



ОСНОВЫ ГЕОЛОГИИ

Преподаватель: Кембаев Максат
Кенжебекулы Доктор PhD, сениор-лектор
кафедры «Геологической съемки, поисков и
разведки месторождений полезных
ископаемых»

E-mail: k.maksat@mail.ru

ЛЕКЦИЯ 1 Вводная. Общие понятия о Земле и земной коре. Вещественный состав земной коры: минералы и горные породы

Содержание лекции

Предмет и объекты геологии. Методы исследования геологии, ее связь с другими науками. Науки геологического цикла. Значение геологии. Общие сведения о Земле. Земля в мировом пространстве. Гипотезы о происхождении Солнечной системы и Земли. Параметры и строение Земли. Геофизические поля и геохимия Земли. Вещественный состав земной коры: минералы и горные породы

Геология (греч. "гео" - земля, "логос" - учение) - одна из важнейших наук о Земле. Она занимается изучением состава, строения, истории развития Земли и процессов, протекающих в ее недрах и на поверхности.

Первые сведения о Земле в Средней Азии приведены в трудах Мухаммада, Ибн Мусо Хоразмий (в начале 9 века), Абу Али Ибн Сино (Авиценна 980-1037), Абу Райхон Аль Бери (973-1048), Мухаммад Насриддин (1201-1274). Первые сведения о минералах (более 100 минералов) приведены в их трудах. Позднее (1711-1765) М.В. Ломоносов в книге «О слоях земных» и других научных трудах приводит данные о формировании минералов, горных пород, о возникновении горных сооружений, о подземных водах и т.д.

Из зарубежных учёных на развитие геологии большое влияние оказали Д. Геттон (1726-1797), Ч. Ляйель (1797-1875) и ряд других исследователей (Э. Зюсс, Э. Ога).

После 18 века отдельные разделы геологии выделяются в самостоятельные геологические дисциплины.

Так, в развитии минералогии, петрографии и кристаллографии видную роль сыграли В.М. Севергин, А.П. Карпинский, Е.С. Фёдоров, Ф.Ю. Левинсон - Лессинг, А.Н. Заварицкий, Д.С. Белянкин, А.Е. Ферсман и др.

Развитие исторической геологии и динамической геологии тесно связано с именами В.А. Обручева, И.В. Мушкетова, А.П. Павлова, А.Д. Архангельского, И.М. Губкина, Д.В. Наливкина, Н.М. Страхова и др.

Объектом геологии служит литосфера - внешняя твёрдая оболочка планеты толщиной 50-250 км, состоящая из горных пород и слагающих их минералов. Менее доступны для исследований глубинные оболочки Земли - её мантия и ядро, изучаемые специальными методами.

Предметом изучения геологии является планета Земля и геодинамические процессы.



Фотография Земли, сделанная 6 июля 2015 года с борта космического аппарата Deep Space Climate Observatory.



Сопоставление размеров планет земной группы (слева направо):

Меркурий, Венера, Земля, Марс

При геологических исследованиях изучаются главным образом верхние горизонты земной коры непосредственно в естественных обнажениях (выходах на поверхность Земли горных пород) и в искусственных обнажениях – горных выработках (канавы, шурфы, карьеры, шахты, буровые скважины и др.). Для изучения глубинных частей земного шара применяются геофизические методы.

Практическое значение геологии – поиски и разведка месторождений полезных ископаемых.

Геология, с одной стороны, единая наука о Земле, с другой – это ряд (цикл) наук, взаимно переплетающихся и тесно связанных между собой, изучающих разные стороны и результаты процесса развития и становления Земли, но преследующих разные цели и пользующихся разными методами.

Среди отраслей геологии выделяют научные дисциплины, изучающие вещественный состав земной коры, ее строение, геологические процессы и их историческую последовательность, а также прикладные науки (табл. 1.1).

Таблица 1. Отрасли и номенклатура дисциплин геологического цикла

Вещественный состав земной коры	Динамическая геология	Органическая жизнь и история Земли	Прикладная геология
Геохимия Кристаллография	Геотектоника Геодинамика	Палеонтология Стратиграфия	Учение о полезных ископаемых
Минералогия Петрография	Структурная геология Вулканология	Историческая геология Палеогеография	Гидрогеология Инженерная геология
Петрология Литология	Сейсмология Геоморфология	Региональная геология Планетарная геология	Нефтепромыслов ая геология Горнопромышлен ная геология Экологическая геология

