Министерство высшего и средне - специального образования

Кафедра Менеджмента

### Реферат на тему:

### ЮПИТЕР, САТУРН, УРАН И НЕПТУН

Выполнил:

### Принял:

г. Ташкент 2006 г.

### ЮПИТЕР, САТУРН, УРАН И НЕПТУН

Эти четыре планеты, часто называемые планетами-гигантами, по своим размерам, массе, плотности, внутреннему строению и составу резко отличаются от планет земной группы. Отличительными свойствами планет-гигантов являются:

1. Большие массы: от 15 земных масс у Урана до 318 у Юпитера.

2. Низкие средние плотности: от 0,70 *г/см3* у Сатурна до 1,71*г/см3* у Нептуна.

3. Быстрое вращение вокруг оси (периоды вращения от 9 *час*. 50 *мин*. у Юпитера до 15 *час*. 48 *мин*. у Нептуна). Юпитер и Сатурн вращаются не как твердые тела: период вращения у них растет от экватора к полюсам. Возможно, что то же самое имеет место у Урана и Нептуна.

4. Планеты-гиганты не имеют твердой поверхности. Наблюдаемые в телескоп поверхности этих планет образованы плотными облаками.

5. Атмосферы планет-гигантов (как и все их вещество) имеют в основном водородно-гелиевый состав. Кроме чистого молекулярного водорода (Н*2*) в спектрах этих планет наблюдаются полосы поглощения соединений водорода: метана (СН*4*) и аммиака (NН*3*). За последнее время в спектре Юпитера обнаружены также этан (С*2*Н*6*), ацетилен (С*2*Н*2*), фосфен (РН*3*) и даже водяной пар (Н*2*О), правда, в ничтожных количествах. Все это тоже соединения водорода.

Оси вращения планет-гигантов расположены весьма разнообразно. Ось Юпитера почти перпендикулярна к плоскости его орбиты, Ось Сатурна наклонена к ней на угол 62° (близкий к углам наклона осей Земли и Марса), а ось Урана лежит почти в плоскости орбиты: она наклонена к этой плоскости на угол в 8°, но так, что вращение планеты, как и у Венеры, является обратным направлению вращения всех остальных планет.

Своеобразное положение оси Урана приводит к тому, что за длительный период обращения его вокруг Солнца (84 года) Солнце на небе планеты перемещается от северного небесного полюса до южного, а затем снова через экватор до северного полюса.

В телескоп на диске Юпитера (рис. 30) видны темные полосы, параллельные экватору планеты, разделенные светлыми промежутками — зонами. Полярные области всегда темные — их называют полярными шапками, хотя они ничего общего не имеют с полярными шапками Марса, поскольку представляют собой облачные образования.

В полосах и зонах наблюдаются те или иные детали: темные и светлые пятна, выступы или углубления в полосах, «мостики» между двумя полосами и т. д. Они хорошо видны на рис. 30.

Полосы на диске Сатурна (рис. 31) видны значительно хуже, они бледнее, детали в них наблюдаются редко. Но все же иногда они появляются: — примером может служить яркое белое пятно, наблюдавшееся на диске Сатурна в 1933 г.

В сильные телескопы бледные полосы видны и на дисках Урана и Нептуна (рис. 32).

В 30-е гг. в спектрах всех четырех планет-гигантов были обнаружены мощные полосы поглощения, интенсивность которых усиливалась по мере перехода от Юпитера к Нептуну (рис. 12). Они были отождествлены с полосами метана (СН*4*). Наиболее интенсивные полосы метана расположены на длинах волн 6190, 7020 и 7250 А. Позднее было обнаружено много полос метана в инфракрасной области спектра. Большинство этих полос наблюдается в спектрах всех четырех планет, но по мере перехода от Юпитера к Нептуну ширина полос растет, и в спектрах Урана и Нептуна многие полосы в красной и ближней инфракрасной частях спектра сливаются, образуя сплошную область поглощения, так, что в этой области планета почти не отражает солнечного излучения.

Совсем иначе ведет себя аммиак (NH*3*). Достоверно его полосы поглощения обнаружены только в спектре Юпитера. В видимой части спектра имеется лишь одна полоса на 6450 А, в инфракрасной области их около десяти. Но уже в спектре Сатурна наличие полосы 6450 А весьма сомнительно (одни астрономы наблюдали на этой волне следы поглощения, другие нет). Другие полосы аммиака вовсе отсутствуют. Не наблюдаются они также в спектрах Урана и Нептуна. Причина этого состоит в том, что с понижением температуры аммиак конденсируется, переходя в жидкое и твердое состояние.

