КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Естествознание»

по теме:

**«Происхождение Земли и планет»**

**Оглавление**

Введение

1. Земля в космическом пространстве

2. Формирование Земли и особенности ее строения

Заключение

Список использованной литературы

**Введение**

Образование Солнца и планет является одним из фундаментальных вопросов естествознания. На протяжении многих веков вопрос о происхождении Земли оставался монополией философов, так как фактический материал в этой области почти полностью отсутствовал. Джордано Бруно в ХVI веке был первым, высказавшим мысль о том, что многие звезды, как и Солнце, окружены планетами и эти системы то возникают, то умирают. Первые научные гипотезы относительно происхождения Земли и солнечной системы, основанные на астрономических наблюдениях, были выдвинуты только лишь в XVIII веке. С тех пор не переставали появляться все новые и новые теории, соответственно росту космогонических представлений.

Вторая половина ХХ в. ознаменовалась бесспорными достижениями в изучении не только Земли, но и всех планет Солнечной системы. Решающими факторами были успехи в технике и технологиях. Человечество впервые за свою историю сумело взглянуть на Землю со стороны, побывать на Луне, получить детальные изображения всех планет, сфотографировать астероиды, изучить метеориты и обосновать их принадлежность к некоторым планетам, например, к Марсу. Благодаря изобретению эхолота и спутниковых наблюдений исследователи составили полное представление о рельефе океанского дна.

Глубокое бурение на суше и глубоководное в океанах и морях позволило составить представление о строении осадочных океанских толщ и пройти на Балтийском щите поверхность Конрада. Погружение в глубины океанов и озер, в частности, Байкала, привело к открытию века – обнаружению «работающих фабрик» руды, т.н. черных курильщиков. Палеомагнитология дала нам возможность реконструировать движение материковых плит и доказать разрастание океанического дна. Детальное изучение осадочного чехла океанов привело к совершенно новому представлению об осадконакоплении, особенно биогенному. Изобретение микрозондов и других приборов для точной диагностики минералов и их химического и изотопного составов открыло невиданные возможности в петрологии.

Новые сейсмические методы МОВ ОГТ (метод отраженных волн общей глубинной точки), НСП (непрерывное сейсмическое профилирование, ГСЗ (глубинное сейсмическое зондирование) позволили с большей детальностью изучить многие регионы Мира, особенно структуру верхней части земной коры и, в целом, всю кору. Были открыты многочисленные метеоритные кратеры, проведены эксперименты при высоких температурах и давлениях, что позволило лучше понимать фазовые переходы минералов в глубинах Земли. Усовершенствование техники, применение аэро- и космических фотоснимков, изобретение компьютеров, дало в руки геологов мощный механизм для качественного и быстрого составления геологических и других карт. На земном шаре уже нет белых пятен.

Наконец, в 60-х годах ХХ в. была создана новая научная парадигма – теория тектоники литосферных плит, первая глобальная геологическая теория, позволившая не только объяснить современные геологические процессы, но и обладающая предсказательной функцией. Создание суперкомпьютеров привело к возникновению томографической сейсмологии, с помощью которой мы впервые стали понимать, как сложно построена мантия Земли, научившись выделять в ней области с пониженными и повышенными скоростями сейсмических волн по сравнению со стандартными моделями Земли. Благодаря применению всех новых методов и технологий были открыты сотни крупнейших месторождений полезных ископаемых, особенно нефти и газа – основы современной промышленности. Огромных успехов достигла и теоретическая геология, начиная от гипотез образования Земли и планет и, кончая, историей эволюции Земли и органического мира.

Рассмотрим, в общих чертах, основные достижения геологической науки в формировании картины мира и выявлении общих закономерностей его развития.

**1. Земля в космическом пространстве**

Наша Земля − одна из девяти планет Солнечной системы, а Солнце это рядовая звезда − желтый карлик, находящаяся в Галактике Млечного Пути, одной из сотен миллионов Галактик в наблюдаемой части Вселенной. Несмотря на то, что непосредственным объектом изучения геологии является планета Земля, для нашей планеты справедливы те же химические и физические законы, которые действуют и на других планетах. Планеты, звезды, галактики находятся в определенном взаимодействии, начиная с момента их появления во Вселенной. Поэтому наша планета представляет собой лишь частицу космического пространства и рассказывая о ее возникновении, необходимо упомянуть о том, каким образом возникла и эволюционировала Вселенная.

Вселенная, которую мы сейчас наблюдаем, содержит лишь 1/9 вещества, из которого, согласно расчетам, должна быть образована масса Вселенной. Следовательно, от нас скрыто 9/9 массы ее вещества. В наблюдаемой форме Вселенная возникла около 18 − 20 млрд. лет назад. До этого времени все ее вещество находилось в условиях бесконечно больших температур и плотностей, которые современная физика не в состоянии описать. Такое состояние вещества называется «сингулярным». Теорию расширяющейся Вселенной или «Большого Взрыва» (англ. «Big Bang»), впервые была создана А.А. Фридманом в России в 1922 г.

С какого-то момента, отстоящего от нас на 20 млрд. лет вещество, находящееся в сингулярном состоянии, подверглось внезапному расширению, которое можно описать как взрыв. Вопрос «А что же было до Большого Взрыва», по мнению известного английского физика С. Хогинса, носит метафизический характер, т.к. это состояние никак впоследствии не отразилось на нынешней Вселенной.

Современная теоретическая физика достоверно описывает процессы «Большого Взрыва», но только после 1/100 секунды с момента его начала. Так, температура в 1032 К была достигнута через 10-43 сек, 1010 К – через 1 сек., 109 К − через 1 минуту, 104 К − через 100 тыс. лет, а 103 К − через 1 миллион лет. Расширяющееся вещество становилось менее плотным и менее горячим. Теорию не только первоначально очень плотной, но и очень горячей Вселенной в конце 40-х годов развивал знаменитый физик Георгий Гамов.

Первичный нуклеосинтез стал возможен уже через несколько минут после начала Большого Взрыва, а через 1 млн. лет и формирование атомов. С момента начала Большого Взрыва вещество Вселенной непрерывно расширяется и все объекты в ней и галактики. Галактики и звезды равноудаляются друг от друга. Это расширение «всех от всех» в настоящее время хорошо подтверждается рядом экспериментальных фактов.

Наблюдаемый химический состав Вселенной составляет по массе 3/4 водорода и 1/4 гелия. Все остальные элементы не превышают в составе Вселенной даже 1%. В такой пропорции 3:1 Н и Не образовались в самые первые минуты Большого Взрыва, а, кроме того, образовались и легкие элементы: литий, дейтерий, тритий, но в ничтожном количестве. Тяжелые элементы образовались во Вселенной гораздо позже, когда в результате термоядерных реакций «зажглись» звезды, а при взрывах сверхновых звезд они оказались выброшены в космическое пространство.