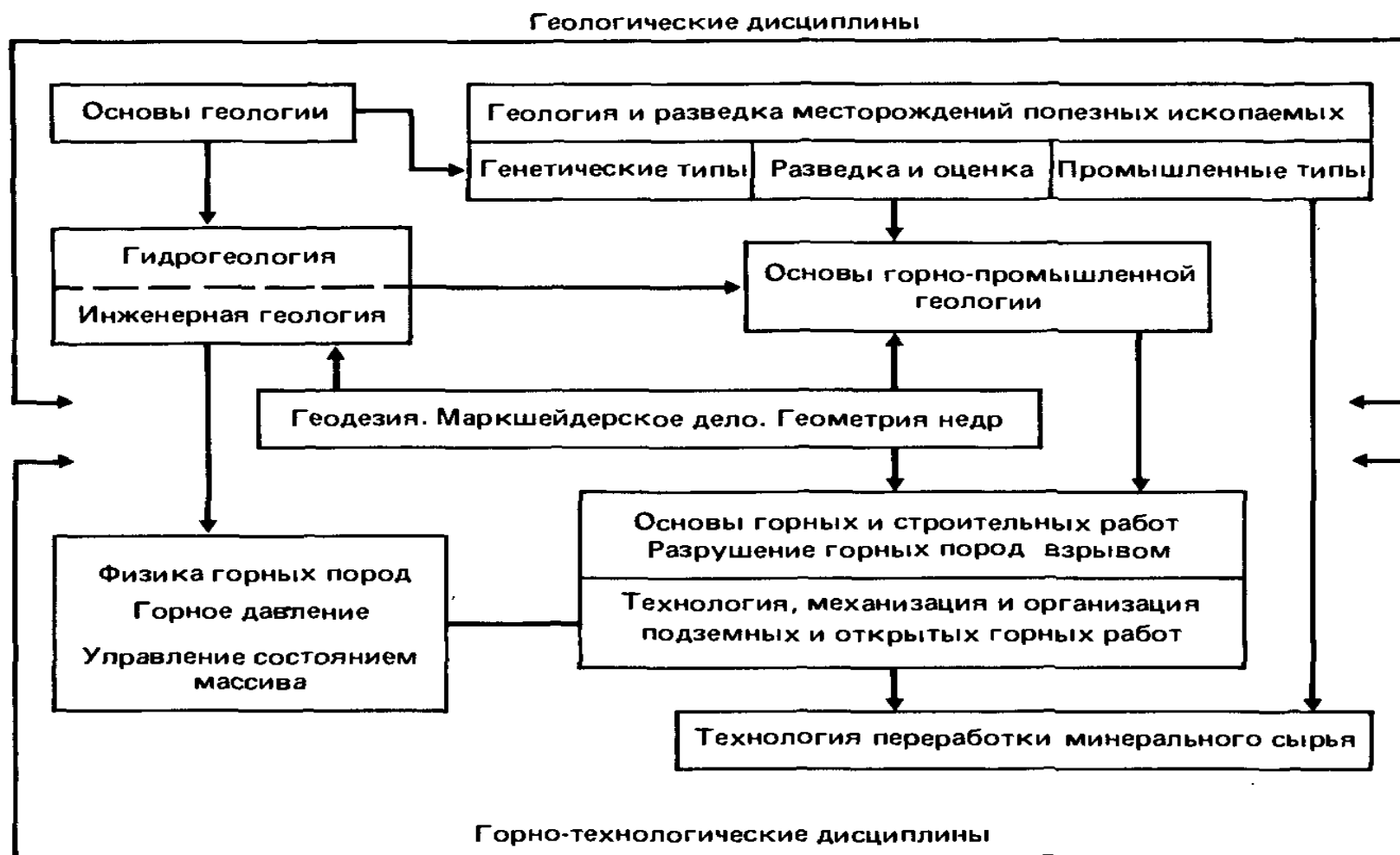


Рис. 1. Схема связи курса "Геология и разведка месторождений полезных ископаемых" с другими геологическими, а также горно-технологическими дисциплинами