Уже в 60-е гг. в спектре Юпитера, а затем и других планет-гигантов были обнаружены полосы поглощения молекулярного водорода, основного компонента атмосфер этих планет. В основном наблюдаются две так называемые квадрупольные полосы около 6435 и 8270 А.

Хотя линии гелия непосредственно в спектрах планет-гигантов с Земли не наблюдаются, ни у кого не вызывало сомнения, что гелий наряду с водородом является одним из основных компонентов атмосфер планет-гигантов. Дело в том, что, как следовало из наблюдений покрытия Юпитером звезды о Овна, средний молекулярный вес атмосферы этой планеты близок к трем, т.е. атмосфера никак не может быть чисто водородной \*). Метан и аммиак с их молекулярными весами 16 и 17 составляют лишь небольшие добавки к основным компонентам атмосферы и не могут существенно влиять на ее средний молекулярный вес. Поскольку молекулярный вес водорода равен двум, а гелия четырем, их доли должны быть сравнимы. Учитывая некоторое преобладание водорода в Солнечной системе вообще и на Солнце в частности, при построении моделей строения Юпитера и Сатурна принимали, что водород составляет около 70%, а гелий — 30% общего состава атмосферы. На долю метана приходится не более 0,2%, на долю аммиака (в атмосфере Юпитера) — не более 0,1%.

Лишь в декабре 1973 г. с американского космического аппарата «Пионер-10» удалось с помощью двухканального ультрафиолетового фотометра зарегистрировать свечение гелия в атмосфере Юпитера в яркой резонансной линии 584 А, а заодно и свечение атомарного водорода в резонансной линии Лайман-альфа на волне 1216 А. Эти спектральные линии излучаются верхними слоями атмосферы планеты и называются резонансными, потому что их излучение сопровождается переходом атома в основное состояние. Резонансные линии — самые яркие в спектре, но с Земли они практически не наблюдаются, так как расположены в ультрафиолетовой области спектра. Излучение в этой области до поверхности Земли не доходит: оно поглощается озоном и кислородом земной атмосферы.

По наблюдениям с «Пионера-10» и «Пионера-11» удалось оценить объемное отношение гелия к водороду в 0,18. Это было близко к отношению 1:5, принимавшемуся на основании наземных наблюдений большинства ученых. Учитывая, что гелий — вдвое более тяжелый газ, чем водород, получим отсюда, что по массе водород составляет 74%, а гелий 26% атмосферы планеты. В составе недр планеты также основную роль играют водород и гелий (см. § 19).

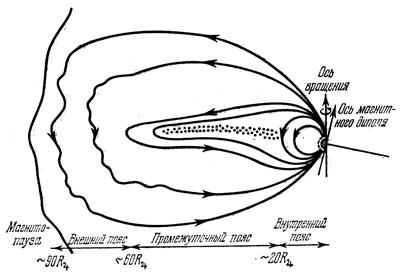
Примерно таков же состав атмосфер других планет-гигантов, но о нем мы знаем гораздо меньше, чем в случае Юпитера. Линию гелия в их спектрах наблюдать пока не удалось и отношение содержания гелия к водороду для них неизвестно. Скорее всего, оно различно для разных планет. О Сатурне мы сможем многое узнать после того как в сентябре 1979 г. к нему приблизится «Пионер-11». Уран же и Нептун еще много лет будут объектами изучения одними наземными методами. Впрочем, и эти методы могут дать немало интересного.

В 1956 г. было обнаружено радиоизлучение Юпитера на волне 3 *см*. Измеренная тогда радиояркостная температура планеты оказалась равной 145°*К*, тогда как измерения в инфракрасном диапазоне давали 130°*К*. Причина этого небольшого расхождения состояла в том, что радиоволны приходят к нам с большей глубины и сообщают температуру не верхней границы облаков, как инфракрасное излучение, а некоторого слоя под облаками.

Вскоре наблюдения на более длинных (дециметровых) волнах показали, что помимо теплового радиоизлучения Юпитер испускает нетепловое излучение, имеющее электромагнитную природу. Радиояркостная температура такого излучения растет с длиной волны, достигая на волне 10 *см* 650°*К*, на волне 20 *см* 2900°*К*, на волне 70 *см* — 26 000°*К* и т.д. Источником этого радиоизлучения являются быстрые (релятивистские) электроны, разгоняемые, а затем тормозящиеся в сильном магнитном поле планеты. В пользу этого заключения свидетельствует тот факт, что размеры излучающей области в несколько раз превышают диаметр самого Юпитера.