Что может ожидать Вселенную в будущем? Современное значение средней плотности Вселенной равно 10 -29 г/см3, что составляет 10-5 атомных единиц массы в 1 см3. Чтобы представить такую плотность надо 1 г вещества распределить по кубу со стороной 40000 км! Если средняя плотность будет равна или несколько ниже критической плотности, Вселенная будет только расширяться, а если средняя плотность будет выше критической, то расширение Вселенной со временем прекратиться и она начнет сжиматься, возвращаясь к сингулярному состоянию.

Спустя примерно 1 млрд. лет после начала Большого Взрыва, в результате сжатия огромных газовых облаков или их протяженных газовых фрагментов, стали формироваться звезды и галактики, скопления миллионов звезд. Образование звезд теоретически рассчитано вполне достоверно. Любая звезда формируется в результате коллапса космического облака газа и пыли. Когда сжатие в центре структуры приведет к очень высоким температурам, в центре «сгустка» начинаются ядерные реакции, т.е. превращение Н в Не с выделением огромной энергии, в результате излучения которой звезда и светится.

Обнаруженные в наши дни слабые вариации реликтового излучения в пространстве, равные 0,001 % от средней величины, свидетельствуют о неравномерной плотности вещества во Вселенной. Вероятно, что это первичное различие в плотности и послужило как бы «затравкой» для возникновения в будущем скоплений галактик и галактик. Там, где плотность была выше средней, силы гравитации были больше, а, следовательно, уплотнение происходило сильнее и быстрее относительно соседних участков, от которых вещество перемещалось в сторону более плотных сгущений. Так начиналось формирование галактик. Только 200 лет назад В. Гершель открыл межзвездные облака, а до этого все пространство между звездами считалось эталоном пустоты. В 1975 г. были обнаружены гигантские молекулярные облака (ГМО), масса которых в миллионы раз больше Солнечной массы.

Галактика Млечного Пути (ГМП) – одна из 100 000 миллионов галактик в наблюдаемой части Вселенной, обладает формой уплощенного диска, с диаметром около 100000 свет. лет и толщиной в 20000 свет. лет. В разрезе в центре наблюдается утолщение (балдж), которое состоит из старых звезд и ядро, скрытое облаками плотного газа. Не исключено, что в центре ГМП существует «черная дыра», как в ядрах других спиральных галактик. Интересно, что ГМП окружена темным облаком ненаблюдаемого вещества, масса которого в 10 или более раз превышает массу всех звезд и газа в ГМП. Молодые звезды в осевой части диска окружены огромной сферической областью – гало, в которой находятся старые звезды.

Солнце, представляющее собой небольшую звезду среднего возраста типа желтого карлика, располагается в 3/5 от центра галактики в пределах главного диска. То, что оно принадлежит ГМП, было установлено всего лишь 65 лет назад шведом Б. Линдбладом и голландцем Я. Оортом. С Земли, как одной из 9 планет, вращающихся вокруг Солнца, мы видим звезды Млечного пути в виде арки, пересекающей небосвод, т.к. мы смотрим на край ГМП из ее срединной области. В 1610 г. Галилей насчитал в Млечном Пути всего 6000 звезд. Ближайшая к нам звезда, не считая Солнца, Альфа Центавра – 4 световых года. Все звезды ГМП медленно вращаются вокруг галактического центра. Солнце с планетами совершает один оборот вокруг центра ГМП за 250 млн. лет со скоростью 240 км/сек. Галактический год играет важную роль в периодизации геологической истории Земли.

Чтобы попытаться более наглядно представить шкалу времени, в рамках которой мы оперируем космическими терминами, воспользуемся шкалой Мейерса (1986). Если 15 млрд лет = 24 часа = 1 сутки (это время, прошедшее после начала Большого Взрыва, по современным представлениям – 20 млрд. лет), то далее происходило следующее:

1) Спустя 4 сек. в полночь – образование устойчивых атомов

2) 4-5 часов – возникновение галактик и звезд

3) 18 часов – образование Солнечной системы

4) 20 часов – первые формы жизни

5) 22 часа 30 минут – первые позвоночные вышли на сушу

6) 22 часа 30 минут – 23 часа 56 минут – существование динозавров

7) За 10 сек. до полуночи – первые человекообразные

8) За 0,001 сек. до полуночи – «промышленная революция».

Первой системной теорией происхождения Солнечной системы была знаменитая теория, сформулированная в 1755 году немецким философом Иммануилом Кантом. Кант считал, что солнечная система возникла из некой первичной материи, до того свободно рассеянной в космосе. Частицы этой материи перемещались в различных направлениях и, сталкиваясь друг с другом, теряли скорость. Наиболее тяжелые и плотные из них под действием силы притяжения соединялись друг с другом, образуя центральный сгусток – Солнце, которое, в свою очередь, притягивало более удаленные, мелкие и легкие частицы.

Таким образом, возникло некоторое количество вращающихся тел, траектории которых взаимно пересекались. Часть этих тел, первоначально двигавшихся в противоположных направлениях, в конечном счете, были втянуты в единый поток и образовали кольца газообразной материи, расположенные приблизительно в одной плоскости и вращающиеся вокруг Солнца в одном направлении, не мешая друг другу. В отдельных кольцах образовывались более плотные ядра, к которым постепенно притягивались более легкие частицы, формируя шаровидные скопления материи; так складывались планеты, которые продолжали кружить вокруг Солнца в той же плоскости, что и первоначальные кольца газообразного вещества.

В 1796 году французский математик и астроном Пьер-Симон Лаплас выдвинул теорию, несколько отличную от предыдущей. Лаплас полагал, что Солнце существовало первоначально в виде огромной раскаленной газообразной туманности (небулы) с незначительной плотностью, но зато колоссальных размеров.

Эта туманность, согласно Лапласу, первоначально медленно вращалась в пространстве. Под влиянием сил гравитации туманность постепенно сжималась, причем скорость ее вращения увеличивалась. Возрастающая в результате центробежная сила придавала туманности уплощенную, а затем и линзовидную форму. В экваториальной плоскости туманности соотношение между притяжением и центробежной силой изменялось в пользу этой последней, так что, в конечном счете, масса вещества, скопившегося в экваториальной зоне туманности, отделилась от остального тела и образовала кольцо. От продолжавшей вращаться туманности последовательно отделялись все новые кольца, которые, конденсируясь в определенных точках, постепенно превращались в планеты и другие тела солнечной системы. В общей сложности от первоначальной туманности отделилось десять колец, распавшихся на девять планет и пояс астероидов – мелких небесных тел. Спутники отдельных планет сложились из вещества вторичных колец, оторвавшихся от раскаленной газообразной массы планет.

Вследствие продолжавшегося уплотнения материи температура новообразованных тел была исключительно высокой. В то время и наша Земля, по П. Лапласу, представляла собой раскаленный газообразный шар, светившийся подобно звезде. Постепенно, однако, этот шар остывал, его материя переходила в жидкое состояние, а затем, по мере дальнейшего охлаждения, на его поверхности стала образовываться твердая кора. Эта кора была окутана тяжелыми атмосферными парами, из которых при остывании конденсировалась вода.