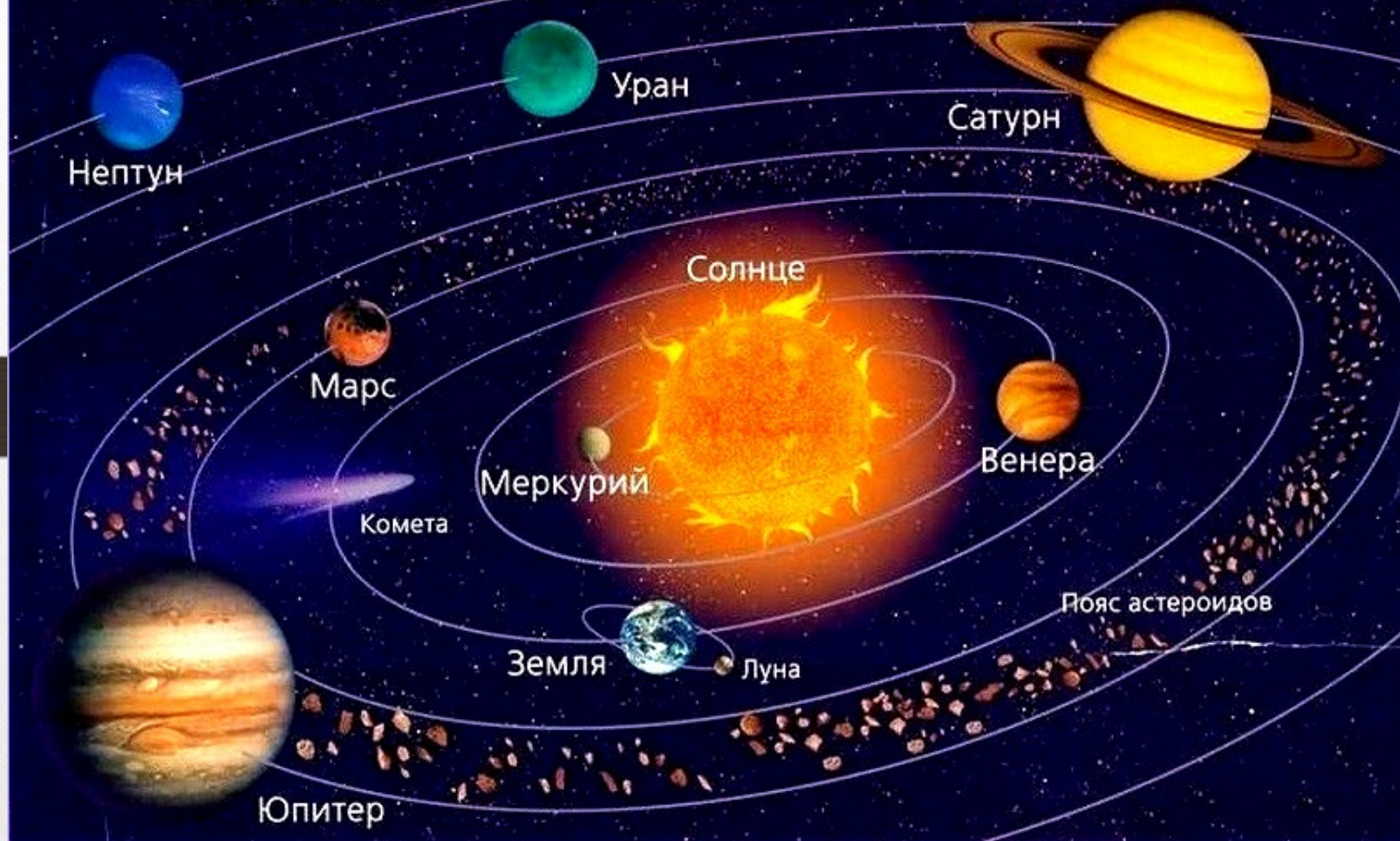
Вселенная. Вселенная (гр. космос) – пространство, простирающееся за пределами земной атмосферы, со всеми присутствующими в нем объектами, к которым относятся: космическая пыль, газ, звезды, планеты, астероиды, метеориты. С Земли мы наблюдаем лишь малую часть Вселенной – Метагалактику, состоящую из галактик.

Галактика звездная система, которая состоит из звезд, газовых и пылевых туманностей и звездного рассеянного вещества.

Наша **Солнечная система** расположена в Галактике - Млечном Пути. Она состоит из звезды – Солнца, 8 планет с их спутниками, пояса астероидов, который разделяет планеты на две группы: планеты земной или внутренней группы – Меркурий, Венера, Земля, Марс и планеты внешней группы – Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун. Планеты внутренней группы характеризуются малыми размерами и большой плотностью, планеты внешней группы характеризуются большими размерами и малой плотностью.

Солнце – огромный шар пылающей плазмы, в котором идут термоядерные реакции. Планеты вращаются вокруг Солнца и вокруг своей оси по своим орбитам. Планеты первой группы расположены ближе к Солнцу. Они имеют малую массу, большую плотность от 4 до 5,7 г/см³, планеты внешней группы отделяются от малых планет поясом астероидов. Они имеют большие размеры, низкую плотность от 0,6 до 2,1 г/см³.

СТРОЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ



Планеты земной группы



Меркурий



Венера



Земля

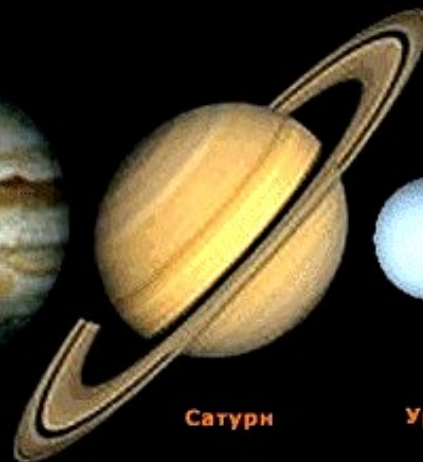


Марс

Планеты-гиганты (газовые гиганты)



Юпитер



Сатурн



Уран



Нептун

Астероиды – малые планеты, обращающиеся вокруг Солнца в основном между орбитами Марса и Юпитера. Открыто около 2000 астероидов, полагается, что их общее число составляет более 100 тыс. при общей массе около 0,001 массы Земли. Наиболее крупные из них: Церера (диаметр 767 км), Паллада (489 км), Веста (386 км), Юнона (190 км). Астероиды имеют железо-каменный состав и форму угловатых глыб.

