

	Газовые гиганты		Ледяные гиганты	
Исследования планет	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
<p>при помощи наземных и орбитальных телескопов;</p> <p>с помощью межпланетных аппаратов.</p> <p>состав внутренних слоёв невозможно определить современными методами наблюдений, однако элементы во внешних слоях атмосферы известны с относительно высокой точностью.</p>	<p>с 1970-х годов было отправлено 8 межпланетных аппаратов НАСА: «Пионеры», «Вояджеры», «Галилео» и другие.</p> <p>самые надёжные данные по обилию гелия и водорода на Юпитере получены со спускаемого аппарата «Галилео» 7 декабря 1995 г.</p>	<p>В 1979 г. (АМС) США «Пионер-11» впервые в истории пролетела вблизи Сатурна.</p> <p>В 1980—1981 годах АМС «Вояджер-1», «Вояджер-2». Было сделано 16000 фотографий, исследовалась атмосфера с помощью радара, получены данные о температуре и плотности атмосферы, обнаружено магнитное поле Сатурна и исследована магнитосфера, наблюдали штормы в атмосфере Сатурна, получили детальные снимки структуры колец и выяснили их состав.</p> <p>В 1997 г. АМС «Кассини-Гюйгенс». Цель: изучение структуры и динамики колец и спутников, изучение динамики атмосферы и магнитосферы.</p> <p>В за 4 года (2004- 2008) северное полушарие заметно изменилось (оно окрасилось) в необычные цвета. Причины ?</p>	<p>В 1986 году «Вояджер-2» провёл изучение структуры и состава атмосферы Урана, обнаружил 10 новых спутников, изучил уникальные погодные условия, вызванные осевым креном в 97,77°, и исследовал систему колец. Также было исследовано магнитное поле и строение магнитосферы и, в особенности, «магнитного хвоста», вызванного поперечным вращением. Было обнаружено 2 новых кольца и сфотографированы 5 самых крупных спутников.</p> <p>Планируется миссия Uranus Pathfinder в 2021 году.</p>	<p>В 1989 «Вояджер-2» подтвердил существование магнитного поля планеты, установил, что оно наклонено, как и поле Урана, показал необычно активную погодную систему, было открыто 6 новых спутников планеты и кольца, которых, как оказалось, было несколько.</p> <p>Около 2016 года НАСА планировала послать к Нептуну КА «Нептун Орбитер». (не реализовано)</p> <p>Вопрос о периоде вращения планеты был решён измерением радиоизлучения.</p>

	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
Гипотезы возникновения	<p>помощью летательных аппаратов были установлены черты, общие для всех планет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Они образуются ещё до момента рассеяния протопланетного диска. • Значительную роль в формировании играет аккреция. • Обогащение тяжёлыми химическими элементами за счёт планетезималей. 			
<p>Солнечная система сформировалась из Протосолнечной туманности, состоящего из газа и пыли. Большая часть водорода с гелием пошла на формирование Солнца. А частицы пыли стали собираться вместе, чтобы впоследствии сформировать протопланеты. Отличия между ледяными и газовыми гигантами зародились ещё при формировании Солнечной системы.</p>				
<p>Будущее. Солнце увеличивает свою светимость прим. на 11% каждые 1,1млрд лет. Увеличение яркости Солнца разогреет спутники Юпитера, позволив высвободиться на их поверхность жидкой воде, создаст условия для поддержания жизни. Через 7,59 млрд. лет Солнце станет красным гигантом. Расстояние между Солнцем и газовым Юпитером сократится с 765 до 500 млн км. Температура на поверхности Юпитера достигнет 1000 К, что вызовет красное свечение планеты. Спутники станут непригодны-ми для жизни</p>	<p>По мере роста планеты обзавелись достаточно сильным гравитационным полем, чтобы сконцентрировать вокруг себя остаточный газ. Они продолжали набирать газ до тех пор, пока не достигали предела.</p>	<p>Уран и Нептун достигли критической массы, необходимой для начала аккреции, гораздо позже, что повлияло как на их массы, так и на химический состав. их масса не достигала предела.</p>		
	<p>Теоретические модели показывают: если бы масса Юпитера превышала его реальную массу в четыре раза, плотность планеты возросла бы до такой степени, что под действием возросшей гравитации размеры планеты сильно уменьшились. Таким образом, по всей видимости, Юпитер имеет максимальный диаметр, который могла бы иметь планета с аналогичным строением и историей.</p>	<p>Теории формирования Солнечной системы имеют некоторые трудности в объяснениях формирования Урана и Нептуна. Эти планеты слишком крупные для расстояния, на котором они находятся от Солнца. Гипотеза 1: оба ледяных гиганта не сформировались методом аккреции, а появились из-за нестабильностей внутри изначального протопланетного диска. Гипотеза 2: Уран и Нептун сформировались ближе к Солнцу, где плотность материи была выше, и впоследствии переместились на нынешние орбиты. Гипотеза перемещения Нептуна позволяет объяснить текущие резонансы в поясе Койпера, в особенности, резонанс 2:5.</p>		
	<p>Гипотеза «аккреции» гласит, что процесс образования Юпитера и Сатурна, происходил в два этапа. Сначала в течение нескольких десятков миллионов лет шёл процесс формирования твёрдых плотных тел, наподобие планет земной группы. Затем начался второй этап, когда на протяжении нескольких сотен тысяч лет длился процесс аккреции газа из первичного протопланетного облака на эти тела, достигшие к тому моменту массы в несколько масс Земли. Ещё на первом этапе из области Юпитера и Сатурна диссипировала часть газа, что повлекло за собой некоторые различия в химическом составе этих планет и Солнца. На втором этапе температура наружных слоёв Юпитера и Сатурна достигала 5000 °С и 2000 °С соответственно.</p>	<p>2004 г. модель Алессандро Морбиделли: перемещение Нептуна к поясу Койпера могло быть вызвано возникновением резонанса 1:2 орбит Юпитера и Сатурна, который послужил своего рода гравитационным рычагом, заставившим Уран и Нептун изменить своё местоположение и вытолкнувшим их на более высокие орбиты. Это объясняет «Позднюю тяжёлую бомбардировку» через 600 миллионов лет после формирования Солнечной системы, и появление у Юпитера троянских астероидов. Новые методы моделирования :Уран и Нептун действительно могли сформироваться на теперешнем месте.</p>		