Эти две теории взаимно дополняли друг друга, поэтому в литературе они часто упоминаются под общим названием как гипотеза Канта-Лапласа. Поскольку наука не располагала в то время более приемлемыми объяснениями, у этой теории было в XIX веке множество последователей.

Среди последующих космогонических теорий можно найти и теорию «катастроф», согласно которой наша Земля обязана своим образованием некоему вмешательству извне, например, близкой встрече Солнца с какой-то блуждающей звездой, вызвавшей извержение части солнечного вещества. В результате расширения раскаленная газообразная материя быстро остывала и уплотнялась, образуя большое количество маленьких твердых частиц, скопления которых были чем-то вроде зародышей планет.

В последние десятилетия американскими и советскими учеными был выдвинут ряд новых гипотез. Если раньше считалось, что в эволюции Земли происходил непрерывный процесс отдачи тепла, то в новых теориях развитие Земли рассматривается как результат многих разнородных, порой противоположных процессов. Одновременно с понижением температуры и потерей энергии могли действовать и другие факторы, вызывающие выделение больших количеств энергии и компенсирующие таким образом убыль тепла. Одно из этих современных предположений его автор американский астроном Ф.Л. Уайпль назвал «теорией пылевого облака». Однако, по существу это ничто иное, как видоизмененный вариант небулярной теории Канта-Лапласа.

Любопытно, что на новом уровне, вооруженные более совершенной техникой и более глубокими познаниями о химическом составе солнечной системы, астрономы вернулись к мысли о том, что Солнце и планеты возникли из обширной, нехолодной туманности, состоящей из газа и пыли. Мощные телескопы обнаружили в межзвездном пространстве многочисленные газовые и пылевые «облака», из которых некоторые действительно конденсируются в новые звезды.

В связи с этим первоначальная теория Канта-Лапласа была переработана с привлечением новейших данных. Каждая из этих космогонических теорий внесла свой вклад в дело выяснения сложного комплекса проблем, связанных с происхождением Земли. Все они рассматривают возникновение Земли и солнечной системы как закономерный результат развития звезд и вселенной в целом. Земля появилась одновременно с другими планетами, которые, как и она, вращаются вокруг Солнца и являются важнейшими элементами солнечной системы.

В центре нашей планетной системы находится звезда − Солнце, в котором сосредоточено 99,866 % всей массы системы. На все 9 планет и десятки их спутников приходится только 0,134 % вещества системы. В тоже время 98% момента количества движения, т.е. произведения массы на скорость и радиус вращения сосредоточено в планетах. В настоящее время известно более 60 спутников планет, около 100000 астероидов или малых планет и около 1011 комет, а также огромное количество мелких обломков − метеоритов.

Солнце − это звезда спектрального класса G2V, довольно распространенного в ГМП. Солнце имеет диаметр 1,4 млн.км (1 391 980 км), массу, равную 1,98⋅1033 кг и плотность 1,4 г/см3, хотя в центре она может достигать 160 г/см3. В структуре Солнца различают внутреннюю часть или гелиевое ядро с Т0 15 млн. К, далее располагается зона лучистого равновесия − фотосфера, мощностью до 1 тыс. км и с Т0 от 800 К на глубине 300 км и до 4000 К в верхних слоях, а самую внешнюю часть Солнечного диска составляет хромосфера, мощностью 10-15 тыс. км с Т0 20000 К.

Гранулярная структура фотосферы обусловлена всплыванием более высокотемпературных потоков газа и погружением относительно более холодных. Говоря о хромосфере и фотосфере, нельзя не сказать о явлениях солнечной активности, оказывающих влияние на нашу планету. Локальные, очень сильные магнитные поля, возникающие во внешних оболочках Солнца, препятствуют ионизованной плазме − хорошему проводнику, перемещаться поперек линий магнитной индукции. В подобных участках и возникает темное пятно, т.к. процесс перемешивания плазмы замедляется. Солнечные протуберанцы − это грандиозные выбросы хромосферного вещества, поддерживаемые сильными магнитными полями активных областей Солнца. Хромосферные вспышки, факелы, протуберанцы демонстрируют непрерывную активность Солнца. Выше хромосферы и фотосферы располагается Солнечная корона мощностью 12-13 млн. км и с Т0 1,5 млн. К, хорошо наблюдаемая во время полных Солнечных затмений.

В составе Солнца господствует Н, составляющий 73% по массе и Не − 25%. На остальные 2% приходятся более тяжелые элементы, также как Fe, O, C, Ne, N, Si, Mg и S, всего 67 химических элементов. Источник энергии Солнца − ядерный синтез, слияние 4-х ядер Н-протонов, образует одно ядро Не с выделением огромного количества энергии. 1 грамм водорода, принимающий участие в термоядерной реакции выделяет 6⋅1011 Дж энергии. В ходе ядерных превращений диаметр Солнца практически не меняется, т.к. тенденция к взрывному расширению уравновешивается гравитационным притяжением составных частей Солнца, стягивающим газы в сферическое тело. Солнце обладает сильным магнитным полем, полярность которого изменяется один раз в 11 лет. Эта периодичность совпадает с 22-летним циклом нарастания и убывания Солнечной активности, когда формируются Солнечные пятна с диаметром в среднем 66000 км. Солнечный ветер, исходящий во все стороны от Солнца, представляет собой поток плазмы − протоны и электроны, с альфа-частицами и ионизированными атомами С, О и других более тяжелых элементов. Скорость Солнечного ветра вблизи Земли достигает 400-500 и даже 1000 км/сек.

Солнечный ветер распространяется дальше орбиты Сатурна, образуя т.н. гелиосферу, контактирующую уже с межзвездным газом. Выделение энергии Солнцем, как и Т, остается практически неизмененным на протяжении 5,0 млрд. лет, т.е. с момента образования Солнца. Атомного горючего − Н на Солнце должно хватить по расчетам еще на 5 млрд. лет. Когда запасы Н истощатся, гелиевое ядро будет сжиматься, а внешние слои расширяться и 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, существование жизни.

Вокруг Солнца вращаются девять планет. Меркурий, Венера, Земля и Марс, ближайшие к Солнцу планеты относятся к внутренним или планетам земной группы. Далее, за поясом астероидов, располагаются планеты внешней группы − гиганты Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и маленький Плутон, открытый лишь в 1930 г. Расстояние от Солнца до Плутона равняется 40 астрономическим единицам.

За Плутоном находится «щель» – кольцо с радиусом 2×103 А.Е., где практически нет вещества. Далее, в интервале 2×103 – 2×104 А.Е. располагается кольцо с огромным количеством материи в виде ядер комет с массой равной 104 масс Солнца и угловым моментом в 100 раз превышающим современный угловой момент всей Солнечной системы. Это так называемое, внутреннее облако Оорта.

