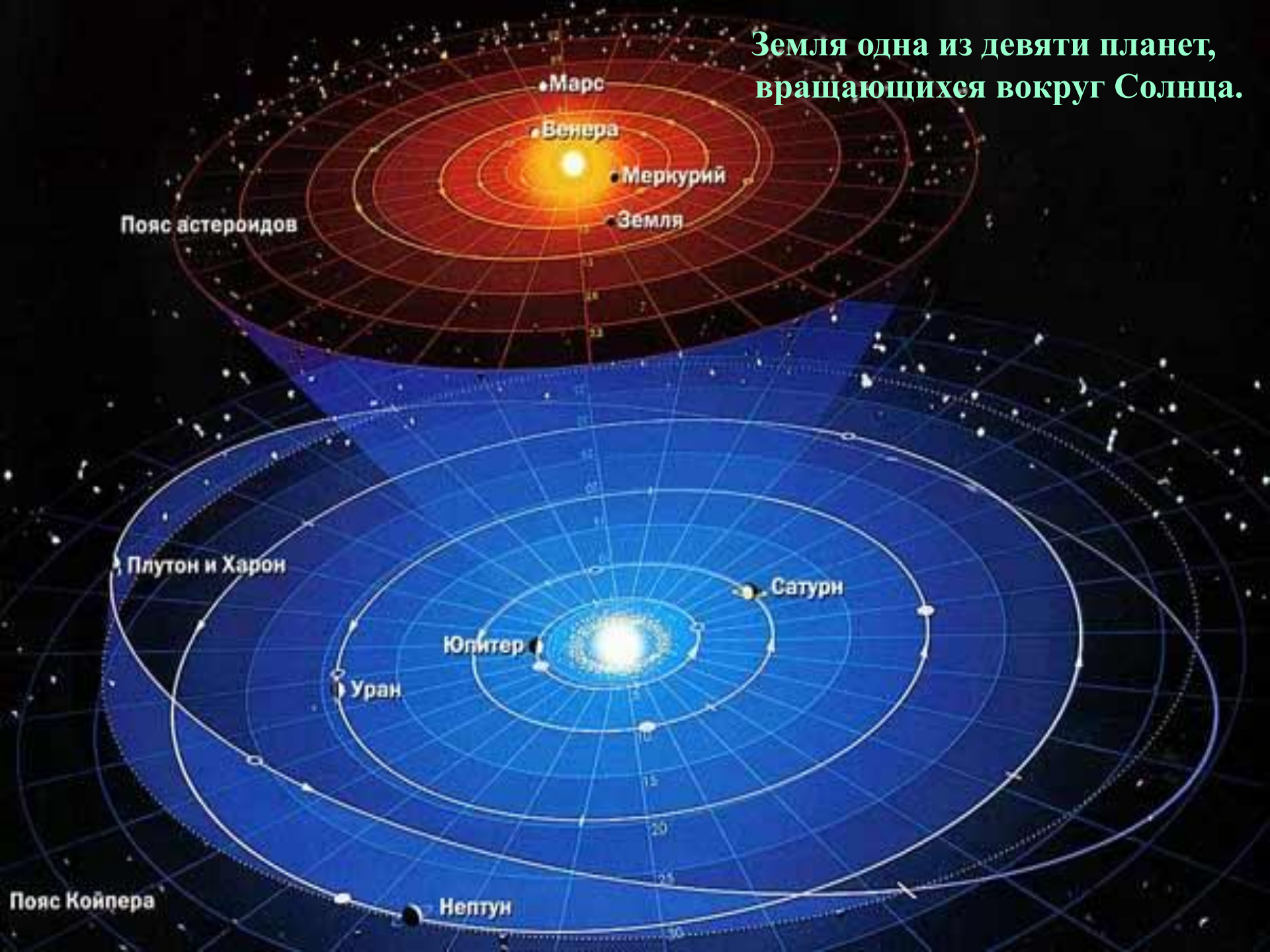
Основные данные о Земле и земной коре

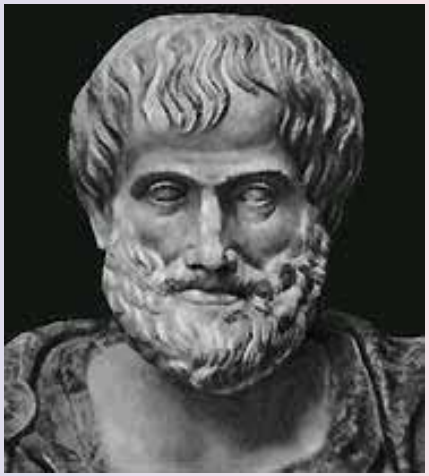
Земля одна из девяти планет, вращающихся вокруг Солнца.



На рисунке в просвете между облаками видны контуры Северо-Восточной Африки, Аравийского полуострова, Юго-Западной Азии, Средиземное, Красное, Черное, Каспийское, Аральское моря, Персидский залив

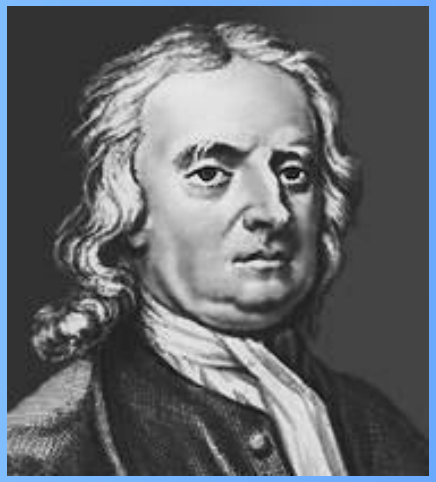
Первые представления о формах и размерах Земли появились еще в глубокой древности. Античные мыслители (Пифагор - V в. до н.э., Аристотель - III в. до н.э. и др.) высказывали мысль, что наша планета имеет шарообразную форму.

Пифагор (Pythagoras) Самосский (ок. 570 - 500 до н.э.)

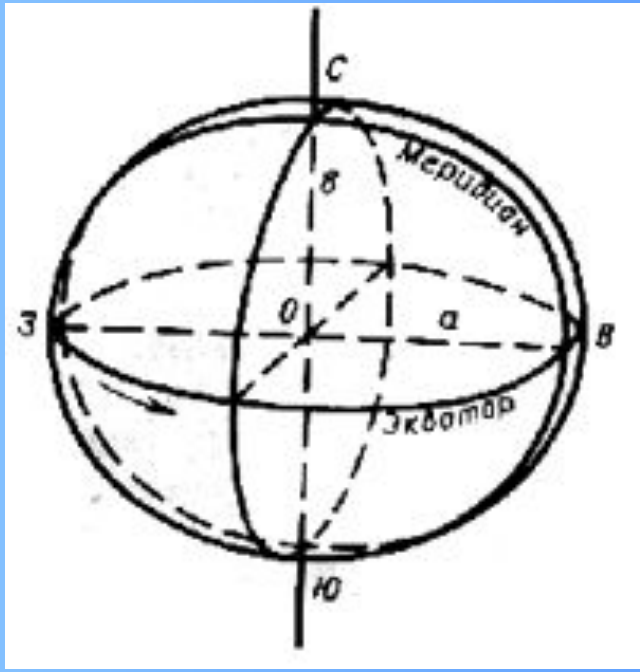


Аристотель (384-322 до н. э.),

Формирование Земли происходило под действием двух сил - силы взаимного притяжения частиц ее массы и центробежной силы, обусловленной вращением планеты вокруг своей оси. На рубеже XVII и XVIII вв. впервые Ньютон теоретически обосновал положение о том, что под воздействием силы тяжести Земля должна иметь сжатие в направлении оси вращения и, следовательно, ее форма представляет *эллипсоид вращения*, или *сфероид*.