Так, еще за 10—12 лет до подлета к Юпитеру «Пионера-10» у этой планеты было установлено наличие сильного магнитного поля и мощных радиационных поясов.

**Строение магнитосферы Юпитера.**



Полеты «Пионера-10» и «Пионера-11» позволили уточнить параметры и структуру магнитосферы Юпитера (рис. 33). Головная ударная волна, отделяющаямежпланетное магнитное поле от магнитосферы планеты, расположена на расстоянии 8 млн. км от Юпитера. Температура заряженных частиц на фронте этой волны скачком возрастает с 10 тыс. до 1 млн. градусов. Магнитное поле планеты оказалось сложным и состоит как бы из двух полей: дипольного, которое простирается до 1,5 млн. км от Юпитера, и недипольного, занимающего остальную часть магнитосферы. Напряженность поля у поверхности планеты 10—15 эрстед, т. е. примерно в 20 раз больше, чем на Земле. Полярность дипольного поля противоположна земному (северный магнитный полюс находится в северном полушарии), магнитная ось наклонена к оси вращения на 11°. Из-за быстрого вращения Юпитера и значительно меньшей интенсивности солнечного ветра на расстоянии Юпитера (он там в 30 раз слабее, чем в районе орбиты Земли) магнитное поле Юпитера почти симметрично относительно магнитной оси планеты (земное магнитное поле «смято» со стороны Солнца давлением солнечного ветра). Кроме теплового и дециметрового излучений, Юпитер является источником радиовсплесков на декаметровых волнах (от 4 до 85 *м*). Продолжительность этих всплесков различна: от долей секунды до минут и даже часов. Впрочем, минуты и часы — это длительность не отдельных всплесков, а целых серий всплесков, своеобразных шумовых бурь или гроз.

В качестве возможных причин этих всплесков в разное время был выдвинут целый ряд механизмов. Среди них и гипотеза о настоящих грозовых (т. е. электрических) разрядах в атмосфере планеты, и о так называемых свистящих атмосфериках, т.е. разрядах, уходящих в космос вдоль силовых линий магнитного поля планеты, и об излучении электронов в магнитном поле Юпитера.

Наиболее обоснованной теоретически является гипотеза советского радиоастронома В. В. Железнякова о том, что всплески на декаметровых волнах порождаются плазменными колебаниями в ионосфере Юпитера. Причин таких колебаний может быть много: нестабильность ионосферной плазмы за счет неоднородности и колебаний магнитного поля и сложного вида распределения заряженных частиц до скоростям, потоки частиц из радиационных поясов, вспышки на Солнце и, наконец, модулирование магнитного поля Юпитера его спутником Ио.

Находясь на среднем расстоянии в 5,9 радиуса планеты от ее центра, этот спутник, имеющий собственную ионосферу, не только захватывает заряженные частицы из радиационного пояса Юпитера, но может их производить и ускорять. Движение Ио в магнитном поле Юпитера генерирует потенциал электрического поля, проходящего через спутник, в 400 киловольт. Этот потенциал приводит к разгону заряженных частиц и порождает излучение декаметровых радиоволн. Измерения «Пионера-11» полностью подтвердили этот факт.

Инфракрасный спектрометр «Пионера-11» не зарегистрировал заметного различия температур дневного и ночного полушарий планеты, что говорит в пользу сильного динамического перемешивания в его атмосфере. Была получена яркостная температура 145°К, откуда следует, что Юпитер испускает вдвое больше тепла, чем получает от Солнца. Остальная часть энергии идет из недр планеты, причем ее источником может служить гравитационное сжатие на 0,1 см/год.

Впрочем, возможно, что энергия недр Юпитера сохранялась еще с момента его образования из первичной туманности. Эта энергия и определяет всю метеорологию планеты. Данные инфракрасного радиометра показывают, что темные полосы Юпитера теплее светлых зон. Их образование связывается с нисходящими и восходящими движениями в атмосфере планеты.

О сложной системе циркуляции в атмосфере Юпитера говорят и прямые фотографии «Пионеров». В атмосфере и в недрах планеты господствуют конвективные движения. Именно они приводят к выравниванию температур дневного и ночного полушарий. На низких широтах мощные кориолисовы силы превращают вертикальные конвективные движения в горизонтальные, а движения в направлении север — юг — в западно-восточные, направленные вдоль параллелей. Это и приводит к характерной полосатой структуре Юпитера. В высоких широтах, где линейная скорость вращения не так велика, как на экваторе (а там она равна 12 *км/сек*}, движения вдоль параллелей не возникают и поэтому в полярных районах планеты мы не наблюдаем полосатой структуры, столь характерной для тропических и умеренных широт. Зато почти вся область полярной шапки испещрена мелкими ячейками циркуляции.