Кометы – космические тела вытянутой формы, имеющие состав, близкий к составу атмосфер планет-гигантов. Они движутся по сильно вытянутым эллиптическим орбитам, проходя близко к Солнцу и удаляясь от него за пределы орбиты Плутона. Кометы – не горячие тела, их свет обусловлен солнечным излучением. Обнаружено около 1000 комет. При отклонении комет от орбиты возможны столкновения их с планетами с образованием воронок – кратеров. Полагается, что Тунгусский метеорит, упавший в июне 1908 г. в Сибири, был небольшой кометой (массой около 5 млн т), столкнувшийся с Землей. Комета Галлея относится к так называемым периодическим кометам. Период ее обращения около 76 лет. С 446 г. до н.э. до 1986 г. она появлялась на небе 30 раз.

Астероиды

The background image shows a deep space scene. A bright, multi-colored star (yellow, orange, and red) is visible on the left side. A comet with a long, dark tail is seen in the upper right. Several asteroids of different sizes and shapes are scattered throughout the scene. The title 'Астероиды' is written in a stylized, glowing font at the top.

Астероиды – это не звезды. Как и планеты они не испускают собственного света и обращаются вокруг Солнца. Поэтому их называют малыми планетами.

Происхождение астероидов еще не выяснено. Предполагают, что это остатки вещества, из которого когда-то образовались планеты Солнечной системы.

ХВОСТ



ядро

кома

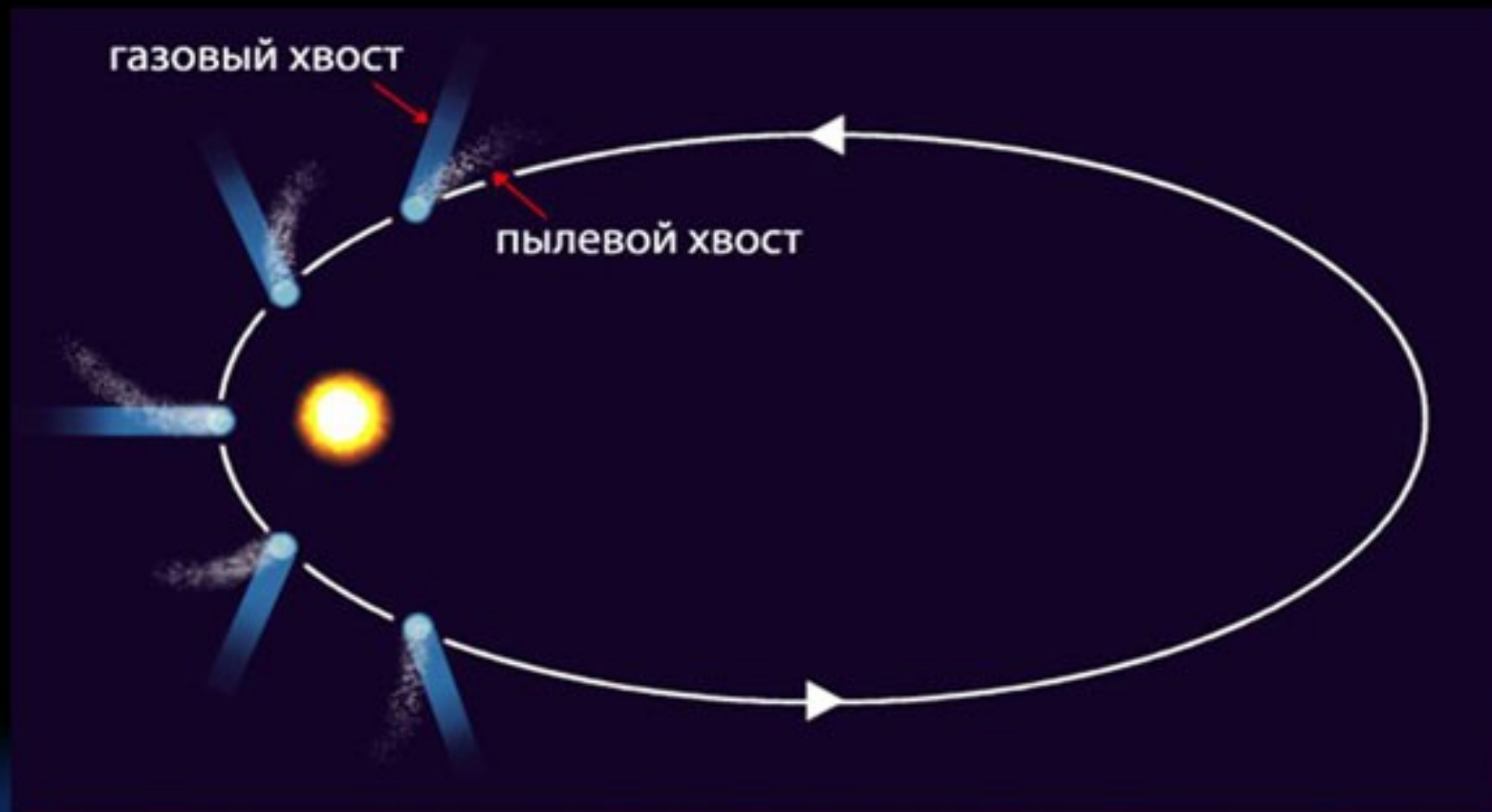
Что у кометы внутри?

