Напомним, что атмосфера Земли - это внешняя газовая оболочка, которая начинается у её поверхности и простирается в космическое пространство приблизительно на 2000 км.

Атмосфера имеет очень большое экологическое значение. Она защищает все живые организмы Земли от губительного влияния космических излучений и ударов метеоритов, регулирует сезонные температурные колебания, уравновешивает и выравнивает суточные. Если бы атмосферы не существовало, то колебание суточной температуры на Земле достигло бы.

Атмосферу условно разделяют на несколько слоёв (рис. 169). Это связано с характерными особенностями изменения температуры в каждом слое.

Нижняя часть атмосферы, достигающая высоты в полярных областях и в экваториальной, называется тропосферой. В ней сосредоточено всей массы атмосферного воздуха. Для дыхания пригоден только её нижний, достаточно плотный слой толщиной до 5 км. В направлении от поверхности Земли к верхней границе тропосферы, т.е. при удалении от нагретой Солнцем и излучающей тепло Земли, температура воздуха понижается.

Облака образуются в основном в пределах тропосферы, так как в ней содержится почти весь водяной пар атмосферы. В тропосфере протекают процессы, определяющие погоду, например формируются и перемещаются циклоны и антициклоны.

Над тропосферой лежит стратосфера - очень важная для жизни на Земле часть атмосферы. Именно в ней располагается озоновый слой, поглощающий идущее от Солнца сильное ультрафиолетовое излучение. В больших количествах оно представляет опасность для здоровья и жизни. Поглощая ультрафиолетовое излучение, озон нагревает стратосферу, благодаря чему её температура возрастает с высотой.

За стратосферой следует мезосфера (что в переводе с греческого означает «средняя, промежуточная сфера»). Над мезосферой до высоты порядка 800 км простирается термосфера. В ней до высоты 200-300 км температура растёт, достигая 1000-1500 °С вследствие ионизации атмосферного кислорода и других газов ультрафиолетовыми и рентгеновскими лучами Солнца и космическим излучением. Области, где происходит ионизация, называют ионосферой. Благодаря наличию заряженных частиц, ионосфера отражает радиоволны коротковолнового диапазона и тем самым даёт возможность принимать радиопередачи с больших расстояний.

Внутреннее строение Земли показано на рисунке 170. Верхняя твёрдая оболочка Земли называется корой. Из рисунка видно, что толщина земной коры в разных местах различна. В центральной части планеты находится железоникелевое ядро, температура и давление которого могут достигать соответственно. Внешняя часть ядра жидкая, внутренняя - твёрдая. Часть Земли, расположенная непосредственно под корой и выше ядра, называется мантией. В мантии находится большая часть вещества Земли.

Исследования показали, что упругие поперечные волны распространяются в глубь Земли только до глубины 2920 км. Очевидно, здесь начинается внешнее жидкое ядро.

С существованием жидкого внешнего ядра связывают происхождение магнитного поля Земли. Движение электропроводящего вещества в жидком горячем (порядка) ядре планеты возбуждает электрические токи, порождающие магнитное поле (рис. 171).

Земля обладает самым сильным магнитным полем по сравнению с другими планетами земной группы. Магнитное поле Земли время от времени изменяет свою ориентацию, совершая и вековые колебания с периодом несколько сотен лет. Кроме того, 2-3 раза за миллион лет поле меняет местами магнитные полюсы. На это указывает «вмороженное» в осадочные и вулканические породы магнитное поле отдалённых эпох.

Меркурий. Чем больше масса планеты и чем меньше при этом её радиус, тем более сильное гравитационное поле она создаёт в пространстве вокруг себя и тем больше ускорение свободного падения на её поверхности, поскольку. Обладая достаточно сильным гравитационным полем, планета может удерживать вокруг себя атмосферу.

Наличие атмосферы и её плотность определяется ещё одним фактором - расстоянием планеты от Солнца и соответственно температурой на её поверхности. При очень высоких температурах скорости движения и кинетические энергии молекул газов в атмосфере достигают таких значений, при которых они могут преодолеть силы гравитационного притяжения к планете и покинуть её атмосферу.

По изложенным выше причинам предполагалось, что Меркурий, близкий к Солнцу и имеющий небольшую массу, не имеет атмосферы. Тем не менее атмосфера, хоть и очень разреженная, была обнаружена на планете американской автоматической межпланетной станцией «Маринер-10», которая в марте 1974 г. прошла всего в 705 км от его поверхности.