	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
Внутреннее строение (литосфера)				
	<p>1. Атмосфера. Три слоя: внешний, состоящий из водорода; средний, состоящий из водорода (90 %) и гелия (10 %); нижний, состоящий из водорода, гелия и примесей аммиака, гидросульфида аммония и воды, образующий три слоя облаков: вверху — облака из оледеневшего аммиака (NH₃). Его температура составляет около -107 °С, давление — около 1 атм; ниже — облака кристаллов гидросульфида аммония (NH₄HS); в самом низу — водяной лёд и вода в виде мельчайших капель. Ниже этого уровня планета непрозрачна. Согласно непосредственным измерениям «Галилео» на глубине 146 км — 22 атм., +153 °С.</p>	<p>В глубине атмосферы растут давление и температура, а водород переходит в жидкое состояние, переход является постепенным. На глубине около 30 тыс. км водород становится металлическим (давление 3 млн атмосфер). В центре планеты находится массивное ядро из твердых и тяжёлых материалов — силикатов, металлов и, предположительно, льда. Его масса составляет приблизительно от 9 до 22 масс Земли. Температура ядра достигает 11 700 °С, Ядро -20 масс Земли.</p>	<p>В отличие от газовых гигантов — Сатурна и Юпитера, состоящих в основном из водорода и гелия, в недрах Урана и схожего с ним Нептуна отсутствует металлический водород, но зато много льда в его высокотемпературных модификациях. По этой причине специалисты выделили эти две планеты в отдельную категорию «ледяных гигантов».</p> <p>Стандартная модель (есть и другие) :</p> <p>1. Снаружи — водородно-гелиевая атмосфера (8 тыс км). Кроме того, обнаружены следы метана и других углеводородов, а также облака из льда, твёрдого аммиака и водорода. Атмосфера при массе, составляющей всего 0,5 земных масс (о другим оценкам, 1,5 земной массы), простирается на 20 % радиуса Урана. Полагают, что Уран имеет сложное слоистое строение облаков, где вода составляет нижний слой, а метан — верхний.</p> <p>2. В середине — ледяная оболочка (мантия (льды)</p>	<p>Атмосфера составляет 10—20 % от общей массы планеты, расстояние от поверхности до конца атмосферы составляет 10—20 % расстояния от поверхности до ядра. Температура в верхних слоях атмосферы -220 °С. В нижних слоях атмосферы большие концентрации метана, аммиака и воды. Атмосфера состоит в основном из водорода и гелия, наряду со следами углеводородов и, возможно, азота, однако содержит более высокую долю льдов: водного, аммиачного, метанового.</p>

	<p>Также «Галилео» обнаружил «тёплые пятна» вдоль экватора. По-видимому, в этих местах слой внешних облаков тонок и можно видеть более тёплые внутренние области.</p> <p>2.Океан (2х уровневый) Под облаками — слой смеси водорода и гелия толщиной около 21000 км с плавным переходом от газообразной к жидкой фазе с увеличением давления и температуры до 6000 °С, затем — слой жидкого водорода.</p> <p>Нижний- водород и гелий в ионизированном состоянии. Температура 11000 К. Давление-3 млн. атм.</p> <p>3.Слой металлического водорода. Температура этого слоя меняется от 6 300 до 21 000 К, а давление от 200 до 4000 ГПа. Предполагаемая толщина слоя 42—46 тыс. км</p> <p>Гипотеза:в недрах находится также металлический гелий, образующий сплав с металлическим водородом.</p> <p>4.Внутри может находиться твёрдое ядро (железо, лед) . На данный момент считают: масса ядра — 10 масс Земли, а размер — 1,5 её диаметра. Температура 30000К.</p>		<p>составляет большую часть планеты (60 % от общего радиуса, до 13,5 земных масс)).</p> <p>Ледяная оболочка фактически не является ледяной в общепринятом смысле этого слова, так как состоит из горячей и плотной жидкости, являющейся смесью воды, аммиака и метана.</p> <p>Эту жидкость, обладающую высокой электропроводностью, иногда называют «океаном водного аммиака».</p> <p>Жидкая внутренняя структура означает, что у Урана нет никакой твёрдой поверхности, так как газообразная атмосфера плавно переходит в жидкие слои.</p> <p>3. В центре — каменное ядро, состоящее в основном из льдов и горных пород.</p> <p>Ядро с массой приблизительно от 0,55 до 3,7 земных масс и с радиусом в 20% от радиуса всей планеты.</p> <p>В центре Урана плотность 9000кг/м³, давление должно достигать 800 ГПа при температуре в 5000 К.</p>	<p>Следы метана во внешних слоях атмосферы являются причиной синего цвета планеты.</p> <p>2.Постепенно эта более тёмная и более горячая область уплотняется в перегретую жидкую мантию, где температуры достигают 2000—5000 К. Масса мантии Нептуна превышает земную в 10—15 раз, по разным оценкам, и богата водой, аммиаком, метаном .</p> <p>Это горячая, очень плотная жидкость.</p> <p>На глубине 7000 км метан разлагается на алмазные кристаллы, которые «падают» на ядро. Согласно одной из гипотез, имеется целый океан «алмазной жидкости».</p> <p>3.Недра Нептуна, как и Урана, состоят главным образом из льдов и горных пород.</p> <p>Ядро Нептуна состоит из железа, никеля и силикатов и, как полагают, имеет массу в 1,2 раза больше, чем у Земли.</p> <p>Давление до 10 ГПа. Температура 5400- 7100 К.</p>
--	--	--	---	---