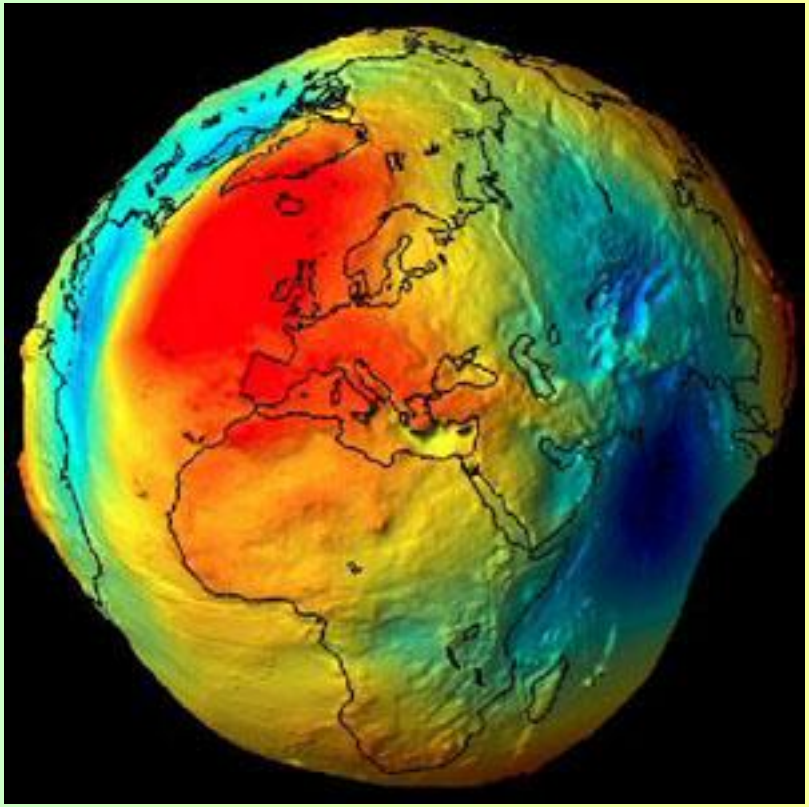
НЬЮТОН (Newton) Исаак (1643-1727)



Эллипсоид вращения

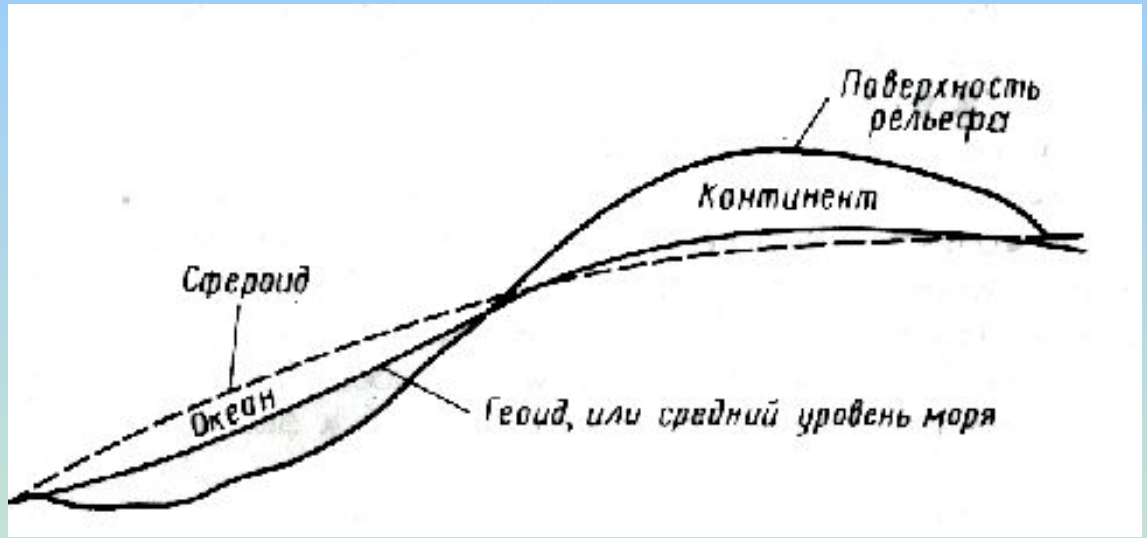
Разница полярного и экваториального радиусов составляет 21 км. Наибольший и наименьший радиусы по экватору отличаются на 210 м, т.е. Земля является не двухосным, а трехосным эллипсоидом. Кроме того, расчетами Т. Д. Жонгловича и С. И. Тропининой показана несимметричность Земли по отношению к экватору: южный полюс расположен ближе к экватору, чем северный.

В связи с наличием высоких гор и глубоких впадин действительная форма Земли является более сложной, чем трехосный эллипсоид. Наиболее высокая точка на Земле - гора Джомолунгма в Гималаях - достигает высоты 8848 м. Наибольшая глубина 11 034 м обнаружена в Марианской впадине. Таким образом, наибольшая амплитуда рельефа земной поверхности составляет немногим менее 20 км. Учитывая эти особенности, немецкий физик Листинг в 1873 г. фигуру Земли назвал *геоидом*, что дословно обозначает "землеподобный".



Геоид Земли
(изображение с сайта www.esa.int

Поверхности рельефа, сфероида и геоида



Геоид **- некоторая воображаемая уровенная поверхность, которая определяется тем, что направление силы тяжести к ней всюду перпендикулярно. Эта поверхность совпадает с уровнем воды в Мировом океане, который мысленно проводится под континентами. Это та поверхность, от которой производится отсчет высот рельефа. Поверхность геоида приближается к поверхности трехосного эллипсоида, отклоняясь от него местами на величину 100 - 150 м (повышаясь на материках и понижаясь на океанах), что, по-видимому, связано с плотностными неоднородностями масс в Земле и появляющимися из-за этого аномалиями силы тяжести.**

В России в настоящее время принимается *эллипсоид Ф. Н. Красовского* и его учеников (А. А. Изотова и др.), основные параметры которого подтверждаются современными исследованиями и с орбитальных станций.

