сравнительно недавно (вт. пол. XX в).

В современных геотектонических представлениях астеносферному слою отводится роль смазки, по которой могут перемещаться вышележащие слои мантии и коры. Астеносферный слой расположен ближе всего к поверхности под океанами, от 10-20 км до 80-200 км, под континентами - глубже, от 80 до 400 км. Мощность астеносферного слоя, как и его глубина сильно изменяются в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Литосфера (“литос” - камень) - Слой холодной, поэтому жесткой и хрупкой земной коры и части верхней мантии над астеносферой.

Именно хрупкостью объясняется наблюдаемое блочное строение литосферы. Она разбита крупными трещинами – глубинными разломами - на крупные блоки — **литосферные плиты**.



ОБОЛОЧЕЧНОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Геосферы: мантия

Мантия располагается под земной корой ниже границы Мохо, которая отбивается резким возрастанием скорости сейсмических волн.

Мантия имеет по меньшей мере трёхчленное деление: верхняя мантия, переходная зона и нижняя мантия. Полагают, что скоростные различия между разными глубинами в мантии (или между разными ее слоями) могут быть обусловлены различиями в температуре и давлении, локальным частичным плавлением, изменениями в минеральном составе, различиями плотности в результате фазовых переходов между минералами или же сочетаниями этих факторов.

Верхняя мантия. Верхняя мантия состоит из:

- высокоскоростной слой толщиной 0-50 км ***относится к литосфере***, Полагают, что он сложен оливином, пироксеном, гранатом и акцессорными шпинелью и амфиболом.
- слой пониженных скоростей толщиной около 100 км **= астеносфера***, Частичное плавление считается наиболее приемлемым объяснением пониженных скоростей.
- более глубокий слой толщиной около 250 км, до глубины 400 км. ***= переходная зона***. Объединяется с нижней мантией.

ОБОЛОЧЕЧНОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Геосферы: ядро

Ядро -(2900 – 6371 км.) Слои Е, F, G где:
Е (2900-4980 км) = внешнее ядро (**жидкое - железоникелевый расплав, возможно, с примесью более легких элементов, таких как кремний и сера**);
F (4980-5120 км) – переходная оболочка;
G (5120-6371 км) – внутреннее ядро (**твердое - состав и строение дискуссионные**).



Согласно расчетам плотность внутри ядра достигает 15 г/см^3 ,
давление превышает 218 т/см^2 .

Средняя плотность Земли $5,51 \text{ г/см}^3$.

Средняя плотность горных пород на поверхности $2,7-2,8 \text{ г/см}^3$.

ОБОЛОЧЕЧНОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

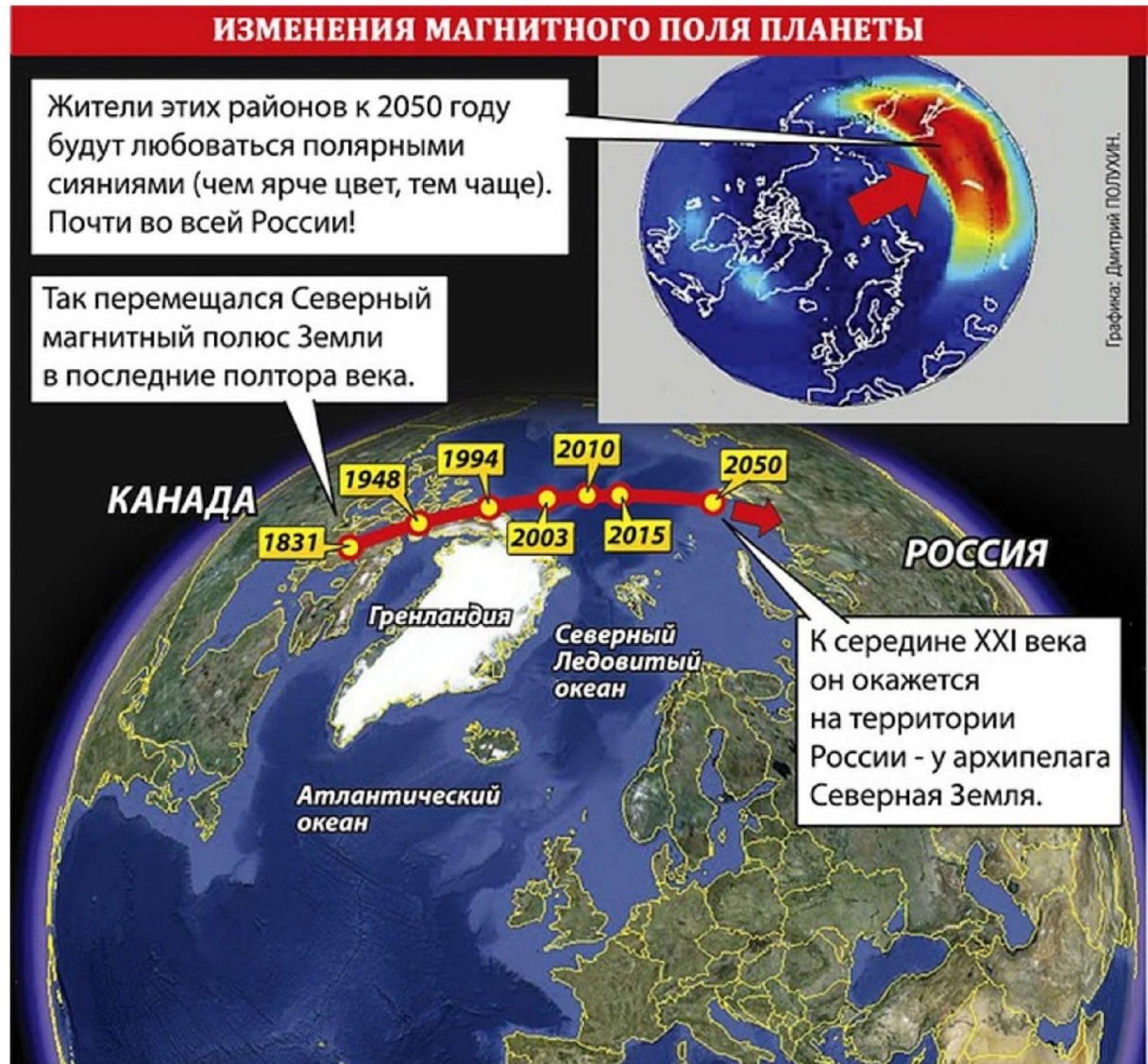
Состояние и состав всех оболочек Земли

Оболочка	Химический состав	Физическое состояние
Атмосфера	N_2 , O_2 , CO_2 , (H_2O), инертные газы	Газообразное
Гидросфера	Пресные и соленые воды, снег и лед. Растворенные Cl , SO_4 , HCO_3 , Na , K , Mg , Ca .	Жидкое, частично твердое и газообразное
Биосфера	Углеводы, белки, жиры, нуклеиновые кислоты, C , H , O , N , S , скелетный материал (Ca , Si , P), вода	Твердое, жидкое, преимущественно коллоидальное
Литосфера	Магматические, осадочные и метаморфические горные породы (Si , Al , Fe , Ca , Mg , Na , K)	Твердое, частично расплавленное
Астеносфера	Минералы оливин-пироксенового состава и их эквиваленты высоких давлений (O , Si , Mg , Fe).	Частично расплавленное
Мантия (2900 км)	Минералы оливин-пироксенового состава и их эквиваленты высоких давлений (O , Si , Mg , Fe).	Твердое, но пластичное
Ядро внешнее (3500 км)	Железо-никелевый расплав с примесью силикатного вещества	Жидкое, вероятно расплавленное
Ядро внутреннее	Железо-никелевый сплав (Fe , $Fe S$, Ni)	Твердое, металлоподобное

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ.

Земля обладает магнитным полем, происхождение которого остается неясным.