Кольца	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
<p>Система плоских концентрических образований из пыли и льда, вращающаяся вокруг планеты в экваториальной плоскости.</p> <p>Кольца обнаружены у: Сатурна, Юпитера, Урана, Нептуна, у астероидов Харикло и Хирона, карликовой планеты Хаумеи, гипотетически у спутника Сатурна Реи. Не исключается возможность наличия в прошлом короткоживущих (по астрономическим меркам) колец у других планет, в том числе у Земли.</p> <p>Падение Фобоса через несколько десятков миллионов лет может привести к образованию колец у Марса</p>	<p>1979: «Вояджер-1».</p> <p>У Юпитера имеются слабые кольца радиусом 130 км толщиной 30 км.</p> <p>Наэлектризованные частицы образовалось кольцо в результате вулканической деятельности спутников Юпитера (вулканы на Ио)</p> <p>Кольца оптически тонки, а альbedo частиц всего 1,5 %. Однако пыль в окрестности Юпитера подвергается мощным не гравитационным возмущениям, из-за этого время жизни пылинок $10^{3\pm 1}$ лет.</p> <p>Это означает, что должен быть источник этих пылинок. На роль подобных источников подходят два малых спутника, лежащих внутри главного кольца — Метида и Адрастея.</p> <p>Сталкиваясь с метеороидами, они порождают рой микрочастиц, которые впоследствии распространяются по орбите вокруг Юпитера.</p>	<p>Сатурн обладает заметной системой колец радиусом 3 137 тыс км, состоящей главным образом из частичек льда, меньшего количества тяжёлых элементов и пыли</p> <p>Материал для этих колец мог образоваться вследствие удара о Янус или Эпиметей метеорита или кометы.</p>	<p>У Урана известно 13 колец, самым ярким из которых является кольцо ϵ (эпсилон). Слабо выраженная система колец состоит из очень тёмных частиц диаметром от микрометров до долей метра.</p> <p>Кольца Урана, вероятно, весьма молоды — на это указывают промежутки между ними, а также различия в их прозрачности. → Кольца сформировались не вместе с планетой. Возможно, ранее кольца были одним из спутников Урана, который разрушился либо при столкновении с неким небесным телом, либо под действием приливных сил.</p> <p>В 2006 г. обсерватория Кека определила цвета внешних колец. Одно было красным, а самое внешнее — синим (предположительно) состоит из мелких частиц водяного льда с поверхности Маб. Внутренние кольца планеты серые.</p>	<p>1989 : Вояджер-2»</p> <p>У Нептуна есть слабая и фрагментированная система (арочные кольца).</p> <p>В систему колец Нептуна входит 5 компонентов.</p> <p>Кольца могут состоять из ледяных частиц, покрытых силикатами, или основанным на углероде материалом, это он придаёт им красноватый оттенок.</p>

<p>Внутреннее тепло</p> <p><i>Энергия, которую ...излучает в космос, в ...раза больше энергии, которую планета получает от Солнца.</i></p> <p>1. Для формирующейся планеты главным источником тепла служит метеоритная бомбардировка; 2. затем тепло выделяется в ходе дифференциации недр, когда наиболее плотные компоненты, такие, как железо и никель, оседают к центру и формируют ядро.</p> <p>Юпитер, Сатурн и Нептун излучают тепло, запасенное ими в период формирования 4,6 млрд. лет назад</p> <p>Гипотеза 1: тепло излучается за счет сжатия (мм в год). Избыток энергии превышает тот, который может быть получен за счет сжатия и радиоактивного распада.</p> <p>Наиболее вероятно, что в результате фазовых переходов водорода, находящегося в условиях колоссальных давлений, гелий становится нерастворимым в водороде и, как более тяжелый элемент, выпадает к центру планеты, что освобождает значительную энергию. Для Урана и Нептуна возможны и другие механизмы выделения тепла.</p>	<p>Юпитер</p> <p>2.7 (на 60%)</p> <p>Юпитер уменьшается приблизительно на 2 см в год. По мнению П. Боденхеймера (1974), когда планета только сформировалась, она была в 2 раза больше и её температура была значительно выше, чем в настоящее время. Измерение тепловых потоков, исходящих от Юпитера, показало, что практически нет различий между полярными и экваториальными районами, его дневной и ночной сторонами...</p> <p>Причиной мощной циркуляции, доставляющей тепло к облачному слою, несомненно, служит тепловой поток, исходящий из недр планеты.</p> <p>Уран:</p> <p>Гипотеза 1: предположительное столкновение протопланеты с Ураном во время формирования Солнечной системы, которое вызвало большой наклон его оси вращения, привело к рассеянию исходно имевшегося тепла.</p> <p>Гипотеза 2: в верхних слоях Урана есть некая прослойка, препятствующая тому, чтобы тепло от ядра достигало верхних слоёв.</p> <p>Например, если соседние слои имеют различный состав, конвективный перенос тепла от ядра вверх может быть затруднён. чрезвычайно малым внутренним теплом. .</p>	<p>Сатурн</p> <p>2.5</p> <p>последние данные по уменьшению излучаемой тепловой мощности Сатурна. С 2005 до 2009 гг глобальная средняя испускаемая мощность и эффективная температура Сатурна уменьшились на ~2 % и ~0.5 %.</p> <p>Южное полушарие планеты испускает примерно на 1/6 больше энергии, чем северное, хотя разница эта может определяться местным сезоном.</p>	<p>Уран</p> <p>1.1</p> <p>Уран излучает в 1,1 раза больше энергии, чем получает от Солнца. У Урана же избыток теплового излучения очень мал, если вообще есть. Причина этого сейчас неизвестна. Самая низкая температура, зарегистрированная в тропопаузе Урана, составляет 49 К (-224°C), что делает планету самой холодной из всех планет Солнечной системы .</p>	<p>Нептун</p> <p>2.61</p> <p>Внутренний источник тепла добавляет 161 % к энергии, получаемой от Солнца. Более разнообразная погода на Нептуне, по сравнению с Ураном, как полагают, — следствие более высокой внутренней температуры. При этом Нептун в полтора раза удалённее от Солнца, чем Уран, и получает лишь 40 % от того количества солнечного света, которое получает Уран. Поверхностные же температуры этих двух планет примерно равны.</p>
--	--	--	---	--