Результаты проведённых «Маринером» исследований удивили учёных тем, что в атмосфере Меркурия помимо прочих газов был обнаружен гелий. Из-за очень высоких температур (порядка 420- 450 °С) весь гелий должен был бы улетучиться из атмосферы планеты в космическое пространство в течение примерно 200 дней. Вероятно, Меркурий постоянно получает гелий, который поставляет ему солнечный ветер - поток из электронов, протонов и ядер гелия, истекающий из солнечной короны.

Исследования, проведённые «Маринером-10» в 1974-1975 гг., показали, что Меркурий имеет очень слабое (в 100 раз слабее земного) магнитное поле.

Меркурий является одной из наиболее плотных планет Солнечной системы. Это обусловлено двумя факторами: образованием Меркурия из ближайшей к Солнцу части протопланетного диска, содержащей больше тяжёлых элементов, чем окраинные его части, и наличием очень плотного (9,8 г/ см3) ядра, содержащего 80% массы планеты.

Внутреннее строение Меркурия показано на рисунке 172. Он состоит из внешнего жидкого и внутреннего твёрдого ядра. Магнитное поле Меркурия создаётся электропроводящими конвективными потоками в жидком ядре.

Над ядром Меркурия лежит силикатная оболочка-мантия толщиной 600 км. Третьей оболочкой твёрдого Меркурия является его кора, толщина которой 100-300 км.

Существование атмосферы у Венеры было обнаружено в 1761 г. М.В. Ломоносовым при наблюдении в зрительную трубу прохождения её по диску Солнца. В дальнейшем выяснилось, что поверхность Венеры скрывают чрезвычайно густые облака серной кислоты, хорошо отражающие свет. Это не даёт возможности наблюдать поверхность планеты в видимом диапазоне. Поэтому изучение поверхности Венеры стало возможным только после возникновения и развития в 30-х гг. ХХ в. радиолокационных наблюдений (радиоволны свободно проходят сквозь венерианскую атмосферу).

Первым исследовательским аппаратом, направленным землянами к другой планете, стала советская автоматическая станция «Венера-1», стартовавшая 12 февраля 1961 г.

Дальнейшие исследования Венеры с использованием советских АМС «Венера» и американских «Вояджер» и «Пионер» показали, что давление на Венере достигает 93 атм, а температура - 500 °С. Такие высокие значения температуры и давления обусловлены в атмосфере Венеры парниковым эффектом, способствующим аккумуляции тепла в нижних слоях атмосферы. Было выяснено также, что на высоте 50-70 км от поверхности, где располагаются плотные облака, дуют ураганные ветры. Таким образом, Венера - это планета ядовитых облаков, бурь и адской жары.

Согласно одной из гипотез о строении Венеры, эта планета состоит из коры, мантии и расплавленного железного ядра, масса которого составляет около четверти всей массы планеты (рис. 173).

Собственное магнитное поле Венеры почти полностью отсутствует. Видимо, это связано с очень медленным её вращением. Магнитное поле возникает благодаря тому, что межпланетное магнитное поле возбуждает в ионосфере Венеры электрические токи, порождающие локальные магнитные поля. Влияние на эти поля солнечного ветра усложняет картину. Поэтому у Венеры нет магнитных полюсов в традиционном их понимании.

Марс. Фототелевизионные изображения марсианской поверхности, переданные на Землю в 1976 г. с американских орбитально-посадочных станций «Викинг-1» и «Викинг-2», показали, что поверхность Марса покрыта красноватым песком. Такой оттенок придаёт песку оксид железа. Проведённые этими же станциями исследования марсианского грунта на предмет обнаружения в нём следов живых микроорганизмов дали отрицательный результат.

Атмосфера Марса по плотности не превышает 1% земной, давление у поверхности в 160 раз меньше земного. В отличие от Земли, масса марсианской атмосферы сильно изменяется в течение года в связи с таянием и намерзанием полярных шапок, состоящих в основном из углекислого льда (рис. 174), и простирается в пределах от 110 до 130 км над поверхностью планеты.

Климат на Марсе значительно холоднее и суше земного. Днём в области экватора температура может составлять от -10 до -30 °С, ночью опускается ниже - 100 °С. Резкие перепады температуры на Марсе (обусловленные, в частности, сильной разреженностью атмосферы) являются причиной частого возникновения на нём пылевых бурь.

Из-за низкого атмосферного давления вода не может существовать в жидком состоянии на поверхности Марса. Аппарат «Феникс» в июле 2008 г. обнаружил на Марсе воду в состоянии льда.

Марсианский год состоит из 668,6 марсианских солнечных суток (называемых с6ла.ми ). Наклон оси обеспечивает смену времён года. При этом вытянутость орбиты приводит к большим различиям их продолжительности. Так, северная весна и лето приходятся на участок орбиты Марса, удалённый от Солнца. Поэтому на Марсе северное лето долгое и прохладное, а южное - короткое и жаркое.