С проблемой циркуляции атмосферы тесно связан вопрос о природе Красного пятна на Юпитере, которое существует уже более 100 лет (а возможно, и дольше). Раньше, когда считали, что под облаками Юпитера есть твердая поверхность. Красное пятно объясняли вихревым образованием типа столба Тейлора: чем-то вроде стоячей волны над каким-либо образованием на поверхности (горой или, наоборот, ложбиной). Однако эта гипотеза противоречила переменности периода вращения Красного пятна. Сейчас более вероятным считается предположение, что Красное пятно — циклоническое возмущение в атмосфере планеты, нечто вроде мощного урагана. Напомним, что его размеры — 14 тыс. км по широте и 30—40 тыс. км по долготе. Возможно, что время жизни таких образований пропорционально их площади. Другие подобные образования меньших размеров не раз наблюдались с Земли и хорошо видны на снимках «Пионеров» (рис. 34).

**Фотография Юпитера с <Пионера-II>.**



Пока еще не удалось объяснить цвет полос и зон Юпитера и других планет-гигантов. Светлые зоны имеют желтоватую, а темные полосы красновато-белую окраску. Все газы, обнаруженные в атмосфере Юпитера (водород, гелий, метан, аммиак, водяной пар и др.), бесцветны. Какое же вещество придает окраску его деталям? Почему Красное пятно — красное? В качестве красящих веществ различными учеными предлагались сульфид и гидросульфид аммония, свободные радикалы,; различные органические соединения и сложные неорганические полимеры. Однако конвекция должна увлекать все эти соединения вниз, где они при высоких температурах должны диссоциировать. Значит, при вертикальных движениях вверх эти вещества должны вновь восстанавливаться. Поскольку бесцветные светлые зоны расположены выше, чем окрашенные полосы, можно считать, что вещество зон состоит из кристаллов аммиака, тогда как красящие вещества формируются ниже, на уровне полос.

У Сатурна скорость вращения на экваторе 9,5 *км/сек*, а запасы внутренней энергии в атмосфере, вероятно, слабее, чем у Юпитера, поэтому полосатая структура на Сатурне не столь заметна. Если бы Сатурн получал тепло только от Солнца, его равновесная температура была бы 77°К. В действительности же температура наружного облачного слоя Сатурна 97°К, что соответствует выходу тепла, в 2,5 раза большему, чем тепло, получаемое планетой от Солнца. Значит, Сатурн подобно Юпитеру имеет внутренние источники энергии, скорее всего той же природы (гравитационное сжатие).

На радиочастотах яркостная температура Сатурна хотя и растет с длиной волны, но гораздо медленнее, чем у Юпитера, достигая на волне 20 *см* значения 300°К (у Юпитера на этой волне температура в 10 раз выше). Поэтому нет оснований считать радиоизлучение Сатурна на сантиметровых волнах нетепловым: скорее всего, более длинные волны приходят к нам из более глубоких слоев, где температура выше.

Отсутствие нетеплового радиоизлучения не позволяет пока решить вопрос о существовании у Сатурна магнитного поля. С подлетом к планете «Пионера-11» в сентябре 1979 г. вопрос будет решен. Но уже теперь ясно, что если магнитное поле Сатурна и существует, то оно гораздо слабее, чем у Юпитера. Есть предположение, что образованию устойчивого магнитного поля Сатурна препятствуют его кольца.

Кольца Сатурна, открытые еще в 1655 г. X. Гюйгенсом, состоят из роя мелких твердых частиц, обращающихся вокруг планеты в плоскости ее экватора по законам Кеплера. Теоретически такое строение колец Сатурна было обосновано работами Э. Роша (1850 г.) и Дж. К. Максвелла (1859 г.), а экспериментально — спектроскопическими наблюдениями А. А. Белопольского, Ж. Деландра и Дж. Килера (1895 г.). В дальнейшем большой вклад в исследование структуры и фотометрических свойств колец Сатурна внес М. С. Бобров. В настоящее время строение колец Сатурна представляется следующим. Имеются три основных кольца: внешнее (А), среднее (В) и внутреннее (С), причем последнее значительно темнее двух других и часто называется «креповым». Наиболее ярким является кольцо В. Кольца А и В разделены так называемым делением Кассини. Размеры колец таковы:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | В экваториальных диаметрах планеты | В км |
| Внешний диаметр кольца А | 2,25 | 275000 |
| Середина деления Кассини | 1,96 | 236500 |
| Внутренний диаметр кольца В | 1,50 | 181000 |
| » » » С | 1,24 | 149400 |

В 1969 г. французский астроном П. Герен на обсерватории Пик-дю-Миди открыл еще одно внутреннее кольцо (D), очень слабое, отделенное от кольца С темным промежутком. Толщина колец Сатурна невелика: по наблюдениям во время прохождения Земли через плоскость колец (когда они становятся к нам ребром) советский ученый Р. И. Киладзе, французские О. Дольфюс и Ж. Фокас, а затем советский астроном М. С. Бобров оценили ее в 2—3 *км*.