По данным исследований:

- экваториальный радиус Земли равен 6378,245 км,
- полярный радиус - 6356,863 км,
- полярное сжатие- 1/298,25.
- Объем Земли составляет 1,083 • 1012 км^3,
- масса - 6 • 1027 г.
- Ускорение силы тяжести:

на полюсе 983 см/с^2,

на экваторе 978 см/с^2

- Площадь поверхности Земли около 510 млн. км^2,

из которых:

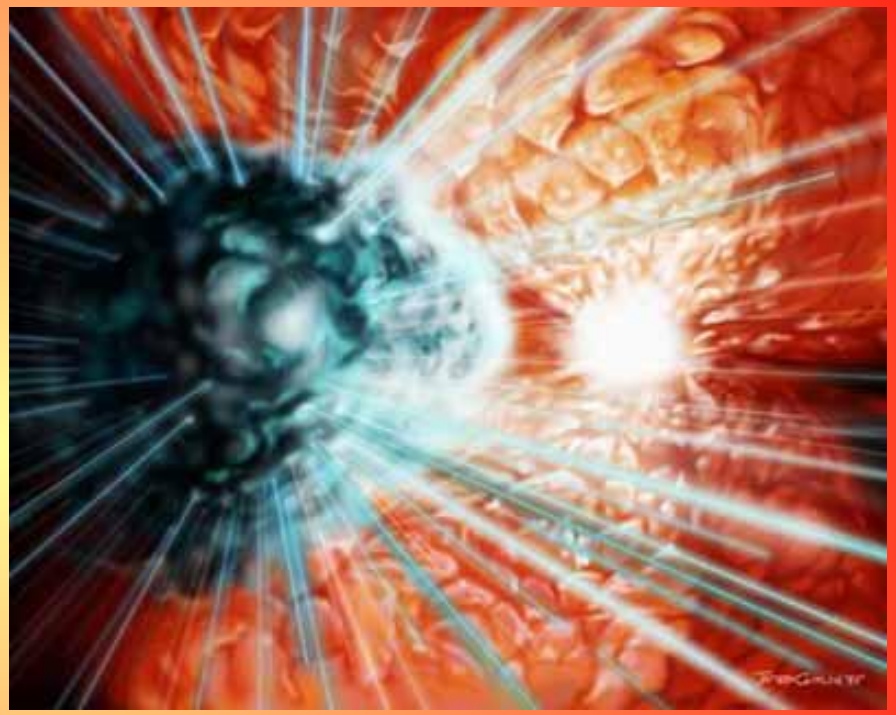
- 70,8% представляет Мировой океан
- 29,2% - суша.

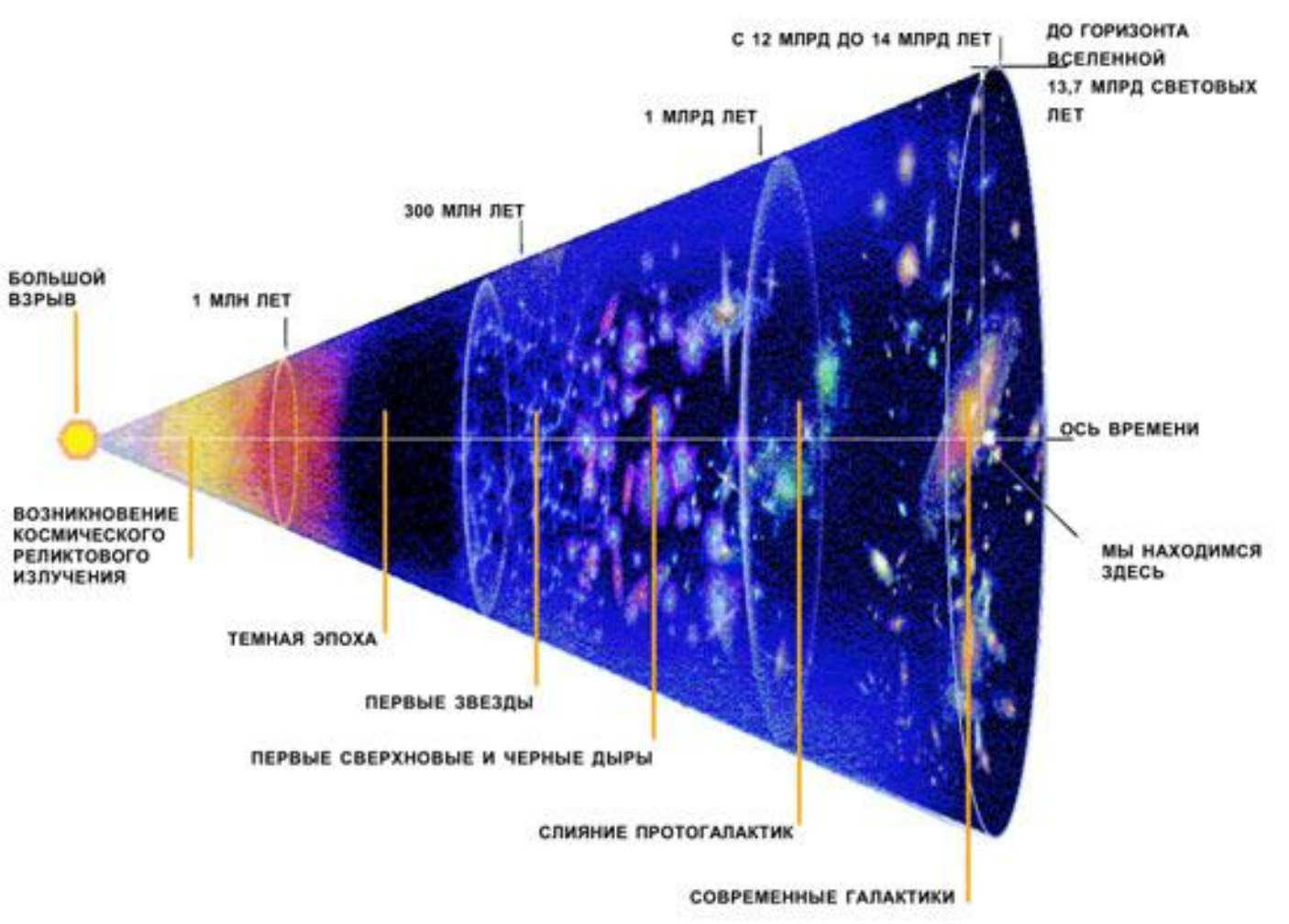
В распределении океанов и материков наблюдается определенная дисимметрия.

- В Северном полушарии это соотношение составляет 61 и 39%, в Южном - 81 и 19%

Происхождение Земли

Астрономы полагают, что наш мир возник в результате Большого Взрыва. Взорвавшись, гигантский огненный шар разметал по пространству материю и энергию, которые впоследствии сгустились, образовав миллиарды звезд, а те, в свою очередь, объединились в многочисленные галактики.