Еще дальше, в интервале 2×104 – 5×104 А.Е. располагается собственно облако Оорта, состоящее также из ядер комет с общей массой 100 масс Солнца и угловым моментом в 10 раз выше, чем у планетной системы. По существу, радиус в 5×104 А.Е. и определяет современную границу Солнечной системы в широком смысле этого понятия. Знание о строение планет, особенно земной группы, представляет большой интерес для геологов, т.к. их внутренняя структура довольно близка к нашей планете.

Меркурий − одна из самых маленьких безатмосферных планет с диаметром 0,38 по отношению к земному, плотностью 5,42 г/см3, с Т до + 450 ОС днем на солнечной стороне и до -170 ОС ночью. Поверхность Меркурия покрыта многочисленными ударными кратерами, с диаметром до 1300 км. Ландшафт поверхности Меркурия, напоминает лунный.

Венера по своим размерам и массе очень близка к Земле, но вращается она в другую сторону, по сравнению с остальными планетами. Венера окутана очень плотной атмосферой, состоящей из углекислого газа, а в верхних слоях на высотах в 50-70 км из серной кислоты. На этих высотах дует постоянный ветер с востока на запад со скоростью до 140 м/сек., уменьшающийся до 1,0 м/сек у поверхности. Давление в атмосфере на поверхности очень велико − 96 кг/см2 (на Земле 1 кг/см2) и Т +500 ОС. Такие условия неблагоприятны для существования воды. Наличие плотной атмосферы выравнивает температурные различия дня и ночи. На Венере нет магнитного поля и это говорит о том, что ядро Венеры отличается от земного ядра. Примерно 15% поверхности Венеры занимают тессеры, относительно древние породы. На них накладываются более молодые базальтовые равнины и еще более молодые, чем равнины, громадные базальтовые вулканы.

Марс – четвертая по счету от Солнца планета намного меньше Земли, ее радиус составляет 0,53 земных. Сутки длятся на Марсе 24 часа 37 мин., а плоскость его экватора наклонена по отношению к орбите также как на Земле, что обеспечивает смену климатических сезонов. На Марсе существует весьма разреженная углекислая атмосфера с давлением у поверхности 0,03-0,1 кг/см2. Такое низкое давление не позволяет существовать воде, которая должна испариться, либо замерзнуть. Температура на Марсе изменчива и на полюсах в полярную ночь достигает -140ОС, а на экваторе до -90 ОС. Днем на экваторе температура выше 0 ОС и до +25 ОС. Атмосфера Марса содержит белые облака из мелких кристаллов СО2 и Н2О. Ветры на поверхности Марса могут достигать 60 км/час, перенося пыль на большие расстояния.

Поверхность Марса подразделяется на базальтовые равнины в северном полушарии, и возвышенности − в южном, где распространены большие ударные кратеры. На Марсе существуют очень крупные вулканы, например, Олимп, высотой до 21 км и в диаметре 600 км. Это самый крупный вулкан на всех планетах Солнечной системы. Олимп принадлежит к вулканическому массиву Фарсида, состоящему из многочисленных базальтовых вулканов щитового типа, слившихся своими основаниями. В этом же массиве есть очень крупные вулканические кальдеры с диаметром до 130 км. Образование этих базальтовых вулканов произошло примерно 100 млн. лет назад и сам факт их существования свидетельствует о большой прочности марсианской литосферы и мощности коры, достигающей 70 км.

В южном полушарии Марса располагается грандиозный каньон Домены Маринер, представляющий собой глубокий, до 10 км рифт, протянувшийся на 4000 км в широтном направлении. Таких структур на Земле нет. Большой интерес на поверхности Марса представляют явные следы флювиальной деятельности в виде сухих речных русел. Несколько миллиардов лет назад, когда атмосфера Марса не была такой разреженной, шли дожди и снег, существовали реки и озера. Присутствие воды и положительные температуры могли стимулировать возникновение жизни в виде прокариотов, цианобактерий. В метеорите Мурчисон, найденном недавно в Австралии, имеющим абсолютный возраст в 4,5 млрд. лет, обнаружены следы цианобактерий внеземного происхождения. В наши дни установлен факт падения на Землю метеоритов, представляющих собой осколки марсианских пород, выбитых сильным ударом метеорита, упавшего на поверхность Марса. Вода на современной поверхности Марса сосредоточена в виде льда, но под верхним слоем пород.

Марс обладает двумя маленькими спутниками Фобосом (19×27 км) и Деймосом (11×15 км), неправильной формы с кратерированной поверхностью и какими-то рытвинами, хорошо видимыми на Фобосе. Марс прошел длительный путь развития. На поверхности Марса наблюдается 3 или 4 генерации рельефа и, соответственно, пород. «Материки» − это древнейшие породы, образующие возвышенности в 4-6 км, базальтовые «равнины» моложе, а на них накладываются вулканические массивы типа Фарсиды и отдельные вулканы. По-видимому, у Марса отсутствует жидкое ядро, т.к. магнитное поле чрезвычайно слабое. Эндогенная активность на Марсе продолжалась на 1 млрд лет дольше, чем на Меркурии и Луне, где она закончилась 3,0-2,5 млрд. лет назад.

Располагающиеся за поясом астероидов планеты внешней группы сильно отличаются от планет внутренней группы. Они имеют огромные размеры, мощную атмосферу, газово-жидкие оболочки и небольшое, по-видимому, силикатное ядро.

Юпитер по массе равен 317 земным, но обладает малой средней плотностью в 1,33 г/см3. Его масса в 80 раз меньше той необходимой массы, при которой небесное тело может стать звездой. Внешний вид планеты определяется полосчатой системой разновысотных и различно окрашенных облаков. Они образованы конвективными потоками, которые выносят тепло во внешние зоны. Светлые облака располагаются выше других и состоят из белых кристаллов аммиака и находятся над восходящими конвективными струями. Более низкие красно-коричневые облака состоят из кристаллов гидросульфида аммония, обладают более высокой температурой и располагаются над нисходящими конвективными струями.

На Юпитере существуют устойчивые ветры, дующие в одном направлении и достигающие скорости в 150 м/сек. В пограничных зонах облачных поясов возникают турбулентные завихрения, как, например, Большое Красное Пятно (БКПЮ), с длинной осью в 20 000 - 25 000 км. Полное вращение облаков в пятне осуществляется за 7 дней и его внутренняя структура все время изменяется, сохраняя лишь общую конфигурацию. Сам вихрь непрерывно дрейфует как целое в западном направлении со скоростью 3-4 м/сек и совершает полный оборот за 10-15 лет.

Атмосфера Юпитера достигает 1000 км, а под ней могут находиться оболочки из жидкого молекулярного водорода, а еще ниже − металлического водорода. В центре планеты располагается силикатное ядро небольших размеров. Магнитное поле Юпитера в 10 раз превышает по напряженности магнитное поле Земли, а, кроме того, Юпитер окружен мощными радиационными поясами. Возможно, мощное магнитное поле обусловлено быстрым вращением планеты (9 час. 55 мин.).