Вдали от Солнца комета почти ничем не отличается от обычного астероида – она выглядит просто огромным снежком из замерзшего льда, космической пыли и кусочков различных горных пород (например железа). Надо сказать, что лед из которого состоят кометы не совсем наш, земной лед – ее лед – это замерзшая смесь из разных газов, (метана, аммиака, углекислого газа) и некоторого количества воды. Этот снежок – ядро кометы.

Затем, по мере приближения к Солнцу газ начинает испаряться и у кометы появляется как-бы газовое одеяло. Астрономы называют его кома.

И только подлетев к Солнцу еще ближе комета обзаводится своим замечательным хвостом.





Кометы движутся по вытянутым эллиптическим орбитам. Обратите внимание на два различных хвоста.

Хвосты небесных странниц комет различаются длиной и формой. У некоторых комет они тянутся через всё небо. Например, хвост кометы, появившейся в 1944 г, был длиной 20 млн км. А комета C/1680 V1 имела хвост, протянувшийся на 240 млн км.

В зависимости от химического состава метеориты подразделяются на каменные (85%), железные (10%) и железокаменные метеориты (5%)



Каменный метеорит
Основа – Si, O,
гораздо меньше:
Mg, Fe, Ni, C и даже
аминокислоты



Железный метеорит
До 91% Fe, 8,5% Ni
и другие
химэлементы



Железосаменный
метеорит

Метеориты – минеральные агрегаты космического происхождения, залетающие из Мирового пространства в атмосферу Земли. Мелкие метеоры сгорают в атмосфере, наиболее крупные достигают поверхности, образуя при ударе взрывные воронки в форме кратера. Самым крупным считается кратер Метеор (штат Аризона, США) диаметром 1,6 км и глубиной 150 м. Общее число наблюдавшихся падений метеоров, по данным Ф.Стейси, более 700. По составу метеориты делят на железные (сидериты), каменные (эвкриты) и железо-каменные (хондриты). Сидериты на 95% состоят из железа и содержат примеси никеля и кобальта; по составу, видимо, они соответствуют ядру Земли. Эвкриты состоят из силикатов с примесью никелистого железа и близки по составу к некоторым породам земной коры. Хондриты, наиболее распространенные (93 % из всех находок), приближаются к составу Земли в целом.

Множество метеоритов обнаружено и на территории Казахстана. Так, в статье «Метеориты» в 3-ем томе «Сибирской Советской энциклопедии», изданной в 1932 году в Новосибирске, приводятся сведения о 5-ти метеоритах, найденных на территории Казахстана.

Гипотезы о происхождении Солнечной системы.

По современной гипотезе Вселенная сформировалась 10-18 млрд. лет назад. Вселенная в 2 раза старше Солнца. Возможная причина образования Вселенной – гигантский взрыв вещества и образование облачных скоплений водорода (H) и гелия (He). Дальнейшее сжатие скоплений привело к повышению температуры во внутренних частях «облаков» до миллионов градусов, т.е. к образованию звезд. В течение 18 млрд. лет происходил распад и образование звезд.

Примерно 4,6 млрд. лет назад в одной из галактик Вселенной, удаленной от других галактик на десятки миллионов световых лет – в Галактике Млечного пути образовалась Земля.

По *гипотезе Канта* Вселенная состояла из первобытного хаоса, частицы которого были твердыми и неподвижными. На основе Закона всемирного тяготения, хаос приобрел движение и мелкие частицы соединились в небесные тела: Солнце, планеты и их спутники. Солнечная система – раскаленная и постепенно остывающая масса.

Гипотеза Лапласа (1795 г.): Солнечная система возникла из огромной туманности, состоящей не из твердых частиц, а из раскаленного космического газа. Туманность обладала движением. Сжатие привело к увеличению скорости и отделению колец, которые в дальнейшем образовали сгустки планет.