Концепция большого взрыва появилась с открытием в 1920-е годы закона Хаббла. Этот закон описывает простой формулой результаты наблюдений, согласно которым видимая Вселенная расширяется и галактики удаляются друг от друга

Никто точно не знает, как именно образовалась Солнечная система. Основная теория гласит, что Солнце и планеты сформировались из завихряющегося облака космического газа и пыли. Более плотные части этого облака с помощью гравитационных сил притягивали к себе извне все большее количество вещества. В итоге из него возникли Солнце и все его планеты

В XVIII в. в результате успехов ньютоновской механики установилось представление о Вселенной как о неизменной системе космических тел, управляемой точными законами природы. Первые попытки рассмотреть эволюцию космических тел были сделаны Бюффоном (1749 г) и Кантом (1755 г.). Кант высказал предположение, что Солнечная система образовалась из облака газа и пыли. В центре облака возникло Солнце, в периферийных частях - планеты.

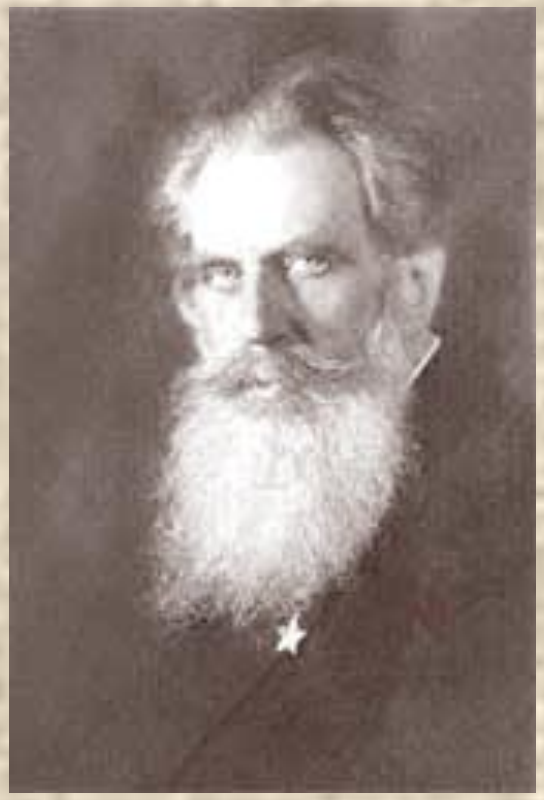
Кант (Kant) Иммануил (22.4.1724 — 12.2.1804),

В 1796 г. П. Лаплас в популярной форме высказал идею о том, что в процессе образования планет может играть большую роль вращение туманности. Гипотеза Лапласа была одной из первых небулярных гипотез, объясняющей возникновение нашей планетной системы результатом длительного постоянного сгущения первичной туманности, когда-то окружавшей Солнце, под действием гравитационных сил последнего. Согласно гипотезе П. Лапласа, с самого начала образования Солнце вращалось с всё возрастающей скоростью, в результате чего от облака (Протосолнца) должна была отделиться серия колец, из которых сформировались планеты и их спутники.

Лаплас (Laplace) Пьер Симон (1749-1827).

Гипотеза Канта-Лапласса признавалась более 100 лет . Согласно ей Солнечная система образовалась из раскаленной, газоподобной туманности, вращавшийся вокруг оси, а Земля в начале была в жидком состоянии, а потом стала твердым телом.

В 40-х годах XX века О.Ю. Шмидт выдвинул новую гипотезу происхождения Солнечной системы и Земли, согласно которой Солнце захватило одно из главных скоплений Галактики, поэтому планеты образовались из холодных, твердых, пылевидных частиц, вращающихся вокруг Солнца. Со временем возникла уплотнение сгустков материи давшее начало планетам. По Шмидту Земля была холодной. Разогрев недр начался с момента распада радиоактивных веществ и выделении тепла.



Шмидт Отто Юльевич
(1891-1956)

Внутреннее строение Земли

Изучение внутреннего строения Земли производится различными методами

Геологические методы, основанные на изучении естественных обнажений горных пород, разрезов шахт и рудников, кернов глубоких буровых скважин, дают возможность судить о строении приповерхностной части земной коры.

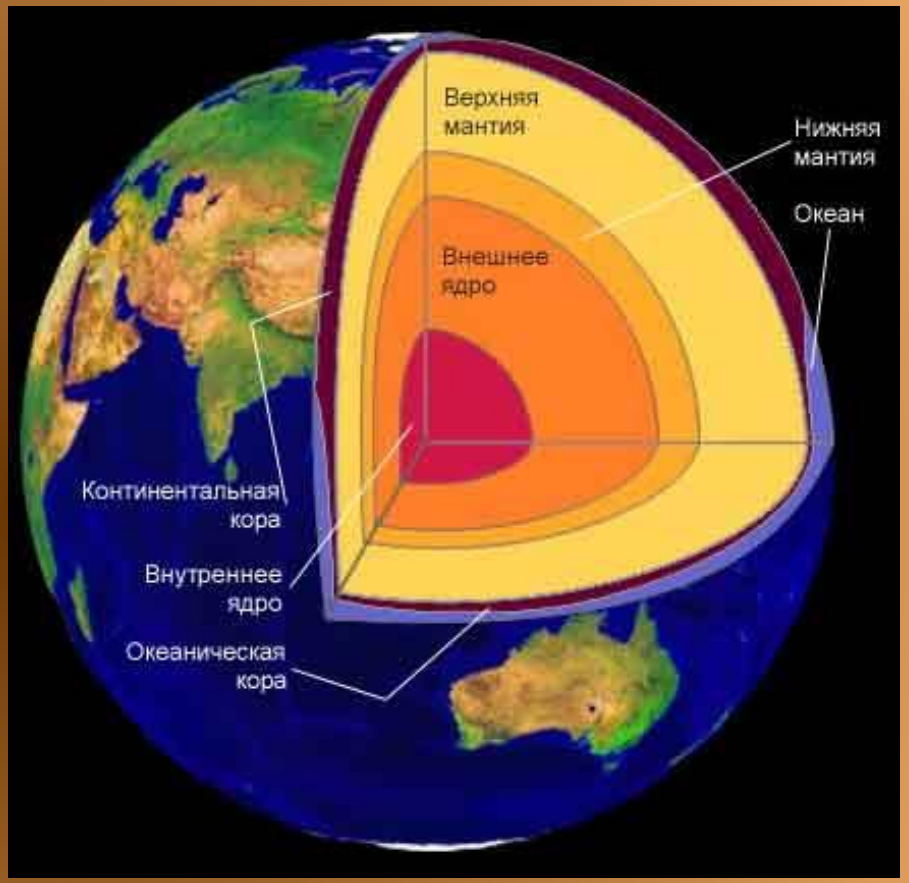
Глубина известных пробуренных скважин достигает 7,5-9,5 км, и только одна в мире опытная скважина, заложенная на Кольском полуострове, уже достигла глубины более 12 км при проектной глубине до 15 км. В вулканических областях по продуктам извержения вулканов можно судить о составе вещества на глубинах 50-100 км.