У Юпитера существует небольшое кольцо и 16 спутников, из которых 4 крупных, так называемых Галилеевых, открытых еще в 1610 г. Галилео Галилеем − Ио, Европа, Ганимед, Каллисто. Ближайший спутник к Юпитеру это Ио, по размерам, массе и плотности похожий на Луну. Особенностью Ио являются извержения многочисленных вулканов, изливающих яркие − красные, желтые, оранжевые потоки серы и белые потоки серного ангидрида. Со спутников зафиксированы извержения из кратеров конусовидных вулканов. Приливные возмущения со стороны Юпитера приводят к разогреву недр Ио.

Европа близкая по своим параметрам Луне, покрыта льдом воды, мощностью до 100 км, в котором видны протяженные трещины. Судя по тому, что на поверхности Европы почти нет ударных кратеров, она очень молодая. Ганимед, самый крупный из галилеевых спутников (он больше, чем Меркурий), обладает плотностью 1,94 г/см3 и сложен смесью льда воды и силикатов. Каллисто по своим размерам и плотности похож на Ганимед и также сложен льдом воды и силикатами. Однако, на участках темного цвета на поверхности Каллисто много ударных кратеров, что говорит в пользу древнего возраста этих участков. Кольцевая структура Вальхалла имеет диаметр в 300 км. Не исключено, что это след от удара крупного космического тела. Все остальные небольшие спутники Юпитера обладают неправильной, угловатой формой, а их размеры колеблются в поперечнике от 16 до 260 км.

Сатурн занимает второе место по размерам среди планет-гигантов, однако его плотность очень мала − 0,69 г/см3. Облачный покров Сатурна похож на таковой у Юпитера не только по составу − частицы льда воды, льда аммиака и гидросульфида аммония, но и по своей структуре, образуя разновысотные пояса и вихри. Сатурн в большей степени газовая планета, чем Юпитер. Атмосфера Сатурна состоит, в основном, из Н и Не и обладает мощностью в несколько тысяч км. Ниже, как и на Юпитере, располагается оболочка жидкого молекулярного водорода, мощностью 37000 км, и металлического водорода, 8000 км. Силикатное (каменное) ядро Сатурна, радиусом в 10000 км, окружено слоем льда до 5000 км.

Наиболее известным элементом планеты Сатурн являются его знаменитые кольца, образующие целую систему, находящуюся в плоскости экватора планеты. Диаметр колец составляет 270 тысяч км, а мощность всего 100 м. Множество колец представляют собой мельчайшие кусочки льда воды. Каждое из колец имеет сложную структуру чередования темных и светлых полос, вложенных друг в друга. Кольца Сатурна хорошо отражают радиосигналы, что позволяет предполагать ферромагнитные частицы в «дыму» колец.

У Сатурна насчитывается 17 спутников, из которых Титан самый большой. Средние по размерам от 420 до 1528 км спутники обладают шарообразной формой, а малые спутники имеют неправильную, угловатую форму и размеры от 20 до 360 км. Титан покрыт атмосферой из азота, метана и этана с давлением у поверхности планеты в 1,6 кг/см2, поэтому о ее строении ничего не известно. Ввиду низких температур, до -180 ОС, метан может существовать в жидкой и твердой (лед метана и этана) форме. Предполагается, что под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца в верхних слоях атмосферы Титана из углеводородов могут образовываться сложные органические молекулы, которые, опускаясь, достигают его поверхности.

Уран превосходит по своим размерам Землю в 4 раза и в 14,5 раз по массе. Это третья планета − гигант, вращается в сторону противоположной той, в которую вращается большинство остальных планет. Мало этого, ось вращения Урана расположена почти в плоскости орбиты, так что Уран «лежит на боку и вращается не в ту сторону». Уран меньше Юпитера, но плотность, в среднем, у него близка к плотности Юпитера, что заставляет сомневаться в существовании оболочки из металлического водорода, т.к. давление слишком мало. В атмосфере Урана как и на других планетах − гигантах, преобладают водород и гелий, но также присутствуют частицы льда метана. Уран окружен системой тонких колец, между которыми расстояние гораздо больше, чем у колец Сатурна. Из 15 спутников Урана 5 средних по размеру и 10 малых, обладающих угловатой формой и похожие на спутники Марса и малые спутники Юпитера и Сатурна.

Нептун − самая маленькая из планет − гигантов, обладает, тем не менее, самой большой среди них плотностью, что обусловлено существованием силикатного ядра, окруженного оболочками из жидкого водорода, льда воды и мощной водородно-гелиевой атмосферой с облачным покровом, состоящим также из частиц льда воды, льда аммиака, льда метана и гидросульфида аммония. В атмосфере Нептуна, как и на Юпитере, просматриваются крупные вихревые структуры, изменчивые во времени. У Нептуна существует система колец, имеющих в разных участках различную мощность. 8 спутников Нептуна с одним крупным − Тритоном и 7-ю малыми, на поверхности которых имеются следы водо-ледяного вулканизма.

Плутон, девятая планета, считая от Солнца, сильно отличается от планет-гигантов и, наверное, им не принадлежит. У Плутона очень вытянутая эллипсовидная орбита, пересекающая орбиту Нептуна при вращении Плутона вокруг Солнца. Разреженная атмосфера Плутона окружает ледяную поверхность планеты, состоящей изо льдов азота, метана и моноокиси углерода, благодаря холоду – -240 ОС, господствующему на этой, самой дальней планете. Крупный спутник Харон (диаметр 1172 км), состоит из смеси льда и силикатов с плотностью 1,8 г/см3 и в своем вращении вокруг Плутона на расстоянии 19405 км всегда обращен к планете одной и той же стороной. В настоящее время считается, что Плутон с Хароном могут принадлежать т.н. поясу Койпера, расположенного в интервале 35 - 50 А.Е. прямо за орбитой Нептуна.

В заключение этого раздела необходимо подчеркнуть, что сравнительная планетология дает чрезвычайно много для понимания ранней истории Земли, скрытой от геологов последующими процессами.

**2. Формирование Земли и особенности ее строения**

Для геологов, конечно, первостепенным является вопрос о формировании Земли и планет земной группы. Мы знаем, что в настоящее время Земля состоит из ряда сферических оболочек, в том числе твердого внутреннего ядра, жидкого − внешнего и твердой мантии с тонкой оболочкой − твердой же земной коры. Иными словами, Земля дифференцирована по свойствам и составу вещества. Когда и как произошла эта дифференциация?

На этот счет существуют две, наиболее распространенные точки зрения. Ранняя из них полагала, что первоначальная Земля, сформировавшаяся сразу после аккреции из планетезималей, состоящих из никелистого железа и силикатов, была однородна и только потом подверглась дифференциации на железо-никелевое ядро и силикатную мантию. Эта гипотеза получила название *гомогенной аккреции*. Более поздняя гипотеза *гетерогенной аккреции* заключается в том, что сначала аккумулировались наиболее тугоплавкие планетезимали, состоящие из железа и никеля и только потом в аккрецию вступило силикатное вещество, слагающее сейчас мантию Земли от уровня 2900 км. Эта точка зрения сейчас, пожалуй, наиболее популярна, хотя и здесь возникает вопрос о выделении внешнего ядра, имеющего свойства жидкости. Возникло ли оно после формирования твердого внутреннего ядра или внешнее и внутреннее ядра выделялись в процессе дифференциации? Но этот вопрос однозначного ответа не существует, но предположение отдается второму варианту.