Атмосфера	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун																								
<p>-Корона</p> <p>-Термосфера</p> <p>-Стратосфера температура увеличивается с высотой</p> <p>-Тропапауза</p> <p>-Тропосфера температура уменьшается с высотой</p>	<p>Здесь планета теряет излучением значительную часть своего тепла, формируются полярные сияния, формируется ионосфера. За её верхнюю границу взято давление в 1 нбар. Наблюдаемая температура термосферы 800—1000 К, (расчетная не выше 400 К) .</p> <p>Охлаждение Юпитера: трёхатомный ион водорода (H_3^+), кроме Юпитера, найденный только на Земле, вызывает сильную эмиссию в средней инфракрасной части спектра на длинах волн между 3 и 5 мкм.</p> <p>Различие в содержании гелия во внешних и во внутренних слоях объясняют тем, что гелий конденсируется в атмосфере и в виде капель попадает в более глубокие области. Данное явление напоминает земной дождь, но только не из воды, а из гелия. Недавно было показано, что в этих каплях может растворяться неон. Тем самым объясняется и недостаток неона.</p>	<p>Верхние слои атмосферы Сатурна состоят на 96,3 % из водорода (по объёму) и на 3,25 % — из гелия (по сравнению с 10 % в атмосфере Юпитера). Имеются примеси метана, аммиака, фосфина, этана и некоторых других газов.</p> <p>Аммиачные облака в верхней части атмосферы мощнее юпитерианских.</p> <p>Облака нижней части атмосферы состоят из гидросульфида аммония (NH_4SH) или воды.</p> <p>Верхняя часть облаков состоит из метанового льда, а нижняя — из жидких метана и азота.</p>	<p>Атмосфера Урана начинается на расстоянии в 300 км от внешнего слоя при давлении в 100 атм и температуре в 320 К.</p> <table border="1" data-bbox="1155 360 1630 778"> <thead> <tr> <th>Давление, атм</th> <th>Облака</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50 до 100</td> <td>Водные облака</td> </tr> <tr> <td>20-40</td> <td>облака гидросульфида аммония</td> </tr> <tr> <td>3-10</td> <td>аммиака и сероводорода</td> </tr> <tr> <td>1-2</td> <td>Метановые</td> </tr> <tr> <td>10 до 0,1</td> <td>Углеводороды</td> </tr> </tbody> </table> <p>Нагревание стратосферы вызвано поглощением солнечной инфракрасной и ультрафиолетовой радиации метаном и другими углеводородами, образующимися благодаря фотолизу метана. Кроме того, стратосфера нагревается также и термосферой.</p> <p>Термосфера: (520 °С) .</p> <p>Этан и ацетилен конденсируются , формируя туманы. Однако концентрация углеводородов выше этих туманов значительно меньше, чем на других планетах-гигантах.</p> <p>«Атмосферная корона» простирается на расстояние, в 2 раза превышающее радиус от</p>	Давление, атм	Облака	50 до 100	Водные облака	20-40	облака гидросульфида аммония	3-10	аммиака и сероводорода	1-2	Метановые	10 до 0,1	Углеводороды	<p>1000км Многоуровневая. Нижний уровень- аммиак.</p> <table border="1" data-bbox="1653 312 2074 842"> <thead> <tr> <th>Давление , атм</th> <th>облака</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>циановодород и угарный газ</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>конденсация метана</td> </tr> <tr> <td>1-5</td> <td>аммиака и сероводорода</td> </tr> <tr> <td>5 и более</td> <td>аммиака, сульфида аммония, сероводорода и воды.</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>водяного льда, могут быть из аммиака и сероводорода</td> </tr> </tbody> </table> <p>Среди них выделяются облачные полосы, которые «обёртываются» вокруг планеты на постоянной широте. Ширина достигает 50—150 км.</p> <p>Стратосфера затуманена из-за конденсации продуктов ультрафиолетового фотолиза метана, таких как этан и ацетилен.</p> <p>Стратосфера Нептуна более тёплая, чем стратосфера Урана из-за более высокой</p>	Давление , атм	облака		циановодород и угарный газ	1	конденсация метана	1-5	аммиака и сероводорода	5 и более	аммиака, сульфида аммония, сероводорода и воды.	50	водяного льда, могут быть из аммиака и сероводорода
Давление, атм	Облака																											
50 до 100	Водные облака																											
20-40	облака гидросульфида аммония																											
3-10	аммиака и сероводорода																											
1-2	Метановые																											
10 до 0,1	Углеводороды																											
Давление , атм	облака																											
	циановодород и угарный газ																											
1	конденсация метана																											
1-5	аммиака и сероводорода																											
5 и более	аммиака, сульфида аммония, сероводорода и воды.																											
50	водяного льда, могут быть из аммиака и сероводорода																											

«поверхности» с давлением в 1 атм. Термосфера и корона — имеют температуру в 800—850 К, причины такой температуры непонятны.

Ни солнечная ультрафиолетовая радиация, ни полярные сияния не могут обеспечить нужную энергию.

Кроме молекулярного водорода, термосфера содержит большое количество свободных водородных атомов.

Их маленькая масса и большая температура могут помочь объяснить, почему термосфера простирается на 50 000 км (на два планетарных радиуса).

Эта протяжённая корона — уникальная особенность Урана.

Корона является причиной низкого содержания пыли в кольцах.

Ионосфера, 2000 - 10000 км. Более плотная, чем у Сатурна и Нептуна, из-за низкой концентрации углеводородов. Ионосфера поддерживается главным образом солнечной ультрафиолетовой радиацией и её плотность зависит от солнечной активности.