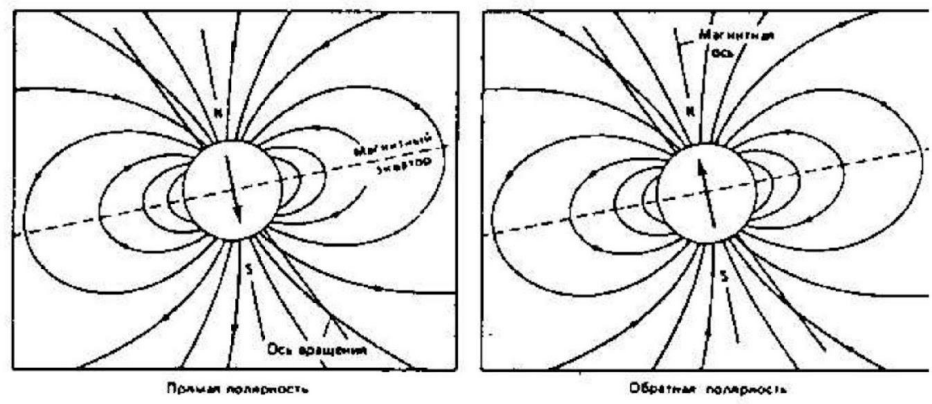
Магнитные полюса планеты не совпадают с полюсами вращения Земли.



МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ.

Поле играет существенную роль в функционировании всех оболочек Земли. Магнитное поле задерживает Солнечный ветер на некотором расстоянии от поверхности и тем самым оберегает жизнь от радиации.

Магнитное поле оставляет след в остывающих лавах, что используется для различных реконструкций. Наличие противоположно намагниченных горных пород является следствием смены полярности полюсов, которое происходит одновременно по всей поверхности Земли примерно через 10-50 тысяч лет.



Силовые линии дипольного магнитного поля Земли. Слева – нормальная полярность, справа – обратная.

Создана палеомагнитная шкала возраста.

ТЕПЛОВОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ.

Температура поверхностной части земной коры почти полностью зависит от солнечного излучения, но суточные и сезонные колебания температуры не проникают глубже первых десятков - сотен метров. На большей глубине основное значение приобретают **внутренние источники тепла**.

Процессы, генерирующие тепло в недрах планеты:

1) процесс гравитационной (плотностной) дифференциации, благодаря которому Земля оказалась разделенной на несколько оболочек.

2) Распад радиоактивных элементов.

3) Приливное взаимодействие Земли и Луны.