В целом же глубинное внутреннее строение Земли изучается главным образом геофизическими методами: сейсмическим, гравиметрическим, магнитометрическим и др.

Одним из важнейших методов является *сейсмический* (греч. <сейсмос> - трясение) *метод*, основанный на изучении естественных землетрясений и «искусственных землетрясений», вызываемых взрывами или ударными вибрационными воздействиями на земную кору.

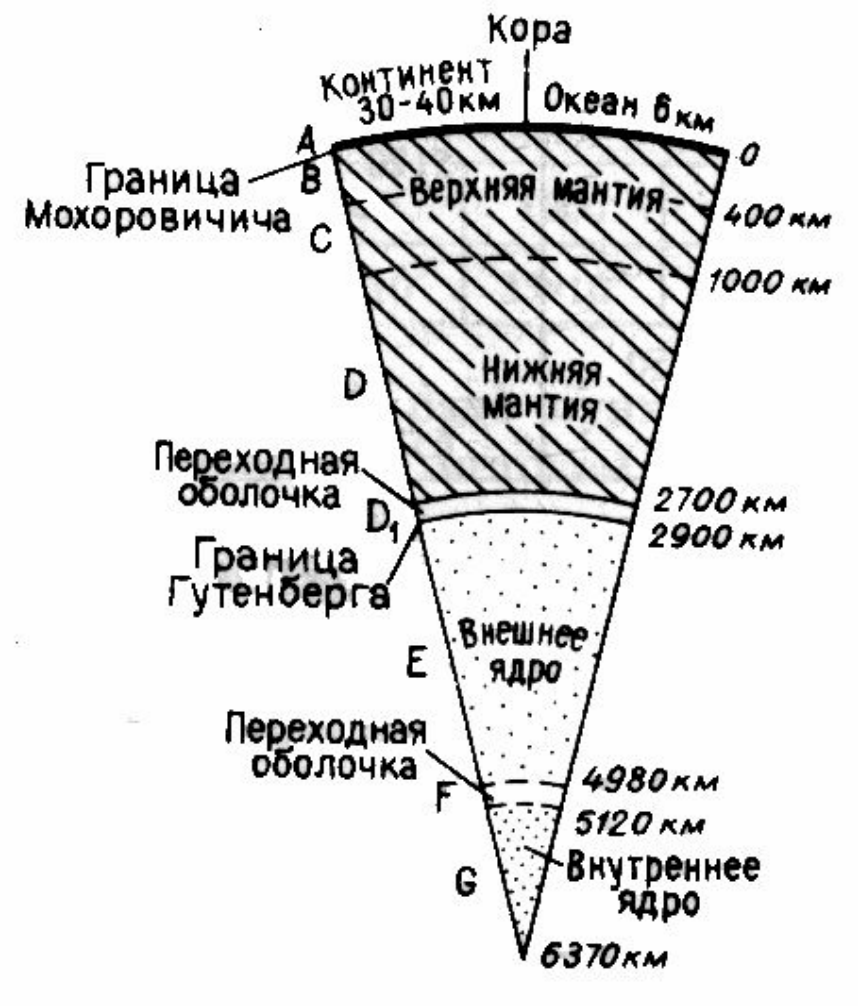
Земля, имея форму *геоида* - эквипотенциальной поверхности, сила тяжести к которой повсеместно направлена перпендикулярно, обладает неоднородностью физических свойств и дифференцированностью состава сферических оболочек: *земной коры*, *мантии*, *внешнего* и *внутреннего ядра*

*Земная кора и верхняя часть верхней мантии, образующие твердую **литосферу**, подстилаются пластичной **астеносферой**, играющей важную роль в глубинных геологических процессах. Химический состав Земли близок к среднему химическому составу метеоритов, а состав сферических оболочек резко неоднороден и изменяется с глубиной.*



Выделяют три главные области Земли:

1. ***Земная кора*** **(слой А) -верхняя оболочка Земли, мощность которой изменяется от 6-7 км под глубокими частями океанов до 35-40 км под равнинными платформенными территориями континентов, до 50-70(75) км под горными сооружениями (наибольшие под Гималаями и Андами).**
2. ***Мантия Земли*****, распространяющаяся до глубин 2900 км. В ее пределах по сейсмическим данным выделяются: верхняя мантия - слой В глубиной до 400 км и С - до 800-1000 км (некоторые исследователи слой С называют средней мантией); нижняя мантия - слой D до глубины 2700 с переходным слоем D1 - от 2700 до *2900* км.**
3. ***Ядро Земли*****, подразделяемое: на внешнее ядро - слой Е в пределах глубин 2900-4980 км; переходную оболочку - слой F - от 4980 до 5120 км и внутреннее ядро - слой G до 6971 км.**



- **Земная кора отделяется от слоя В верхней мантии достаточно резкой граничной скоростью. В 1909 г. югославский сейсмолог А. Мохоровичич при изучении балканских землетрясений впервые установил наличие этого раздела, носящего теперь его имя и принятого за нижнюю границу земной коры. Часто эту границу сокращенно называют *границей Мохо* или М.**
- **Второй резкий раздел совпадает с переходом от нижней мантии к внешнему ядру, где наблюдается скачкообразное падение скорости продольных волн с 13,6 до 8,1 км/с, а поперечные волны гасятся. Внезапное резкое уменьшение скорости продольных волн и исчезновение поперечных волн во внешнем ядре свидетельствуют о необычайном состоянии вещества, отличающемся от твердой мантии. Эта граница названа именем *Б. Гутенберга*.**
- **Третий раздел совпадает с основанием слоя F и внутренним ядром Земли (*слой G*).**

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Средняя плотность Земли составляет 5,52 г/см^3.