Процесс аккреции, столкновение планетезималей размером до 1000 км, сопровождался большим выделением энергии, с сильным прогревом формирующейся планеты, ее дегазацией, т.е. выделением летучих компонентов, содержащихся в падавших планетезималях. Большая часть летучих веществ при этом безвозвратно терялась в межпланетном пространстве, о чем свидетельствует сравнение составов летучих в метеоритах и породах Земли. Процесс становления нашей планеты по современным данным длился около 500 млн. лет и проходил в 3 фазы аккреции. В течение первой и главной фазы Земля сформировалась по радиусу на 93-95% и эта фаза закончилась к рубежу 4,4 – 4,5 млрд. лет, т.е. длилась около 100 млн. лет.

Вторая фаза, ознаменовавшаяся завершением роста, длилась тоже около 200 млн. лет. Наконец, третья фаза, продолжительностью до 400 млн. лет (3,8-3,9 млрд. лет окончание) сопровождалась мощнейшей метеоритной бомбардировкой, такой же, как и на Луне. Вопрос о температуре первичной Земли имеет для геологов принципиальное значение. Даже в начале ХХ века ученые говорили о первичной «огненно-жидкой» Земле. Однако этот взгляд полностью противоречил современной геологической жизни планеты. Если бы Земля изначально была расплавленной, она давно бы превратилась в мертвую планету.

Следовательно, предпочтение нужно отдать не очень холодной, но и не расплавленной ранней Земле. Факторов нагрева планеты было много. Это и гравитационная энергия; и соударение планетезималей; и падение очень крупных метеоритов, при ударе которых повышенная температура распространялась до глубин 1-2 тыс.км. Если же, все-таки, температура превышала точку плавления вещества, то наступала дифференциация – более тяжелые элементы, например, железо, никель, опускались, а легкие, наоборот, всплывали.

Но главный вклад в увеличение тепла должен был играть распад радиоактивных элементов − плутония, тория, калия, алюминия, йода. Еще один источник тепла – это твердые приливы, связанные с близким расположением спутника Земли − Луны. Все эти факторы, действуя вместе, могли повысить температуру до точки плавления пород, например, в мантии она могла достигнуть +1500 ОС. Но давление на больших глубинах препятствовало плавлению, особенно во внутреннем ядре. Процесс внутренней дифференциации нашей планеты происходил всю ее геологическую историю, продолжается он и сейчас. Однако, уже 3,5-3,7 млрд.лет назад, при возрасте Земли в 4,6 млрд.лет, у Земли было твердое внутреннее ядро, жидкое внешнее и твердая мантия, т.е. она уже была дифференцирована в современном виде. Об этом говорит намагниченность таких древних горных пород, а, как известно, магнитное поле обусловлено взаимодействием жидкого внешнего ядра и твердого внешнего. Процесс расслоения, дифференциации недр происходил на всех планетах, но на Земле он происходит и сейчас, обеспечивая существование жидкого внешнего ядра и конвекцию в мантии.

Атмосфера и гидросфера Земли возникли в результате конденсации газов, выделявшихся на ранней стадии развития планеты. Луна − это единственный спутник Земли, всегда обращенный к ней одной и той же стороной и вращающейся вокруг Земли по законам Кеплера − вблизи апогея медленнее, вблизи перигея − быстрее. Однако, вокруг оси Луна вращается равномерно и время ее обращения вокруг оси равняется сидерическому (звездному) месяцу. Двойная система Земля-Луна сказывается на Земле и Луне. Известно, что влияние Луны вызывает приливы на Земле, но т.к. Земля в 81 раз массивнее Луны, то и приливы на Луне намного сильнее. Полный оборот вокруг Земли Луна совершает за 27 суток 7 часов 43 минуты. Это время является сидерическим (звездным) месяцем Луны, т.е. периодом движения Луны относительно звезд. Центр масс двойной системы Земля-Луна находится в 4750 км от центра Земли внутри планеты. Поверхность Луны, в том числе и ее обратная, невидимая сторона прекрасно изучена с помощью космических аппаратов, луноходов и американскими астронавтами, неоднократно бывавшими на поверхности Луны и собравшими несколько тонн лунных пород. Среднее удаление Луны от Земли 384000 км, диаметр Луны 3476 км, масса 7,33⋅1025, средняя плотность 3,33 г/ см3. Атмосфера на Луне отсутствует из-за малых ее размеров, температура на экваторе днем достигает +130ОС, а ночью -150ОС. Поверхность Луны подразделяется на моря и материки. Первые занимают 17% поверхности, вторые – 83%.. Материки, более светлые участки поверхности Луны – это относительно древние, брекчированные породы, с большим количеством плагиоклаза – анортита. Материки покрыты большим количеством метеоритных кратеров, образовавшихся при интенсивной бомбардировке 4,0-3,9 млрд. лет назад.

Более темные моря представляют собой огромные покровы базальтовых лав, излившихся 3,9-3,0 млрд. лет назад, т.е. они более молодые и метеоритных кратеров на них меньше. Поверхность Луны покрыта рыхлым грунтом − реголитом, образовавшимся при ударах метеоритов и раздроблении пород. Изучение Луны дало геологам доказательство усиленной метеоритной атаке Земли в этот же интервал времени, 3,9-4,0 млрд. лет назад. Сила тяжести на Луне 1/6 земной и у нее есть очень слабое магнитное поле неизвестного происхождения. Измерения силы тяжести показали скопление плотных масс − масконов под лунными морями.

На Луне выделяется кора, мощностью до 60 км и скоростью сейсмических волн Vр − 7,0-7,7 км/ сек; литосфера или верхняя и средняя мантия до глубины 1000 км; нижняя мантия (астеносфера), частично расплавленная, как и ядро, с глубины 1500 до 1740 км. Через них не проходят поперечные сейсмические волны. Приливные лунотрясения, выявленные с помощью сейсмографов, установленных на поверхности Луны экспедициями «Апполонов» с 1969 г., приурочены к средней мантии. Луна ежегодно удаляется от Земли примерно на 2 см, увеличивая свой момент количества движения.

Существует 3 главные гипотезы о происхождении Луны. По одной из них Луна отделилась от Земли, по другой − Луна была захвачена уже «готовой» силами притяжения Земли, по третьей, разработанной в 60-е годы российской ученой Е.Л. Рускол, Луна образовалась вместе с Землей из роя планетезималей. Недавно ученые университета Беркли в Калифорнии (США), после длительных компьютерных расчетов показали, что 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. Было это 4,5 млрд. лет назад. Любая из гипотез должна объяснить отличия в химическом составе лунных пород от земных и различия в плотности небесных тел.