концентрации углеводородов.

По невыясненным причинам, термосфера планеты имеет аномально высокую температуру около 750 К.

Для столь высокой температуры планета слишком далека от Солнца, чтобы оно могло так разогреть термосферу ультрафиолетовой радиацией.

Гипотеза 1: явление является следствием атмосферного взаимодействия с ионами в магнитном поле планеты.

Гипотеза 2 : основой механизма разогревания являются волны гравитации из внутренних областей планеты, которые рассеиваются в атмосфере.

содержит следы угарного газа и воды, которая попала туда, возможно, из внешних источников, таких как метеориты и пыль.

Движение атмосферы	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
	<p>Ряд атмосферных явлений на Юпитере: штормы, молнии, полярные сияния, — имеет масштабы, на порядки превосходящие земные.</p> <p>Шторма до 500м высотой.</p> <p>Скорость ветров на Юпитере может превышать 600 км/ч.</p>	<p>Внешняя атмосфера кажется из космоса спокойной и однородной, хотя иногда на ней появляются долговременные образования.</p>	<p>Атмосфера Урана — необычно спокойная по сравнению с атмосферами других планет-гигантов, даже по сравнению с Нептуном.</p>	<p>1989 «Вояджер-2».</p> <p>Отмечена необычно активная погодная система Нептуна. В атмосфере Нептуна бушуют самые сильные ветры среди планет Солнечной системы, по некоторым оценкам, их скорости могут достигать 2100 км/ч.</p>
	<p>Большое красное пятно — гигантский шторм, известный с XVII века.</p>	<p>Видимые при наблюдениях характерные объекты атмосферы вращаются с разной скоростью в зависимости от широты.</p>	<p>1986. Когда «Вояджер-2» приблизился к Урану, то удалось заметить всего 10 полосок облаков в видимой части этой планеты.</p>	<p>В ходе отслеживания движения постоянных облаков было зафиксировано изменение скорости ветра от 20 м/с в восточном направлении к 325 м/с на западном. В верхнем облачном слое скорости ветров разнятся от 400 м/с вдоль экватора до 250 м/с на полюсах.</p>
<p>Воздействие солнечной радиации на температурную циркуляцию незначительно; главными движущими силами являются потоки тепла, идущие из центра планеты, и энергия, выделяемая при быстром движении Юпитера вокруг своей оси.</p>	<p>Поднимающиеся из глубин атмосферы нагретые массы газов в зонах под действием значительных кориолисовых сил вытягиваются вдоль параллелей планеты, причём противоположные края зон движутся навстречу друг другу. На границах зон и поясов (области нисходящих потоков) существует сильная турбулентность.</p>	<p>Скорость вращения Сатурна переменна не только по широте и глубине, но и во времени.</p>	<p>Такое спокойствие в атмосфере может быть объяснено малым внутренним теплом.</p>	<p>Причины:</p>
<p>Севернее экватора потоки в зонах, направленные к северу, отклоняются к востоку, направленные к югу — к западу. В южном полушарии — наоборот. Схожей структурой на Земле обладают пассаты.</p>	<p>По данным «Вояджеров», на Сатурне дуют сильные ветра, до 500 м/с.</p> <p>Ветра дуют в основном в восточном направлении (по направлению осевого вращения). Их сила ослабевает при удалении от экватора; при удалении от</p>	<p>По данным «Вояджеров», на Сатурне дуют сильные ветра, до 500 м/с.</p>	<p>Самая низкая температура, зарегистрированная в тропопаузе Урана, составляет -224 °С, что делает планету самой холодной среди планет Солнечной системы.</p>	<p>- радиогенный нагрев ядром планеты (подобно разогреву Земли радиоактивным калием-40), - диссоциация метана в другие цепные углеводороды в условиях атмосферы Нептуна, - конвекция в нижней части атмосферы, которая приводит к торможению гравитационных волн над</p>
<p>Полосы .Характерной особенностью внешнего облика являются полосы. Конвективные потоки, выносящие внутреннее тепло к поверхности, внешне проявляются в виде светлых зон и тёмных поясов.</p>			<p>Видимое южное полушарие Урана можно поделить на две области: яркий «полярный капюшон» , менее яркие экваториальные зоны. Эти зоны граничат на широте -45°. Узкая полоса в промежутке между -45° и</p>	

В области светлых зон отмечается повышенное давление, соответствующее восходящим потокам.

Гипотеза 1: полосы возникали в результате явления конвекции в атмосфере планеты-гиганта — за счёт подогрева и, как следствие, поднятия одних слоёв и охлаждения и опускания вниз других.

2010г. **Гипотеза 2:** полосы на Юпитере возникли в результате воздействия его спутников: под влиянием притяжения спутников на Юпитере сформировались своеобразные «столбы» вещества, которые, вращаясь, и сформировали полосы.

Облака, образующие зоны, располагаются на более высоком уровне (примерно на 20 км), а их светлая окраска объясняется повышенной концентрацией ярко-белых кристаллов аммиака.

Располагающиеся ниже тёмные облака поясов состоят из красно-коричневых кристаллов гидросульфида аммония и имеют более высокую температуру.

Зоны и пояса имеют **разную скорость движения в направлении вращения.**

Период обращения колеблется на несколько минут в зависимости от широты.

Это приводит к существованию **устойчивых зональных течений или ветров**, постоянно дующих параллельно экватору в одном направлении.

Скорости в этой глобальной системе достигают от 50 до 150 м/с и выше.

На границах поясов и зон наблюдается сильная **турбулентность**, которая приводит к образованию многочисленных вихревых

экватора появляются также и западные атмосферные течения.

Ряд данных указывает, что циркуляция атмосферы происходит не только в слое верхних облаков, но и на глубине, по крайней мере, до 2 тыс. км.