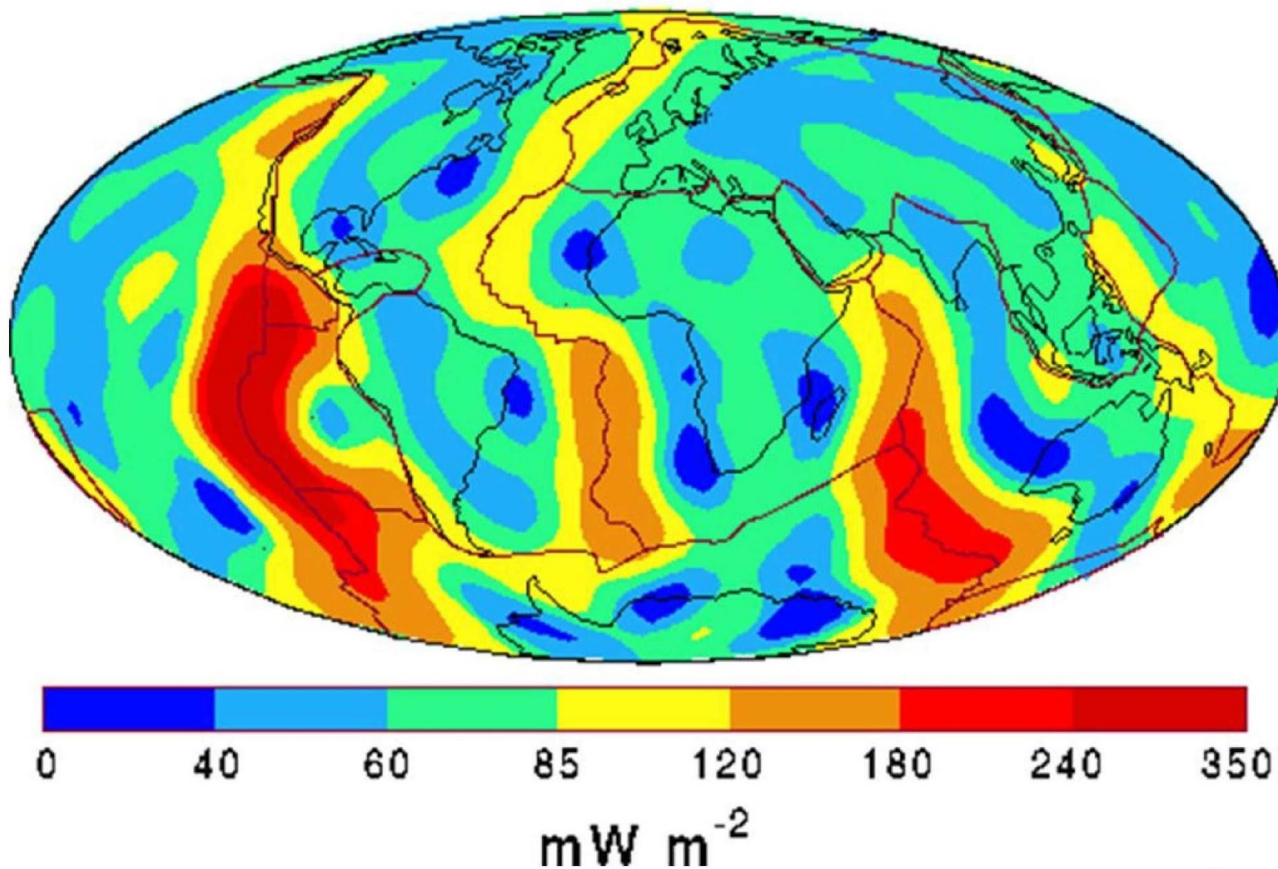
Значение остальных источников пренебрежительно мало.

Глубинное тепловое поле.

Уже не глубоко под земной поверхностью находится слой среднегодовых постоянных температур. Глубже температура начинает увеличиваться, однако скорость возрастания температуры с глубиной в разных местах земного шара неодинакова и растет пропорционально величине **геотермического градиента (измеряется в градусах на 100 м)**. **Геотермическая ступень** - величина, обратная геотермическому градиенту - глубина, при погружении на которую температура увеличивается на 1°C.

ТЕПЛОВОЕ ПОЛЕ ЗЕМЛИ.