Диаметр Земли 12756 км; масса 5,988×1024 кг; плотность 5510 кг/м3; период вращения 23 ч 56 м 4,1 с; период обращения 365,26 суток; эксцентриситет орбиты 0,017; площадь поверхности – 510 млн. км2; объем – 1,083×1012 км3.

И. Ньютон первым показал, что форма Земли более сложная, чем шар, и доказал, что главным фактором в создании формы Земли является ее вращение и, вызванная этим центробежная сила. Поэтому форма Земли зависит от совместного действия сил гравитации и центробежных. Хорошо известно, что равнодействующая этих сил называется силой тяжести. Многочисленные геодезические измерения позволили доказать, что Земля представляет собой эллипсоид, вычисленный в 1940 г. геодезистом А.А. Изотовым и названный им эллипсоидом Красовскогов честь Ф.Н. Красовского, известного русского геодезиста. Параметры эллипсоида Красовского: экваториальный радиус – 6378,245 км; полярный радиус – 6356,863 км; полярное сжатие α = 1/298,25.

Реальная форма Земли лучше описывается фигурой *геоида* (землеподобная) – эквипотенциальной поверхностью невозмущенного океана, продолженной и на континенты. Сила тяжести в каждой точке поверхности геоида направлена перпендикулярно к ней. Сейчас построена карта геоида, приведенная к сжатию 1/298,25, с помощью как наземных гравиметрических, так и спутниковых наблюдений. На карте ясно видны впадины и выпуклости на поверхности Земли с амплитудой в десятки метров, так что форма Земли скорее напоминает «обгрызанное яблоко». Аномалии геоида обусловлены неравномерным распределением масс с различной плотностью внутри Земли.

Находясь на поверхности Земли, мы можем определить много параметров, характеризующих Землю: состав вещества (горных пород, вод, океана, атмосферы) и его возраст, температуру, силу притяжения к Земле (ускорение силы тяжести), величину магнитного поля, и наблюдать множество явлений: извержения вулканов, землетрясения, в особенности катастрофические, и измерять времена пробега сейсмических (упругих) волн, видеть свечения полярных сияний и многое другое.

Геологам хорошо известно внутреннее строение Земли, т.к. существует метод, который позволяет заглянуть в недоступные места планеты. Это – сейсмические волны(«сейсма» – сотрясение, греч.), возникающие в Земле от землетрясений, ядерных и крупных промышленных взрывов, которые пронизывают всю Землю, преломляясь и отражаясь на разных границах смены состояния вещества. По образному выражению известного геофизика каждое сильное землетрясение заставляет Землю долго гудеть, как колокол. Сейсмологический метод находится в ряду других геофизических методов, но для целей познания глубин Земли он один из самых важных.

Земная кора ограничивается снизу очень четкой поверхностью скачка скоростей сейсмических волн, впервые установленной югославским геофизиком А. Мохоровичичем в 1909 г. и получившей его имя: поверхность Мохоровичича, или поверхность М. Вторая глобальная сейсмическая граница раздела находится на глубине 2900 км и была выделена в 1913 г. немецким геофизиком Бено Гутенбергом и также получила его имя. Эта поверхность отделяет мантиюЗемли от ядра.

На глубине 5120 км снова происходит скачкообразное увеличение скорости волн, т.е. эта часть ядра − твердая. Таким образом, внутри Земли устанавливается 3 глобальные сейсмические границы, разделяющие земную кору и мантию (граница М), мантию и внешнее ядро (граница Гутенберга), внешнее и внутреннее ядро.

В последние годы была установлена еще одна глобальная сейсмическая граница на глубине 670 км, отделяющая верхнюю мантию от нижней и являющаяся очень важной для понимания процессов, идущих в верхних оболочках Земли. Эта граница располагается ниже поверхности М, некотором уровне, различном по глубине под океанами и материками. Особенности этого слоя, получившего название астеносфера(«астенос» − слабый, мягкий, древн. греч.), объясняются возможным его плавлением в пределах 1-2%. Плавление проявляется в виде очень тонкой пленки, обволакивающей кристаллы при Т0 порядка +1200 °С.

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

Земная кора и часть верхней мантии над астеносферой носит название литосфера(«литос» – камень, греч.). Литосфера холодная, поэтому она жесткая и может выдержать большие нагрузки. Механические свойства вещества Земли на всех уровнях важна для понимания геодинамических процессов. Литосфера, т.е. земная кора и часть верхней мантии до глубин примерно в 200 км ведет себя в целом как более хрупкая, чем нижняя (гранулито-базитовый слой). Жесткость литосферы оценивается в 1024 Нм и она обладает неоднородностью в горизонтальном направлении. Именно в литосфере, особенно в ее верхней части, образуются разломы.

Астеносфера, подстилающая литосферу, также обладает неоднородностью в горизонтальном направлении и изменчивой мощностью. Пониженные скорости сейсмических волн в астеносфере хорошо объясняется плавлением всего лишь 2-3% вещества. Астеносферный слой по современным представлениям играет важнейшую роль в тектонической и магматической активности литосферных плит и обеспечивает их изостатическое равновесие, несмотря на то, что сам слой может быть прерывистым, например, отсутствуя под древними докембрийскими платформами.

Располагающаяся ниже астеносферного слоя мантия, особенно нижняя, глубже 670 км, обладает вязкостью около 1021 м2/с. Эта очень высокая вязкость, тем не менее, не является непреодолимым препятствием для медленных конвективных перемещениях мантийного вещества, что подтверждается так называемой сейсмической томографией, позволяющей «увидеть» очень незначительные плотностные неоднородности в мантии. Глубже 700 км в мантии не зафиксировано очагов землетрясений, что свидетельствует о невозможности возникновения сколов.

Выше говорилось о модели строения Земли К.Е. Буллена, созданной в 1959-1969 гг. В последнее время используется более новая, уточненная модель, называемая PREM (Prelimerary Reference Earth Model), характеризуемая «нормальным», т.е. усредненным распределением с глубиной различных физических параметров, в том числе скоростей распространения сейсмических волн. Определение химического и минерального состава геосфер Земли представляет собой очень сложную задачу, которая во многом может быть решена лишь приблизительно, основываясь на косвенных данных. Прямые определения возможны только в пределах земной коры, горные породы которой неоднородны по своему составу и сильно различаются в разных местах.

Четко видна разница в составе между континентальной и океанической корой, которая носит принципиальный характер. Верхний слой континентальной коры состоит из гранитов и метаморфических пород, которые обнажаются на кристаллических щитах древних платформ. Нижний слой коры практически нигде не вскрыт, но в его составе должны преобладать основные породы – базиты, как магматические, так и метаморфические. Об этом свидетельствуют геофизические и экспериментальные данные. Тем не менее, приведенный выше средний состав земной коры, может быть отнесен только к верхней части земной коры, тогда как состав нижней коры все еще остается областью догадок.