Кроме того, измерения «Вояджера-2» показали, что ветры в южном и северном полушариях симметричны относительно экватора. Есть предположение, что симметричные потоки как-то связаны под слоем видимой атмосферы.

Иногда появляются устойчивые образования, представляющие собой сверхмощные ураганы. Гигантский «Большой белый овал» появляется на Сатурне примерно один раз в 30 лет, в последний раз он наблюдался в 2010 году (менее крупные ураганы образуются чаще).

–50°, именуемая южным «кольцом», является самой заметной особенностью полушария и видимой поверхности вообще.

«Капюшон» и кольцо, как полагают, расположены в интервале давления 1,3 – 2 бар и являются плотными облаками метана.

Помимо крупномасштабной полосчатой структуры атмосферы, «Вояджер-2» отметил 10 маленьких ярких облачков, большая часть которых была отмечена в области нескольких градусов севернее «южного кольца».

В 1990-х годах число зарегистрированных ярких облаков значительно выросло, причём большая их часть была обнаружена в северном полушарии, которое в это время стало видимым.

В структуре облаков двух полушарий имеются различия: северные облака меньше, более яркие и чёткие, расположены на большей высоте.

Время жизни облаков

тропопаузой.

1989 «Вояджер-2». В южном полушарии было обнаружено **Большое Тёмное Пятно**, устойчивый сверхзвуковой шторм-антициклон размерами 13 000 × 6600 км.

Однако 2 ноября 1994 года космический телескоп «Хаббл» не обнаружил его на прежнем месте. Вместо него новое похожее образование было обнаружено в северном полушарии планеты.

Скутер — это другой шторм, обнаруженный южнее Большого тёмного пятна. Эта группка облаков перемещалась гораздо быстрее Большого тёмного пятна.

Последующие изображения позволили обнаружить ещё более быстрые, чем «скутер», группы облаков.

Малое Тёмное Пятно, второй по интенсивности шторм, наблюдавшийся во время сближения «Вояджера-2» с планетой в 1989 году, расположено ещё южнее. Первоначально оно казалось полностью тёмным, но при сближении

структур.

Телескоп «Хаббл»

Расположение полос, их ширины, скорости вращения, турбулентность и яркость периодически **изменяются**.

В каждой полосе развивается свой цикл с периодом порядка 3—6 лет. Наблюдаются и глобальные колебания с периодом 11—13л.

Большое красное пятно, наблюдающееся на поверхности Юпитера в течение последних 300 лет.

В настоящее время оно имеет размеры 1x2 диаметра Земли, а 100 лет назад – в 2 раза большие размеры.

Это уникальный долгоживущий гигантский ураган, вещество в котором вращается против часовой стрелки и совершает полный оборот за 6 земных суток.

2000г., зонд «Кассини». выяснено, что Большое красное пятно связано с нисходящими потоками (вертикальная циркуляция атмосферных масс); облака здесь выше, а температура ниже, чем в остальных областях.

Скорость вращения Большого красного пятна составляет 360 км/ч. Его средняя температура составляет –163 °С, причём между окраинными и центральными частями пятна наблюдается различие в температуре 3—4 градуса, в результате атмосферные газы в центре пятна вращаются по часовой стрелке, в то время как на окраинах — против.

В 1938 году было зафиксировано формирование и развитие трёх больших белых овалов вблизи 30° южной широты.

Этот процесс сопровождался одновремен-

Скорость ветра на Сатурне может достигать местами 1800 км/ч, что значительно больше, чем на Юпитере .

1980-е, «Вояджер».

Облака на северном полюсе Сатурна образуют гигантский шестиугольник (**гексагон**).

Подобное явление никогда не наблюдалось ни в одном другом месте Солнечной системы.

Шестиугольник располагается на широте 78°, и каждая его сторона составляет приблизительно 13 800 км и внутри него могут поместиться четыре Земли.

Период его вращения — 10 часов 39 минут.

Этот период совпадает с периодом изменения интенсивности радиоизлучения, который принят равным периоду вращения внутренней части Сатурна.

Шестиугольник

бывает самое разное — некоторые из замеченных облаков не просуществовали и нескольких часов, в то время как минимум одно из южных сохранилось с момента пролёта около Урана «Вояджера-2».

Недавние наблюдения Нептуна и Урана показали, что между облаками этих планет есть и много схожего. Хотя погода на Уране более спокойная, на нём, как и на Нептуне, были отмечены «тёмные пятна» (атмосферные вихри) — в 2006 году впервые в его атмосфере был замечен и сфотографирован вихрь.

Ветры: отслеживание различных облаков позволило определить зональные ветры, дующие в верхней тропосфере Урана.

На экваторе ветры являются ретроградными, то есть дуют в обратном по отношению к вращению планеты направлении, и их скорости составляют –100 и –50 м/с.

яркий центр Малого тёмного пятна стал виднее.

«Тёмные пятна» Нептуна, как полагают, рождаются в тропосфере на более низких высотах, чем более яркие и заметные облака.

Таким образом, они кажутся своеобразными дырами в верхнем облачном слое. Поскольку эти штормы носят устойчивый характер и могут существовать в течение нескольких месяцев, они, как считается, имеют вихревую структуру.

Часто связываются с тёмными пятнами более яркие, постоянные облака метана, которые формируются в тропопаузе. Постоянство сопутствующих облаков показывает, что некоторые прежние «тёмные пятна» могут продолжить своё существование как циклон, даже при том что они теряют тёмный окрас.

Тёмные пятна могут рассеяться, если они движутся слишком близко к экватору или через некий иной неизвестный пока механизм.

В 2017 году астрономы с

ным формированием ещё нескольких маленьких белых овалов — вихрей.

Время от времени на Юпитере наблюдаются **столкновения** больших циклонических систем. Одно из них произошло в 1975 году, в результате чего красный цвет Пятна поблёк на несколько лет. В конце февраля 2002 года ещё один гигантский вихрь — Белый овал — начал тормозиться Большим красным пятном, и столкновение продолжалось целый месяц.