Магнитное поле Марса очень слабо и неустойчиво. В различных точках планеты его индукция может отличаться от 1,5 до 2 раз. Магнитные полюсы не совпадают с географическими. Это говорит о том, что железное ядро Марса находится в сравнительной неподвижности по отношению к его коре.

Юпитер - крупнейшая планета Солнечной системы и среди газовых гигантов. Масса Юпитера превышает массу всех других планет, вместе взятых. Он находится в 5 раз дальше от Солнца, чем Земля. Один оборот вокруг Солнца Юпитер совершает за 12 лет.

Планета не имеет твёрдой поверхности. Поэтому, говоря о её размерах, указывают радиус верхней границы облаков, где давление порядка. Средняя плотность Юпитера очень мала (1,33 г/ см3) . Он почти целиком состоит из водорода и гелия: по объёму соответственно 89 и 10%. И только 1% составляют более тяжёлые элементы.

Протяжённость водородно­гелиевой атмосферы Юпитера превышает 1000 км. Она создаёт такое большое давление, что молекулярный водород и гелий под ней превращаются в жидкость. Оранжевый цвет атмосфере придают соединения фосфора или серы.

Из-за непрозрачности атмосферы Юпитера невозможно увидеть её нижние слои. В юпитерианской атмосфере образуются вихри (циклоны и антициклоны), штормы и грозы. Вихри проявляют себя в виде крупных красных, белых и коричневых пятен. Так называемое Большое Красное Пятно - крупнейший известный вихрь в Солнечной системе является антициклоном (рис. 175). В пределах этого вихря могло бы разместиться несколько планет размером с Землю. Он существует уже около 300 лет.

Поскольку Юпитер является газовой планетой, его вращение отличается от вращения твёрдого тела. Экваториальная область планеты вращается быстрее приполярных. Ось вращения планеты почти перпендикулярна плоскости орбиты и эклиптики. Поэтому на Юпитере нет смены времён года.

Видимая поверхность Юпитера - это верхние плотные аммиачные облака. Глядя с Земли на Юпитер, мы видим верхушки облаков в виде вытянутых вдоль экватора полос. На рисунке 175 показано, что эти полосы образуют системы тёмных поясов и светлых зон, расположенных симметрично к северу и югу от экватора. Пояса и зоны - это области ни­ сходящих и восходящих потоков в атмосфере планеты.

Предполагаемое строение Юпитера показано на рисунке 176. На глубине км давление достигает 300 ГПа, температура, и водород переходит в вырожденное, или металлическое, состояние (при котором электроны оторваны от протонов), т.е. становится подобным жидкому металлу. Толщина этого слоя около км. Внутри него плавает небольшое железосиликатное твёрдое ядро радиусом 4000 км с температурой, близкой, и массой, в 13 раз превышающей массу земного шара.

Слой металлического водорода способен проводить электрический ток и, по всей видимости, является источником существования обширного магнитного поля планеты.

Юпитер обладает самым протяжённым магнитным полем и самой мощной и активной магнитосферой из всех планет Солнечной системы. В магнитосфере происходит ускорение частиц. Проникновение частиц из магнитосферы в атмосферу Юпитера создаёт там полярные сияния, зарегистрированные космическими аппаратами (рис. 177).

Сат урн можно увидеть невооружённым глазом с Земли. Его кольцо - самое мощное, светлое и красивое по сравнению с кольцами трёх остальных планет-гигантов - состоит из двух колец, разделённых чётко видимым зазором.

В период с 1979 по1981 г. с помощью американских космических аппаратов «Пионер-11», «Вояджер-1» и «Вояджер-2» было обнаружено магнитное поле Сатурна. Были также получены снимки структуры колец и определён их состав. Оказалось, что кольца состоят главным образом из частичек льда, «горных пород» и пыли.

Сатурн состоит в основном из водорода с примесями гелия и следами воды, метана, аммиака и «горных пород».

Сатурн - единственная планета Солнечной системы, средняя плотность которой меньше плотности воды. Сутки на планете длятся 10 ч 34 мин 13 с. Один оборот вокруг Солнца Сатурн совершает за 29,46 земных лет, в его году 10 759 сатурнианских суток.

Плоскость экватора Сатурна (с которой совпадает плоскость обращения его колец) наклонена к плоскости его орбиты на 26,73°, поэтому на нём, как и на Земле, происходит смена времён года. Но каждое из четырёх времён года на Сатурне длится не менее 7 лет.

На рисунке 178 показано строение Сатурна.