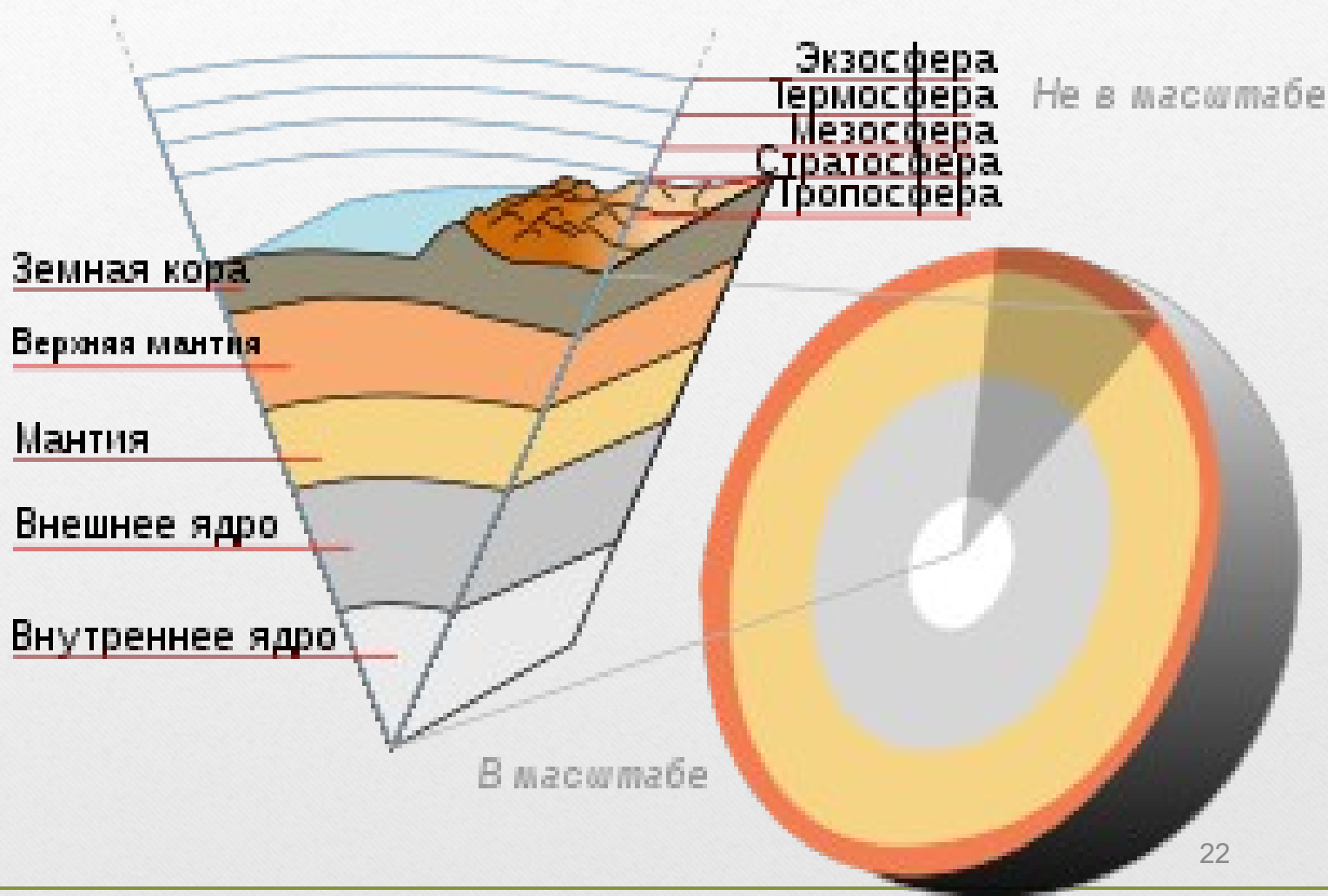
Гипотеза Джинса – В результате прохождения вблизи Солнца другой звезды, из Солнца была вырвана длинная сигарообразная струя магмы. Она послужила материалом для образования планет.