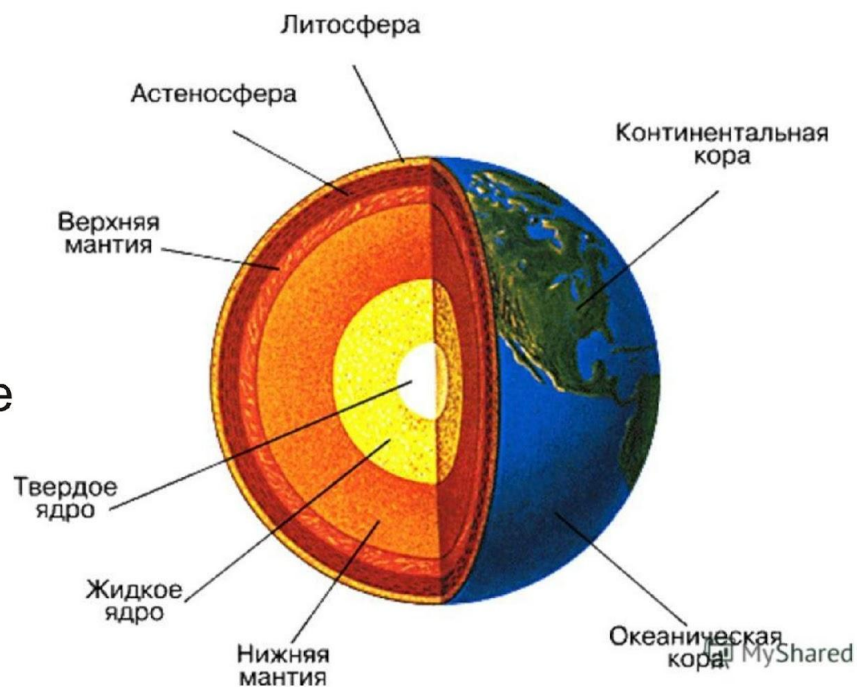
Тепловой поток Земли



Величина потока зависит от возраста и типа земной коры. Максимальный поток измерен в областях тектонической и магматической активности. Минимальный на древних платформах.

СТРОЕНИЕ И СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Средняя мощность **ЗЕМНОЙ КОРЫ** около 40 км и составляет 1/160 от радиуса Земли (ок. 6360 км). Земная кора вместе с частью верхней мантии до астеносферного слоя называется литосферой, а **литосфера, вместе с астеносферой образует тектоносферу,** верхнюю оболочку земного шара, ответственную за многие процессы, происходящие в земной коре.



СТРОЕНИЕ И СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Земная кора - два типа строения

Континентальная кора - три слоя: верхний — осадочный чехол и два нижних, сложенных кристаллическими породами (фундамент).

Мощность верхнего осадочного слоя меняется в широких пределах: от полного отсутствия на древних щитах до 10 -15 км на шельфах континентов и в краевых прогибах платформ. В областях древних щитов фундамент выходит на поверхность. Фундамент состоит из двух слоев (по сейсмическим данным). Скорость сейсмических волн в верхнем слое соответствует гранитам, поэтому верхний слой коры назвали гранитным или сиалическим, т.е. богатым кремнием и алюминием. Гранитный слой под горами толще, чем под низменностями.

Нижний слой соответствует базальту, поэтому его называют базальтовым или мафическим, т.е. богатым магнием и железом. Граница между гранитной и габбровой частями континентальной коры выражена нечетко, поэтому представление о двухслойной коре является слишком упрощенным (Кольская сверхглубокая скважина эту границу не встретила).



океанский (базальтовый) континентальный (гранито-гнейсовый)