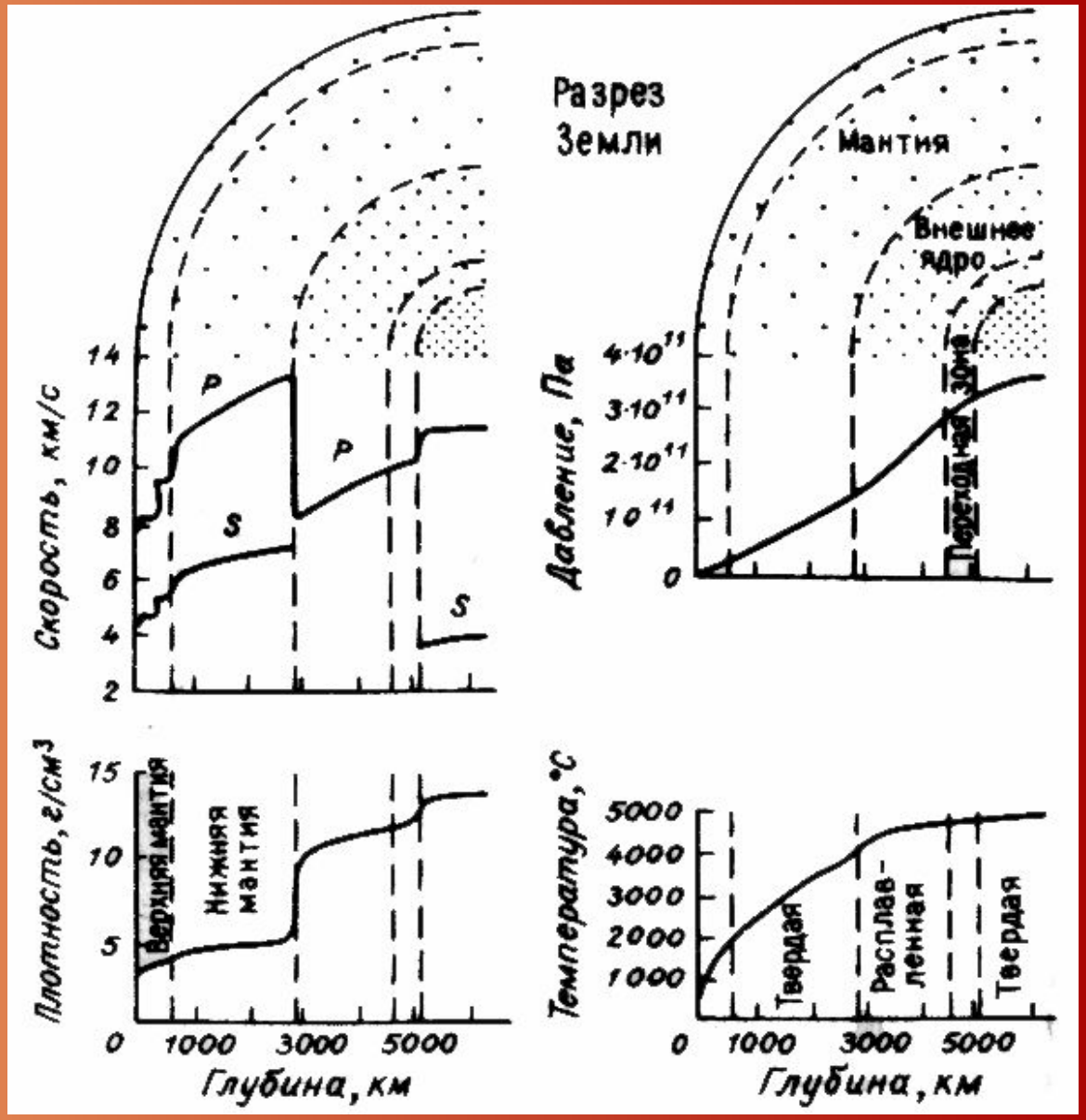
В осадочных породах плотность - около 2,4-2,5 г/см^3 ,

в гранитах и большинстве метаморфических пород - 2,7-2,8 г/см^3 ,

в основных магматических породах - 2,9-3,0 г/см^3. Средняя плотность земной коры принимается около 2,8 г/см^3 .

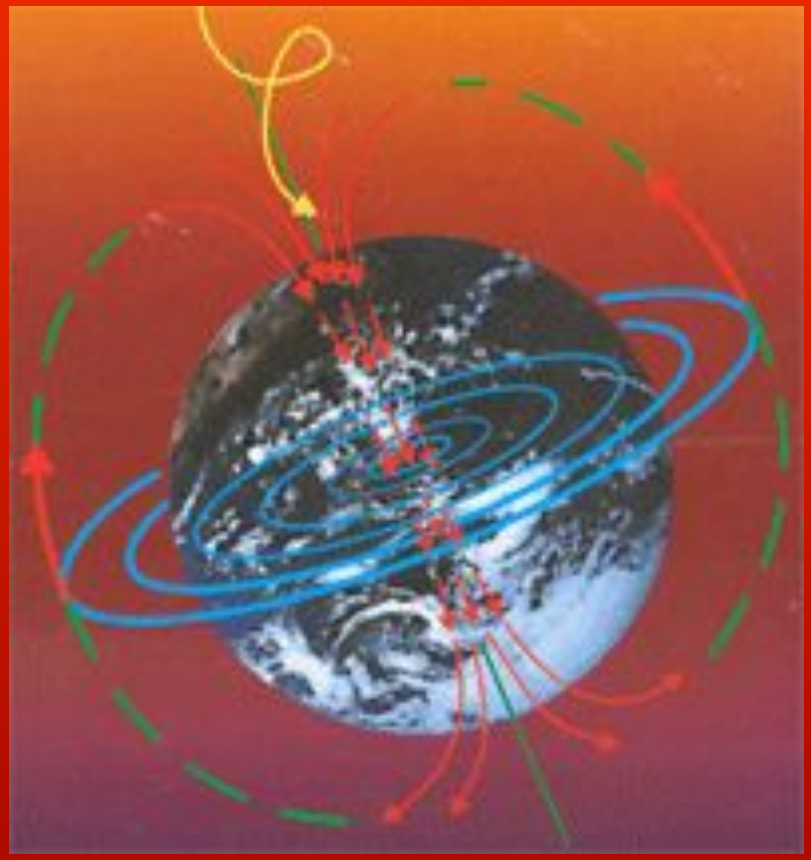
Сопоставление средней плотности земной коры с плотностью Земли указывает на то, что во внутренних оболочках - мантии и ядре плотность должна быть значительно выше.

Сводные кривые изменения скорости сейсмических волн, плотности, давления и температуры в оболочках Земли (по Б. Болту)