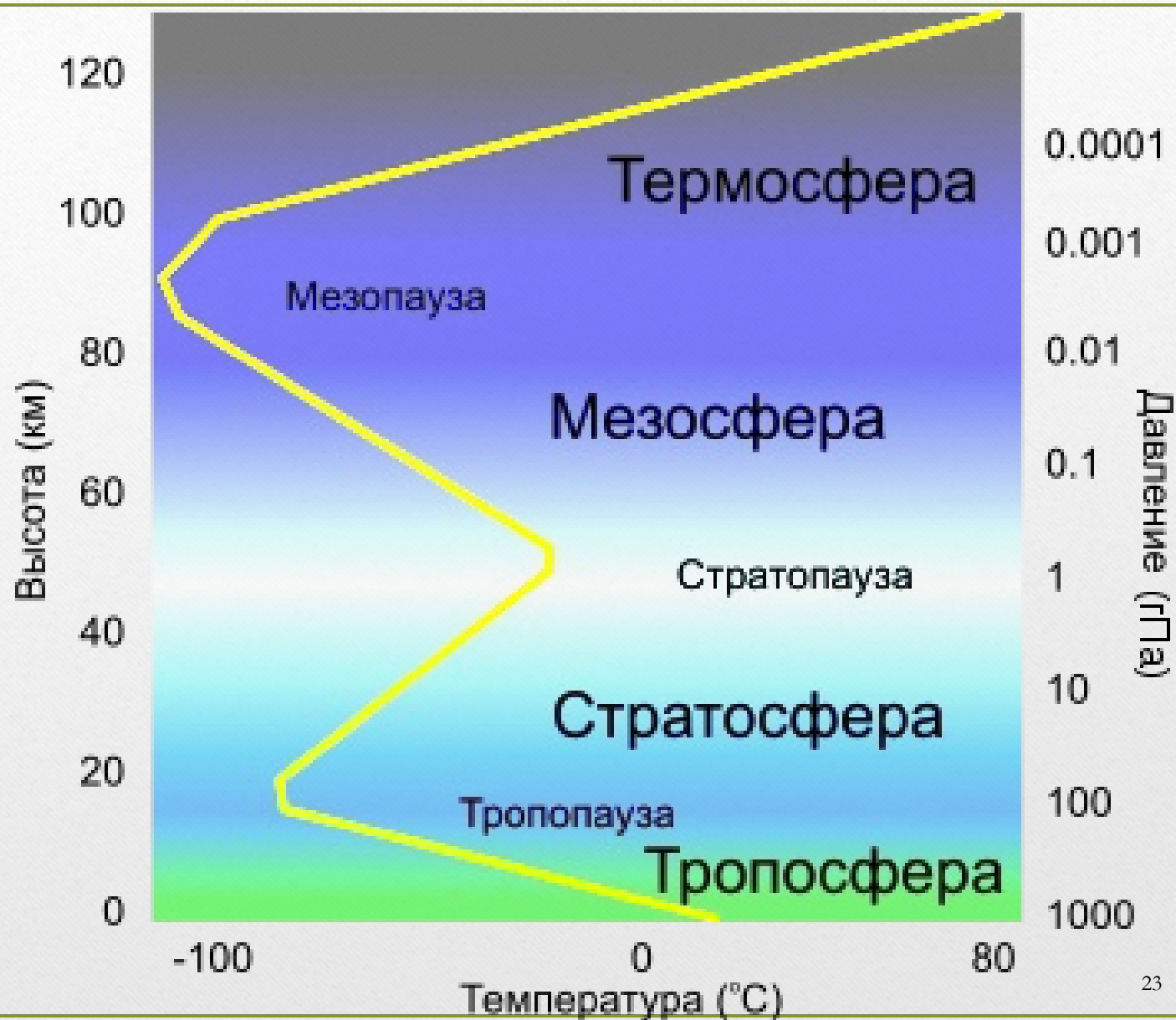
Форма и размеры Земли. Принято считать, что Земля имеет форму геоида. Радиус полярный – 6356 м, радиус экваториальный – 6378 км. Общие закономерности строения земной поверхности отражает гипсографическая кривая. Средняя высота материков составляет 875 м, а средняя глубина океана – около 3800 м. В строении океанического дна выделяют шельф, континентальный склон, ложе Мирового океана, осложненное глубоководными впадинами (желобами) и срединно-океаническими хребтами.

Внешние геосферы. Земля окружена атмосферой.

Атмосфера (от греч. *atmos* пар и *spharia* шар) воздушная оболочка Земли, вращающаяся вместе с ней. Атмосфера это смесь газов, состоящая из азота (78,08 %), кислорода (20,95 %), углекислого газа (0,03 %), аргона (0,93 %), небольшого количества гелия, неона, ксенона, криптона (0,01 %), озона и других газов, но их содержание ничтожно. Современный состав воздуха Земли установился более сотни миллионов лет назад, однако резко возросшая производственная деятельность человека все же привела к тому, что отмечается увеличение содержания CO_2 . Благодаря атмосфере, в которой содержится кислород, возможна жизнь на Земле. Атмосферный кислород используется в процессе дыхания человека, животными, растениями.

СЛОИ АТМОСФЕРЫ. Атмосфера имеет слоистую структуру. От поверхности Земли вверх эти слои: тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера, экзосфера.





Тропосфера самый нижний слой атмосферы, толщина которого над полюсами составляет 8-10 км. Температура воздуха в этом слое с высотой понижается в среднем на $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ на каждые 100 м. У верхней границы тропосферы она достигает $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$, в районе экватора $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в районе Северного полюса $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сосредоточено около 80 % массы атмосферы, находится почти весь водяной пар, возникают грозы, бури, облака и осадки, а также происходит вертикальное (конвекция) и горизонтальное (ветер) перемещение воздуха. Можно сказать, что погода в основном формируется в тропосфере.

Стратосфера — слой атмосферы, расположенный над тропосферой на высоте от 8 до 50 км, цвет неба фиолетовый, из-за разреженности воздуха, в результате солнечные лучи почти не рассеиваются. Сосредоточено 20 % массы атмосферы. Практически нет водяного пара и не образуются облака и осадки, наблюдаются устойчивые воздушные течения, скорость которых достигает 300 км/ч. В этом слое сосредоточен озон (озоновый экран, **озоносфера**), слой, который поглощает ультрафиолетовые лучи, не пропуская их к Земле и тем самым защищая живые организмы на нашей планете. Благодаря озону температура воздуха на верхней границе стратосферы находится в пределах от -50 до -55 °С.

Мезосфера слой атмосферы, расположенный на высоте 60 км. Плотность воздуха здесь в 200 раз меньше, чем у поверхности Земли. Цвет неба черный, в течение дня видны звезды. Температура воздуха снижается до -75 (-90) $^{\circ}\text{C}$.