Горные породы, слагающие континентальную кору, несмотря на свое разнообразие, представлены несколькими главными типами. Среди осадочных пород преобладают песчаникии глинистые сланцы(до 80%), среди метаморфических *– гнейсы* и кристаллические сланцы, а среди магматических – гранитыи базальты*.* Следует подчеркнуть, что средние составы песчаников и глинистых сланцев близки к средним составам гранитов и базальтов, что свидетельствует о происхождении первых за счет выветривания и разрушения вторых.

В океанической коре по массе абсолютно преобладают базальты (около 98%), в то время как осадочные породы самого верхнего слоя имеют очень небольшую мощность. Самыми распространенными минералами земной коры являются полевые шпаты, кварц, слюды, глинистые минералы, образовавшиеся за счет выветривания полевых шпатов. Подчиненное значение имеют пироксены и роговые обманки. Состав верхней и нижней мантии может быть определен только предположительно, основываясь на геофизических и экспериментальных данных. Верхняя мантия, ниже границы Мохоровичича с наибольшей долей вероятности сложена ультраосновными породами, обогащенными Fe и Мg, но в тоже время обеденными кремнеземом. Не исключено, что среди пород верхней мантии много эклогитов, которые образуются при высоких давлениях, о чем свидетельствует появление в них минерала граната, устойчивого при том давлении, которое существует в верхней мантии.

Основными минералами вещества верхней мантии являются оливини пироксены. По мере увеличения глубины, твердое вещество мантии скачкообразно, на границах, устанавливаемых сейсмическим методом, претерпевает структурные преобразования, сменяясь все более плотными модификациями минералов и при этом не происходит изменение химического состава вещества.

Химический и минеральный состав ядрапредполагается на основании расчетных давлений, около 1,5 Мбар, существующих глубже 5120 км. В таких условиях наиболее вероятно существование вещества, состоящего из Fe с 10% Ni и некоторой примеси серы во внешнем ядре, которая образует с железом минерал троилит. Как полагает А.А. Ярошевский, именно эта легкоплавкая эвтектическая смесь обеспечивает стабильность жидкого внешнего ядра, выше которого находится твердая силикатная мантия. Таким образом, Земля оказывается расслоенной на металлическое ядро и твердую силикатную мантию и кору, что обуславливается различной плотностью и температурой плавления, т.е. различиями физических свойств вещества мантии и ядра согласно представлениям А.А. Ярошевского. Эти различия могли сформироваться еще на стадии гетерогенной аккреции планеты.

Земная кора – тонкая оболочка нашей планеты, обогащена легкоплавкими соединениями, образовавшимися при плавлении мантийного вещества. Поэтому магматизм, во всех его проявлениях, и является тем главным механизмом, обеспечивающим формирование легкоплавкой фракции и ее продвижение во внешнюю зону Земли, т.е. формирование земной коры. Магматические процессы фиксируются с самого раннего геологического времени, породы которого доступны наблюдению, а, следовательно, в это же время началась дегазация мантии, в результате чего были сформированы атмосфера и гидросфера.

Рассмотренные выше процессы, начало которым положило образование нашей планеты, продолжаются до сих пор, и влияют, так или иначе, на существование человечества. Это делает, по мере расселения человека по планете, все более актуальной информацию о глобальных геологических процессах.

**Заключение**

Проблемы возникновения и развития Вселенной и Солнечной системы представляют для человечества не только академический интерес. Из геологической истории известны падения крупных космических тел на поверхность Земли, оставивших огромные кратеры − астроблемы («звездные раны») и сопровождавшиеся катастрофическими последствиями для биоты. Не исключена возможность столкновения астероида с Землей и в будущем, поэтому ученые озабочены расчетами уточнения орбит астероидов, которые могут пролететь вблизи Земли. Вечером 23 марта 1989 г. совсем рядом с нашей планетой «просвистел» каменный астероид с поперечником около 800 м. И, несмотря на то, что «рядом» означает расстояние в два раза большее, чем от Земли до Луны, с 1937 г., когда астероид Гермес пролетел примерно на таком же расстоянии, подобных происшествий не наблюдалось. Астрономы предсказывают, что астероид «1989FC» может вернуться и если он столкнется с Землей, то последствия будут равны одновременному взрыву 1000 водородных бомб. Поэтому прогноз взаимодействия космических тел в Солнечной системе, возможно, является для человечества условием выживания.

Геология дала человечеству возможность использования геологических ресурсов для развития всех отраслей техники и технологии. Вместе с тем, интенсивная техногенная деятельность привела к резкому ухудшению экологической мировой обстановки, настолько сильной и быстрой, что нередко под вопрос ставится существование человечества. Мы потребляем намного больше, чем природа в состоянии регенерировать. Поэтому проблема устойчивого развития в наши дни является подлинно глобальной, мировой проблемой, касающейся всех государств.

Несмотря на увеличение научно-технического потенциала человечества, уровень нашего незнания о планете Земля все еще очень велик. И по мере прогресса в наших знаниях о ней, количество вопросов, остающихся нерешенными, не уменьшается. Мы стали понимать, что на процессы, происходящие на Земле, оказывают влияние и Луна, и Солнце, и другие планеты, все связано воедино, и даже жизнь, возникновение которой составляет одну из кардинальных научных проблем, возможно, занесена к нам из космического пространства. Геологи пока бессильны предсказывать землетрясения, хотя, предугадать извержения вулканов сейчас уже можно с большой долей вероятности. Множество геологических процессов еще плохо поддаются объяснению и тем более прогнозированию. Поэтому интеллектуальная эволюция человечества во многом связана с успехами геологической науки, которая когда-нибудь позволит человеку решить волнующие его вопросы о происхождении Вселенной, происхождении жизни и разума.

**Список использованной литературы**

1. Авсюк Ю.Н. Эволюция системы Земля – Луна и ее место среди проблем нелинейной геодинамики // Геотектоника, 1993, №1, с.13-22.
2. Аллинсон А., Палмер Д. Геология. М., Мир, 1984.
3. Базилевский А.Т. Новые данные о строении планет, полученные с помощью космических аппаратов. Энциклопедия «Современное естествознание». М.: Магистр-Пресс, т.9, 2000, с.7-15.
4. Браун Д., Массет А. Недоступная Земля. М., Мир, 1984, 261 с.
5. Витязев А.В., Печерникова Г.В., Сафронов В.С. Планеты земной группы. Происхождение и ранняя эволюция. М.: Наука, 1990.
6. Короновский Н.В. Общая геология. Изд–во Московского университета, 2002.
7. Новиков И.Д. Как взорвалась Вселенная. Природа, 1988, №1, с.82-91.
8. Очерки сравнительной планетологии /Под ред. В.Л.Барсукова. М.: Наука, 1981.
9. Симоненко А.Н. Астероиды или тернистые пути исследований. М., Наука, 1985, 201 с.
10. Физика космоса (маленькая энциклопедия) /Под ред. Р.А.Сюняева. М.: Сов. Энциклопедия., 1986.
11. Шейдеггер А. Основы геодинамики. М.: Недра, 1987, 384 с.