Типичные размеры частиц кольца по данным радиолокации не меньше 1 *см* и не более 10 *м*. Такие же пределы получены из анализа фотометрических свойств колец. В то же время некоторые исследователи (например, Ф. Франклин и А. Кук в США) полагают, что в кольцах могут быть и очень малые частицы (в доли миллиметра). Скорее всего, так оно и есть, ибо взаимные столкновения крупных частиц неизбежно будут приводить к их дроблению и образованию мелких частиц. Но доля последних в общей массе кольца незначительна. Оценки массы колец пока весьма ненадежны. Наиболее вероятна оценка: 10-5 массы Сатурна, или 6\*1024 *г*.

Спектральные свойства колец Сатурна указывают на то, что их частицы либо ледяные, либо (что более вероятно) покрыты снаружи слоем льда или инея. К такому выводу пришли американский астроном Дж. Койпер и независимо советский астроном В. И. Мороз.

До недавнего времени кольца Сатурна считались единственным образованием такого типа в Солнечной системе. Но вот наблюдение покрытия звезды 9,5 звездной величины SAO 158687 Ураном 10 марта 1977 г., проведенное американскими учеными с самолетной обсерватории имени Койпера (где на борту высотного самолета установлен 91-сантиметровый телескоп), показало, что Уран тоже окружен системой колец. До закрытия Ураном звезда испытала пять кратковременных (от 1 до 7 *сек*) ослаблений блеска. То же самое произошло после выхода звезды из-за диска Урана. Обработка фотоэлектрических наблюдений показала, что четыре кольца шириной около 10 *км* каждое расположены на расстояниях от 44 до 48 тыс, *км* от центра планеты (18—22 тыс. *км* от ее поверхности). Пятое кольцо, шириной 50—100 *км*, находится на расстоянии 51 000 *км* от центра и 25 000 *км* от поверхности Урана.

В 1960 г. советский астроном С. К. Всехсвятский предсказал, что и Юпитер должен быть окружен кольцом. Некоторые признаки этого кольца он усматривал в наличии на диске планеты тонкой экваториальной полоски. Каково же было удивление ученого мира, когда пролетевший вблизи Юпитера в марте 1979 г. американский космический аппарат «Вояджер-1» подтвердил предположение советского ученого: Юпитер действительно имеет тонкое кольцо.

Уран и Нептун отличаются от Юпитера и Сатурна не только меньшими размерами и массой. У них больше средняя плотность, что отражает иной средний состав этих планет. По-видимому, в их недрах водород и гелий составляют не более 20% массы, остальная часть приходится на долю тяжелых элементов. Но в атмосферах этих планет водород и гелий по-прежнему — главные компоненты.

Температуры этих планет крайне низки. Равновесная температура Урана составляет около 50°К, Нептуна 40°К. Фактически измеренные температуры в инфракрасном диапазоне 55°К и 57°К соответственно. Некоторое превышение измеренной температуры Нептуна над равновесной требует подтверждения.

В миллиметровом и сантиметровом диапазоне температуры обеих планет растут с длиной волны, как видно из следующей таблички:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Длина волны | | | | |
| Планета | 17-28 *мкм* | 3,5 *мм* | 9,5 *мм* | 2 *см* | 10 *см* |
| Уран | 55 | 111 | 125 | 181 | 200°К |
| Нептун | 57 | 88 | 134 | 172 | 200°К |

Явный, хотя и не быстрый рост температуры с длиной волны говорит в пользу тепловой природы радиоизлучения Урана и Нептуна и объясняется, как в случае Сатурна, ростом температуры с глубиной. В 1976 г. советские астрономы К. Ю. Ибрагимов и Л. П. Сорокина (Астрофизический институт АН Казахской ССР) показали, что в атмосферах Урана и Нептуна могут образовываться облака из капелек жидкого метана размером в несколько микрон. Наиболее плотный слой этих облаков лежит на 5—6 *км* ниже наблюдаемой нами их верхней границы.