СТРОЕНИЕ И СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

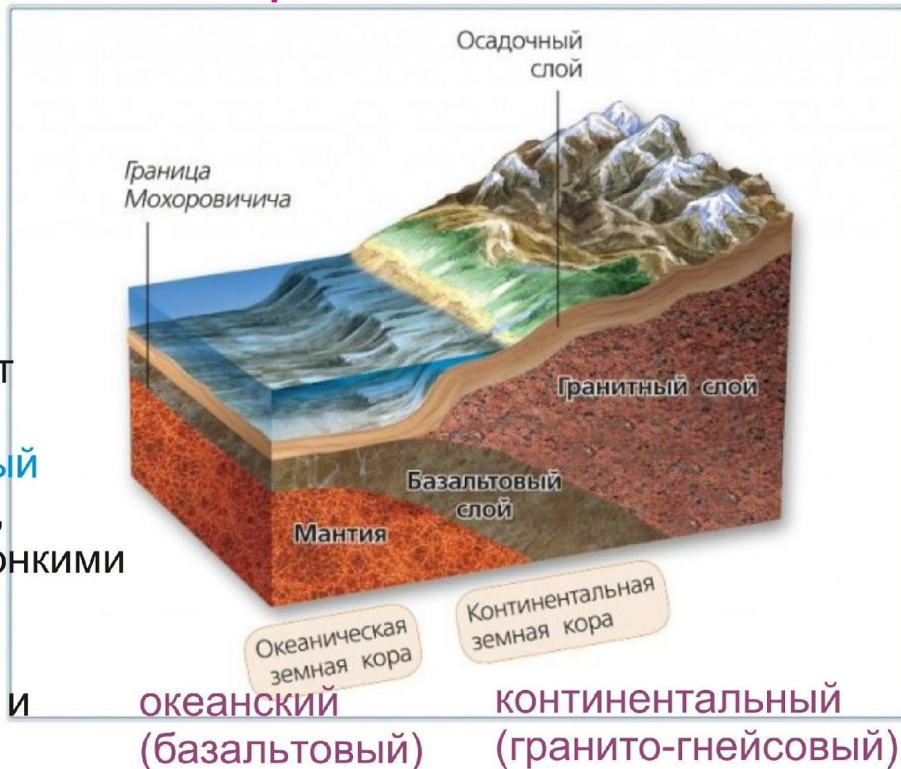
Земная кора - два типа строения

Океаническая кора - три слоя:

-низкоскоростной **слой глубоководных осадков**, толщиной в Тихом океане - 0,3-0,4 км, в Атлантическом океане - 0,6-0,7 км; у подножия материковых склонов (шельфов), особенно в крупных речных дельтах, она возрастает до 12 —15 км.

-**слой** со средней скоростью, **называемый фундаментом**, мощностью около 0,8 км, сложен потоками базальтовой лавы с тонкими прослоями уплотненных осадков.

-**базальный**, или **океанический слой** мощностью 4,1-5,8 км, имеет плотность и скорость базальта.



Океанический базальт образуется в **спрединговых срединно-океанических хребтах**, поэтому считается, что и океанический слой в целом имеет именно такое происхождение.

СТРОЕНИЕ И СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Земная кора - два типа строения

Океаническая кора отличается от континентальной по химическому составу.

Средний химический состав земной коры

Оксиды и диоксиды	Содержание в коре, %	
	континентальной	океанской
SiO ₂	61,9	49,4
TiO ₂	0,8	1,4
Al ₂ O ₃	15,6	16,0
Fe ₂ O ₃	2,6	2,3
FeO	3,9	7,6
MnO	0,1	0,2
MgO	3,1	8,0
CaO	5,7	11,4
Na ₂ O	3,1	2,7
K ₂ O	2,9	0,2

СТРОЕНИЕ И СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Понятие о кларке

Фрэнк Кларк американский геохимик в 1889 г. впервые вычислил средние содержания химических элементов в земной коре.

А.Е. Ферсман русский академик предложил называть «кларками» средние содержания химических элементов в какой-либо природной системе — в земной коре, в горной породе, в минерале.

Чем выше природный кларк химического элемента, тем больше минералов, в состав которых входит этот элемент.

Радиоактивные химические элементы (уран, торий и др.) со временем распадаются и превращаются в устойчивые элементы — свинец и гелий, возникающий из α -частиц в процессе распада). Это значит, что в минувшие геологические эпохи кларки урана и тория были, очевидно, значительно выше, а кларки свинца — ниже, чем сейчас.

Все про радиацию и радиоактивные элементы - в курсе радиогеология.

Выводы по лекции

Химический состав земной коры и Земли в целом, отличный от состава Вселенной, обязан своим происхождением позднему формированию Солнечной системы, влиянию Солнечного ветра на дифференциацию вещества в процессе формирования системы и дифференциации вещества Земли в процессе формирования ее разных оболочек.

В строении Земли выделяют несколько внешних и внутренних оболочек, различающихся по составу и физическому состоянию вещества и пронизанных различными физическими полями.

Для изучения и практического использования доступна только самая верхняя часть каменной наружной оболочки Земли или земной коры (литосферы). Важными факторами, воздействующими на эту часть земной коры, являются воздушная, водная и биосферная оболочки Земли, а также Солнечная энергия и внутреннее тепло Земли.

Вместе эти факторы определяют высокую неоднородность свойств вещества земной коры.

КОНЕЦ