Красный цвет Большого красного пятна представляет собой загадку. Одной из возможных причин могут быть химические соединения, содержащие фосфор.

Цвет облаков зависит от высоты: верхние – синие структуры, затем коричневые, белые, красные.

Цвета и механизмы, создающие вид всей атмосферы, до сих пор ещё плохо поняты и могут быть объяснены только при прямых измерениях её параметров.

Молнии. По снимкам «Вояджер-1» и «Вояджер-2», было установлено, что в центре вихрей наблюдаются колоссальных размеров вспышки **молний** протяжённостью в тысячи километров. Мощность в 1000 раз превышает земные.

«Горячие тени». Ещё одним непонятным явлением можно назвать «горячие тени» от спутников. Согласно данным радиоизмерений, проведённым в 1960-х годах, в местах, куда на Юпитер падают тени от его спутников, температура заметно повышается, а не понижается.

оставался стабильным все 20 лет, причём шестиугольная структура облаков сохраняется во время их вращения.

Предполагается, что в районе гексагона имеется значительная неравномерность облачности. Области, в которых облачность практически отсутствует, имеют высоту до 75 км **Полного объяснения этого явления пока нет.**

Скорости ветров стремятся к нулю с увеличением расстояния от экватора вплоть до широты $\pm 20^\circ$, где ветра почти нет.

Ветра начинают дуть в направлении вращения планеты вплоть до полюсов.

Скорости ветров начинают расти, достигая своего максимума в широтах $\pm 60^\circ$ и падая практически до нуля на полюсах.

Скорость ветра на широте в -40° колеблется от 150 до 200 м/с, а дальше наблюдениям мешает «Южное кольцо», своей яркостью затеняющее облака и не позволяющее вычислить скорость ветра ближе к южному полюсу.

Максимальная скорость ветра была зарегистрирована на северном полушарии на широте $+50^\circ$ и равна 240 м/с.

помощью телескопа Обсерватории Кека (Гавайские острова) сфотографировали ураган вблизи экватора Нептуна размером $\sim 9\,000$ км в поперечнике или около $3/4$ от диаметра Земли.

Полярные сияния	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
	<p>Ряд атмосферных явлений : штормы, молнии, полярные сияния, — имеет масштабы, на порядки превосходящие земные.</p> <p>Причины: полярные сияния связаны с неравномерностью вращения плазменного слоя во внешних частях магнитосферы .</p>	<p>2008 «Кассини». Изображения северного полюса Сатурна . На них обнаружили полярные сияния, подобные которым не наблюдались ещё ни разу в Солнечной системе: яркие непрерывные кольца овальной формы, окружающие полюс планеты на широте 70—80°. Иногда кольца становятся спиральной формы вместо овальной.</p> <p>Причины:Предположительно, они возникают из-за магнитного пересоединения под действием солнечного ветра.</p> <p>Форма и вид полярных сияний Сатурна сильно меняются с течением времени.</p> <p>Их расположение и яркость сильно связаны с давлением солнечного ветра: чем оно больше, тем сияния ярче и ближе к полюсу.</p> <p>Среднее значение мощности полярного сияния составляет 50 ГВт в диапазоне 80—170 нм (ультрафиолет) и 150—300 ГВт в диапазоне 3—4 мкм (инфракрасный).</p>	<p>Полярные сияния здесь не настолько часты и существенны, как на Юпитере и Сатурне. На Уране хорошо развиты полярные сияния, которые видны как яркие дуги вокруг обоих полярных полюсов. На Уране полярные сияния не значимы для энергетического баланса термосферы</p>	

Возможность существования жизни	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
	<p>Следует отметить, что даже на небольшой глубине в юпитерианской атмосфере температура и плотность достаточно высоки, и возможность, по крайней мере, химической эволюции исключать нельзя, поскольку скорость и вероятность протекания химических реакций благоприятствуют этому.</p> <p>Возможно существование на Юпитере и водно-углеводородной жизни: в слое атмосферы, содержащем облака из водяного пара, температура и давление также весьма благоприятны.</p> <p>Юпитер: Карл Саган и с Э. Э. Солпитер описали воображаемые формы жизни, способные существовать в атмосфере:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Синкеры — крошечные организмы, размножение которых происходит очень быстро и которые дают большое количество потомков. Это позволяет выжить части из них при наличии опасных конвекторных потоков, способных унести синкеров в горячие нижние слои атмосферы; - Флоатеры — гигантские (величиной с земной город) организмы, подобные воздушным шарам. Флоатер откачивает из воздушного мешка гелий и оставляет водород, что позволяет ему держаться в верхних слоях атмосферы. Он может питаться органическими молекулами или вырабатывать их самостоятельно, подобно земным растениям; - Хантеры — хищные организмы, охотники на флоатеров. 	<p>Возможно существование жидкой воды и, следовательно, возможно существование жизни.</p> <p>Предполагается исследование спутников.</p>		