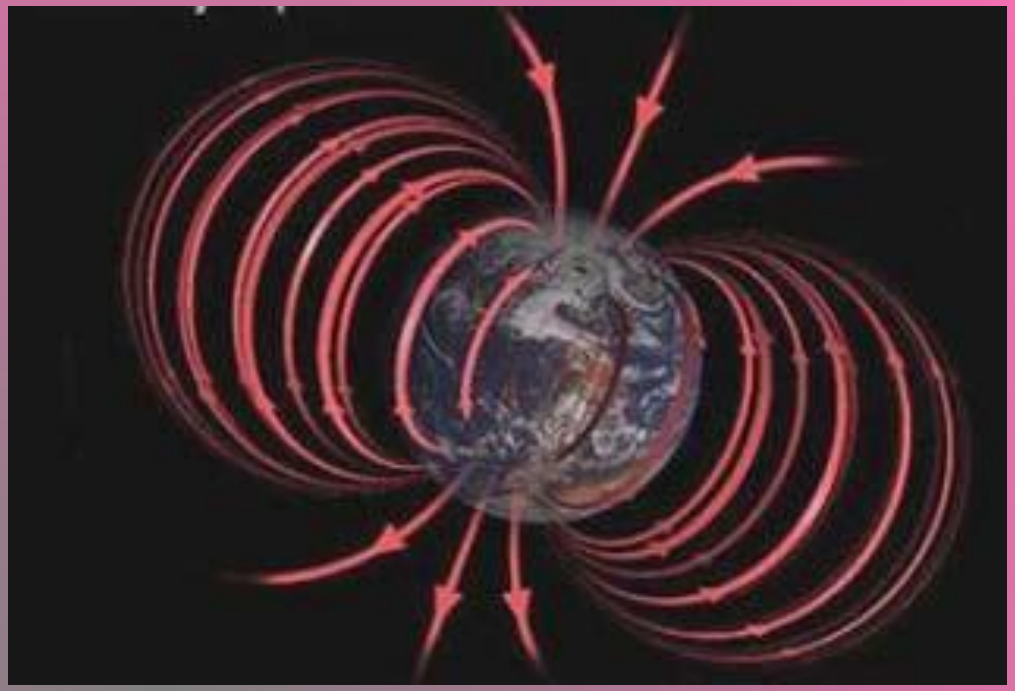


Магнетизм

- Земля действует как гигантский магнит с силовым полем вокруг.
- Магнитные полюсы Земли не совпадают с географическими, т.е. истинными - северным и южным. Между магнитным и географическим полюсами образуется некоторый угол (около 11,5^{o}), называемый *магнитным склонением*. Различают также *магнитное наклонение*, определяемое как угол между магнитными силовыми линиями и горизонтальной плоскостью.



Линии магнитного поля Земли рисунок с сайта purdue edu



Происхождение постоянного магнитного поля Земли связывают с действием сложной системы электрических токов, возникающих при вращении Земли и сопровождающих турбулентную конвекцию (перемещение) в жидком внешнем ядре. Таким образом, Земля работает как динамомашина, в которой механическая энергия этой конвекционной системы генерирует электрические токи и связанный с ними магнетизм.

Тепловой режим Земли

- определяется излучением Солнца и теплом, выделяемым внутриземными источниками.
- Ниже поверхности Земли влияние солнечного тепла резко снижается, в результате чего на небольшой глубине располагается *пояс постоянной температуры*, равной среднегодовой температуре данной местности. Глубина расположения пояса постоянных температур в различных районах колеблется от первых метров до 20-30 м.

Ниже пояса постоянных температур важное значение приобретает *внутренняя тепловая энергия Земли*. Давно установлено, что в шахтах, рудниках, буровых скважинах происходит постоянное увеличение температуры с глубиной, связанное с тепловым потоком из внутренних частей Земли.

- **Одним из источников внутренней тепловой энергии является *радиогенное тепло*, связанное с распадом радиоактивных долгоживущих элементов ^{238}U, ^{235}U, ^{232}Th, ^{40}K, ^{87}Rb**
- **Вторым источником тепловой энергии предполагается *гравитационная дифференциация вещества*, зарождающаяся после некоторого разогрева на уровне ядра и, возможно, в слое В верхней мантии.**
- **Дополнительным источником внутреннего тепла может быть *приливное трение*, возникающее при замедлении вращения Земли из-за приливного взаимодействия с Луной и в меньшей степени с Солнцем.**

Температура внутри Земли

Наиболее достоверные температурные данные относятся к самой верхней части земной коры, вскрываемой шахтами и буровыми скважинами до максимальных глубин- 12 км (Кольская скважина). Нарастание температуры в градусах Цельсия на единицу глубины называют *геотермическим градиентом*, а глубину в метрах, на протяжении которой температура увеличивается на 10° С - *геотермической ступенью.*

Геотермический градиент близ поверхности Земли оценивается в 20° С на 1 км, но средний геотермический градиент прослеживается лишь до некоторой относительно небольшой глубины от поверхности (20-30 км), а дальше он должен уменьшаться.

На глубине 400 км около 1600° С

Средний химический состав Земли

Для суждения о химическом составе Земли привлекаются данные о метеоритах.

По составу выделяют три типа метеоритов:

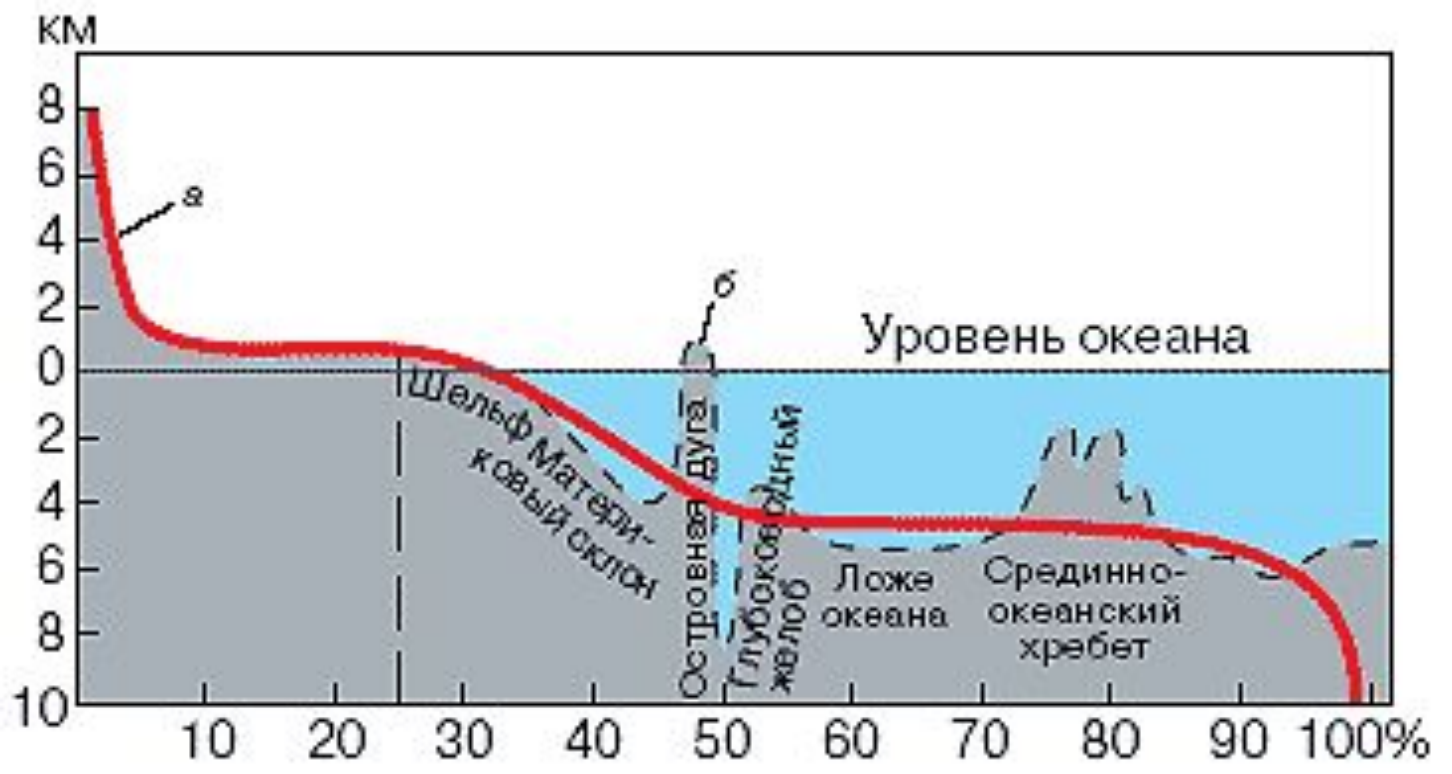
1. ***железные***, состоящие главным образом из никелистого железа (90-91% Fe), с небольшой примесью фосфора и кобальта;
2. ***железокаменные*** (сидеролиты), состоящие из железа и силикатных минералов;
3. ***каменные***, или ***аэролиты***, состоящие главным образом из железисто-магнезиальных силикатов и включений никелистого железа.