На высоте 80 км начинается **термосфера**. Температура воздуха в этом слое резко повышается и на высоте 150 км превышает 1500°C .

Ионосфера, слой очень разреженного воздуха, расположенный на высоте от 50 до 1000 км, состоящий из ионизированных атомов кислорода, молекул окиси азота и свободных электронов. В ионосфере возникают полярные сияния, свечение разреженных газов под влиянием электрически заряженных летящих от Солнца частиц и наблюдаются резкие колебания магнитного поля.

Экзосфера внешний слой атмосферы, расположенный выше 1000 км. Этот слой еще называют **сферой рассеивания**, так как частицы газов движутся здесь с большой скоростью и могут рассеиваться в космическое пространство.

Гидросфера – водная оболочка Земли, куда входят все поверхностные и подземные воды, ледники.

Биосфера – сфера органической жизни. Верхняя граница ограничена озоновым экраном, а нижняя граница по представлениям В.И. Вернадского должна лежать выше областей, где господствуют горячие пары воды и температура не опускается ниже 100°C , в среднем на уровне 3–4 км от уровня геоида, при этих условиях еще могут существовать простейшие организмы.

Внутренние геосферы. Основную роль в исследовании внутреннего строения Земли играют сейсмические методы, основанные на исследовании распространения в ее толще упругих волн, возникающих при сейсмических событиях – при естественных землетрясениях и в результате взрывов. К внутренним геосферам относятся: литосфера, мантия, ядро, которые ограничиваются разделами I и II порядка.

Геофизические поля Земли: гравитационное, радиоактивное, тепловое (геотермика), магнитное и электрическое.

Гравитационное поле Земли с высокой точностью описывается законом всемирного тяготения Ньютона. Гравитационное поле может быть представлено как сумма нормального (планетарного) поля, обусловленного массой, формой и скоростью вращения Земли и аномального поля. Для каждой точки земной поверхности характерна своя сила тяжести, в центре Земли сила тяжести равна нулю.

Радиоактивное поле. Распределение и концентрация атомов радиоактивных элементов в земной коре и во всей нашей планете имеют особое значение. При распаде этих элементов выделяется теплота, в значительной степени определяющая тепловой режим Земли. Радиоактивность горных пород и минералов, слагающих земную кору, изучают с помощью прибора – *радиометра*. Метод изучения радиоактивности горных пород называется *радиометрией*. В буровых скважинах радиоактивность горных пород изучается методом гамма-каротажа. Интенсивность радиоактивности горных пород измеряется в мкр/час.

Тепловое поле Земли образуется за счет внешних и внутренних источников. Источником внешней энергии является солнечное излучение, внутреннего тепла - радиоактивный распад элементов, энергия гравитационной дифференциации вещества; остаточное тепло, сохранившееся со времени формирования планеты. По температурным условиям Земную кору делят на верхнюю – гелиотермическую зону и нижнюю – геотермическую зону. Тепловое поле характеризуется геотермическим градиентом и геотермической ступенью.

Магнитное поле. Постоянное магнитное поле возникает под действием сложной системы электрических токов, сопровождающих турбулентную конвекцию в жидком внешнем ядре, т.е. Земля работает как динамомашина, в которой механическая энергия конвекционной системы генерирует электрические токи и связанный с ними магнетизм.

Оно существует вокруг земного шара и внутри него, простирается за пределы планеты на расстояние в 10 раз большее, чем радиус Земли. Угол между магнитной осью и осью вращения составляет около $11,5^\circ$. Северный магнитный полюс находится среди островов Канады, а южный - в Антарктиде. Их положение со временем постепенно меняется.

Электрическое поле тесно связано с магнетизмом Земли. Распространение электрического тока в земной коре в значительной степени связано с особенностями ее геологического строения, обуславливающими распределение электрических свойств горных пород. На основе использования естественного электрического поля Земли разработаны геофизические методы изучения внутренней структуры земной коры, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. С этой целью применяются методы *электрической разведки (электроразведки)*, которые основаны на использовании естественных или искусственных (вызванных) электрических полей постоянного или переменного тока в полевых условиях или в буровых скважинах (*электрокаротаж*).

Химический состав Земли. По последним данным, на Земле существует 285 химических элементов и их изотопов. Среднее содержание элементов в земной коре определяют **кларками**. Термин предложен А.Е. Ферсманом в честь Ф.У. Кларка, впервые достаточно полно и точно оценившего химический состав земной коры.

Ведущими элементами вещества земной коры являются 8 элементов:

O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K.

Доля остальных элементов составляет менее 1 % массы земной коры.

Земная кора сложена в основном легкими элементами, расположенными в периодической системе Д.И. Менделеева по *Fe* включительно.

Элементы, следующие за *Fe*, в сумме составляют лишь доли процента. После железа, порядковый номер которого 26, нет ни одного химического элемента с кларком более 0,1 %.