Уран. В 1986 г. космический аппарат «Вояджер-2» пересёк орбиту Урана и прошёл в 81 500 км от поверхности планеты (рис. 179). Это единственное в истории космонавтики посещение окрестностей Урана. Аппарат изучил уникальные погодные условия, обусловленные тем, что ось вращения Урана расположена почти в плоскости его орбиты, открыл 10 новых спутников и два кольца и провёл ряд других исследований.

Период вращения планеты вокруг своей оси составляет 17 земных часов и 34 земных минуты, однако из-за сильных ветров, дующих в верхнем слое атмосферы и достигающих скорости 240 м/ с, некоторые части атмосферы совершают оборот вокруг планеты за 14 часов. Двигаясь по орбите со средней скоростью, равной 6,81 км/ с, Уран делает оборот вокруг Солнца за 84 земных года.

Уран является единственной планетой Солнечной системы, которая вращается «лёжа на боку», поскольку ось его вращения располагается почти в плоскости орбиты. Поэтому процессы смены дня и ночи на нём существенно отличаются от тех же процессов, происходящих на многих других планетах. За урановый год каждый полюс планеты половину года (42 земных) находится в темноте, а другую половину - под светом Солнца.

Хотя Уран и не имеет твёрдой поверхности в привычном понимании этого слова, наиболее удалённую часть газообразной оболочки принято называть его атмосферой. Это самая холодная планетарная атмосфера Солнечной системы с минимальной температурой - 224 °С. Полагают, что Уран имеет сложную слоистую структуру облаков, где вода составляет нижний слой, а метан - верхний.

В недрах Урана (и схожего с ним Нептуна) отсутствует металлический водород, но зато есть разные льды: водный, метановый, аммиачный. Поэтому их называют «ледяными гигантами», в отличие от газовых гигантов - Сатурна и Юпитера, состоящих в основном из водорода и гелия.

В центре Урана (рис. 180) находится небольшое (около 20% от радиуса планеты) ка­менное ядро, в середине - оболочка из льда (около 60% от радиуса Урана), а вокруг водородно-гелиевая атмосфера (20% радиуса планеты).

Измерения «Вояджера-2» позволили обнаружить у Урана весьма специфическое магнитное поле, которое направлено не из геометрического центра планеты, а наклонено на 59° относительно оси вращения. Из-за асимметричности магнитного поля значения магнитной индукции на поверхности в южном и северном полушариях различны. Магнитное поле превосходит земное в 50 раз. Кроме Урана, аналогичное смещённое магнитное поле наблюдается у Нептуна. Возможно, такая конфигурация поля характерна для «ледяных гигантов» и обусловлена тем, что поле у них формируется на довольно малых глубинах.

Нептун. «Вояджер-2» был первым космическим кораблём, который в 1989 г. достиг Нептуна. Он сфотографировал планету, и благодаря этим изображениям было обнаружено, что у планеты есть пять колец (рис. 181).

Видимая поверхность Нептуна представляет собой плотный облачный слой синего цвета с полосами и белыми и тёмными пятнами. Большое Тёмное Пятно (рис. 182) является самым крупным из наблюдавшихся до сих пор ураганов-антициклонов.

Температура Нептуна в верхних слоях атмосферы близка к -220 °С. В центре Нептуна температура составляет, по различным оценкам, от 6000 до 7000 °С, что сопоставимо с температурой на поверхности Солнца. Внутреннее строение Нептуна показано на рисунке 183.

Из-за огромного давления (в несколько миллионов раз превышающего атмосферное давление на Земле) находящийся в мантии лёд не испаряется, несмотря на высокую температуру - от 2500 до 5500 °С.

Своим синим с зеленоватым оттенком цветом Нептун обязан присутствующему в верхних слоях атмосферы метану, который поглощает из солнечного света красные лучи и отражает синие.

В глубоких частях атмосферы под действием большого давления газы преобразуются в кристаллы, которые на ещё больших глубинах превращаются в лёд.

Смена времён года на Нептуне, как и на Земле, происходит по мере движения планеты вдоль орбиты. Но год на Нептуне равен 164 земным годам. Соответственно продолжительность каждого из четырёх его сезонов - 41 год - гораздо длиннее земных. Очередное лето, начавшееся в южном полушарии в 2005 г., продлится до 2046 г. В этот период вокруг северного полюса Нептуна будет царить зимняя полярная ночь.

Магнитное поле у Нептуна впервые было обнаружено в 1989 г. во время пролёта близ планеты «Вояджера-2». Исследования показали, что магнитная ось планеты отклонена на 47° от оси вращения планеты. Из-за сильного наклона магнитной оси сияния на Нептуне располагаются вовсе не над его полюсами, а на удалении от них на 40- 50°, поэтому их уже нельзя назвать полярными.