Средний химический состав Земли (Г.В. Войткевич, 1986)

Элементы	Массовое содержание элементов, %				
по А.Ферсману, 1932	по В. Рамамурти и Р. Холлу,	по Р. Ганапати и Э. Андерсу,	по Дж. Смитту, 1979	по Дж. Моргану, Э. Андерсу, 1980	по Г.В. Войткевич, 1966
O	28,50	30,75	28,50	31,30	30,13
Na	0,52	0,30	0,158	0,085	0,12
Mg	11,03	15,70	19,21	13,7	13,90
Al	1,22	1,29	1,77	1,83	1,41
Si	14,47	14,73	14,34	15,10	15,12
P	0,12	-	0,215	0,18	0,19
S	1,44	4,65	1,84	2,91	2,92
K	0,15	-	0,017	0,013	0,023
Ca	1,38	1,54	1,93	2,28	1,34
Ti	-	-	0,10	0,093	0,08
Cr	0,26	-	0,478	0,416	0,41
Mn	0,18	-	0,059	0,047	0,075
Fe	37,04	29,30	35,87	31,7	32,07
Ni	2,96	1,65	2,04	1,72	1,82

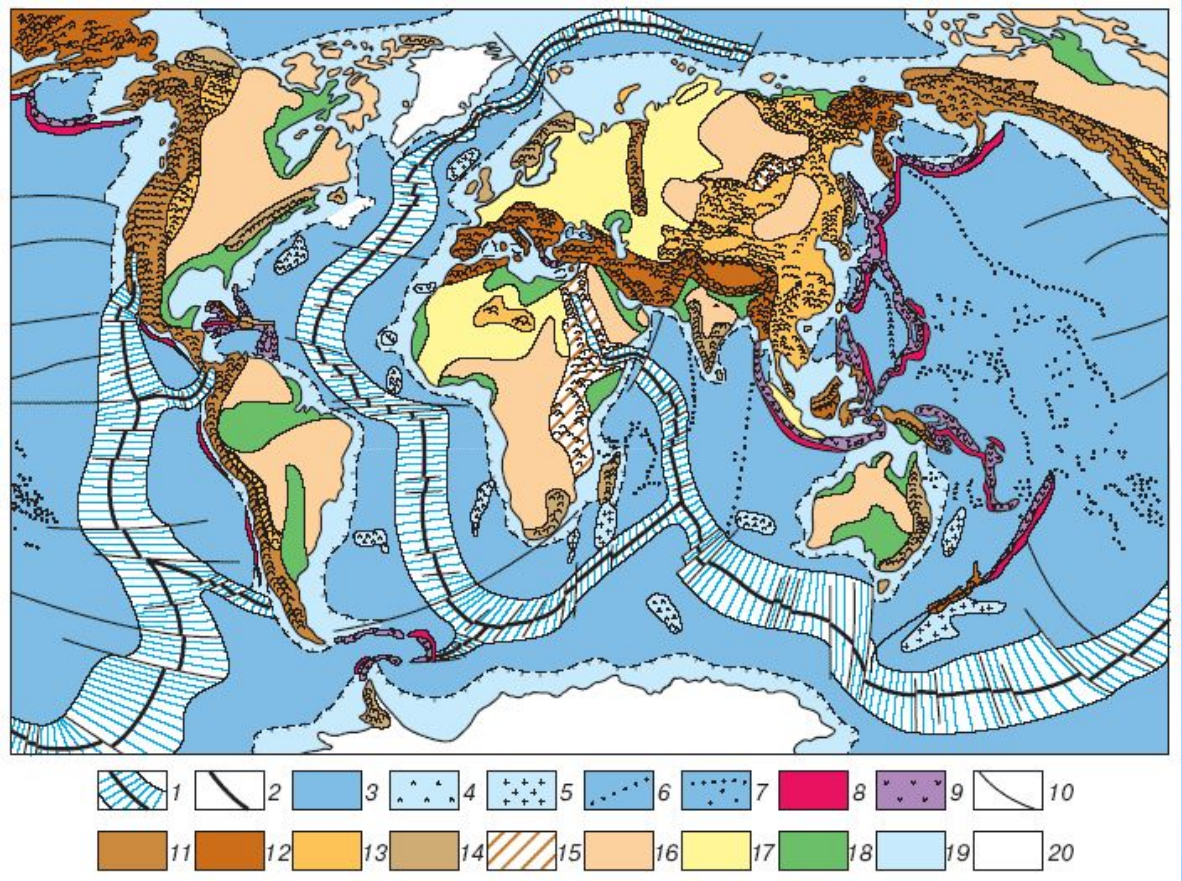
Типы земной коры

Основные формы земной поверхности



Кривая распределения высот и глубин (а) и обобщённый профиль дна океана (б)

Основные черты рельефа поверхности Земли

Океаны:
1 — срединно-океанские хребты,
2 — оси срединных хребтов,
3 — абиссальные равнины и глубоководные котловины окраинных и внутренних морей,
4 — крупные подводные поднятия ложа океана,
5 — крупные подводные поднятия ложа океана, подстилаемые континентальной корой (микроконтиненты),
6 — вулканические архипелаги,
7 — вулканические архипелаги, погруженные ниже уровня океана,
8 — глубоководные желоба,
9 — островные дуги,
10 — трансформные разломы

Континенты:
11 — 15 — горные хребты:
11 — возникшие над зонами субдукции,
12 — возникшие в зонах коллизии,
13 — внутриконтинентальные телеколлизионного происхождения,
14 — окраинно-континентальные,
15 — рифтовые;
16 — плоскогорья;
17 — денудационные равнины;
18 — низменности;
19 — шельф и эпиконтинентальные моря;
20 — покровы льда