Смена времен года	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
	на Юпитере не бывает смены времён года	<p>В октябре 2008 года «Кассини» передал изображения северного полушария планеты.</p> <p>С 2004 года, когда «Кассини» подлетел к ней, произошли заметные изменения, и теперь она окрашена в необычные цвета.</p> <p>Предполагается, что недавнее изменение цветов связано со сменой времён года.</p>	<p>Только узкая полоска около экватора испытывает быструю смену дня и ночи; при этом Солнце там расположено очень низко над горизонтом — как в земных полярных широтах. Через полгода (уранианского) «полярный день» наступает в другом полушарии. Каждый полюс 42 земных года находится в темноте/ — и ещё 42 года под светом Солнца.</p> <p>В течение короткого периода с марта по май 2004 года в атмосфере Урана было замечено более активное появление облаков, почти как на Нептуне.</p> <p>Наблюдения зарегистрировали скорость ветра до 229 м/с (824 км/ч) и постоянную грозу, названную «фейерверком четвёртого июля». 23 августа 2006 года наблюдалось тёмное пятно на поверхности Урана.</p>	<p>Содержание в атмосфере метана, этана и ацетилена в области экватора превышает в десятки и сотни раз содержание этих веществ в области полюсов. Это свидетельствует об апвеллинге (подъёме глубинных вод океана к поверхности) на экваторе .</p> <p>2007 г.: верхняя тропосфера южного полюса на 10 °С теплее.</p> <p>Такая разница в температуре достаточна, чтобы метан, который в других областях верхней части атмосферы Нептуна находится в замороженном виде, просачивался в космос на южном полюсе.</p> <p>Эта «горячая точка» — следствие осевого наклона Нептуна, южный полюс которого уже четверть нептунянского года(примерно 40 земных лет) обращён к Солнцу.</p>
<p>Уран: Почему происходит такое повышение активности, точно неизвестно — возможно, «экстремальный» наклон оси Урана приводит к «экстремальным» же сменам сезонов.</p>				<p>При движении по по орбите южный полюс постепенно уйдёт в тень, и Нептун подставит Солнцу северный полюс.</p>
<p>Фотометрия, начатая примерно половину уранианского года назад (в 1950-е годы), показала вариации яркости планеты в двух диапазонах: с максимумами, приходящимися на периоды солнцестояний, и минимумами во время равноденствий.</p>				<p>Высвобождение метана переместится с южного полюса на северный.</p>
<p>Большинство этих изменений происходит из-за асимметрии планеты.</p>				
<p>Также происходят изменения в меридианном альбедо.</p>				
<p>В 1990-е г, «Хаббл»:когда Уран покинул точку солнцестояния, южное полушарие начало заметно темнеть, а северное — становиться ярче, в нём увеличивалась скорость ветров и становилось больше облаков, но прослеживалась тенденция к прояснению.</p>				<p>Из-за сезонных изменений облачные полосы в южном полушарии Нептуна, как наблюдалось, увеличились в размере и альбедо. Эта тенденция была замечена ещё в 1980 году, и, как ожидается, продлится до 2020 года с наступлением на Нептуне нового сезона.</p>
<p>Механизм, управляющий сезонными изменениями, всё ещё недостаточно изучен. Около летних и зимних солнцестояний оба полушария Урана находятся либо под солнечным светом, либо под тьмой открытого космоса.</p>				
<p>Прояснения освещённых солнцем участков происходят из-за локального утолщения тумана и облаков метана в слоях тропосферы. Яркое кольцо на широте в -45° также связано с облаками</p>				

метана.				
Магнитное поле	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
Магнитное поле у планет генерируется в центральном ядре .	Самое мощное из планет Солнечной системы.	Поле гораздо менее мощное, чем у Юпитера.	Смещённое и «накренившееся» магнитное поле Такая конфигурация является характерной для ледяных гигантов.	
Гипотеза:	Ось магнитного поля наклонена к оси вращения на $10,2 \pm 0,6^\circ$, почти как и на Земле, в настоящее время северный магнитный полюс расположен рядом с северным географическим.	Магнитная ось Сатурна практически совпадает с осью его вращения — угол отклонения не превышает $0,01^\circ$ (у Земли — 11°).	Магнитное поле у «ледяных гигантов» формируется на относительно малых глубинах: например, в океане жидкого аммиака, в тонкой конвективной оболочке, окружающей жидкую внутреннюю часть, имеющую стабильную слоистую структуру.	
в недрах находится металлический гелий, образующий своеобразный сплав с металлическим водородом	Форма магнитного поля у Юпитера сильно сплюснута и напоминает диск (в отличие от каплевидной у Земли). Центробежная сила, действующая на вращающуюся плазму, с одной стороны и тепловое давление горячей плазмы с другой растягивают силовые линии.	Магнитное поле является почти дипольным, так же как и у Земли, с северным и южным магнитными полюсами. Северный магнитный полюс находится в северном полушарии.	Такая странная ориентация магнитосферы в пространстве может быть вызвана приливами во внутренних областях благодаря конвективным перемещениям жидкости в тонкой сферической прослойке электропроводных жидкостей (предполагаемая комбинация из аммиака, метана и воды), что приводит в действие гидромагнитное динамо.	
Мощные электротоки, возникающие в этом слое, порождают магнитное поле	Величина магнитного поля на уровне видимой поверхности облаков равна 14 мТл у северного полюса и $10,7\text{ мТл}$ у южного.	Магнитный диполь Сатурна жёстко связан с его осью вращения, поэтому магнитное поле очень асимметрично. Диполь несколько смещён вдоль оси вращения Сатурна к северному полюсу.	Измерения «Вояджера-2» позволили обнаружить у Урана весьма специфическое магнитное поле, которое не направлено из геометрического центра планеты и наклонено на 59 градусов относительно оси вращения.	По последним представлениям, поле Нептуна имеет вид «наклонного ротатора». Географические и магнитные «полюса» Нептуна (если представить его поле дипольным эквивалентом) оказались под углом друг к другу 47° . Таким образом, при вращении планеты её магнитное поле описывает конус.
Вокруг большинства планет Солнечной системы,	Источниками заряженных частиц являются солнечный ветер и его спутник Ио. Вулканический пепел, выбрасываемый вулканами Ио, ионизируется под действием солнечного ультрафиолета. Образуются	Величина магнитного поля на экваторе Сатурна $2,1\text{ мТл}$. В северном полушарии магнитное поле сильнее.	Магнитный полюс отклонен от географического на 60° . Фактически магнитный диполь смещён от центра планеты к южному полюсу примерно на $1/3$ от радиуса планеты.	Магнитное поле на экваториальной
		Магнитосфера Сатурна наполнена плазмой, продуцируемой планетой и её спутниками. Среди спутников наибольшую роль играет Энцелад, гейзеры которого выбрасывают водяной	Эта необычная геометрия приводит к очень асимметричному магнитному полю, где напряжённость на поверхности в южном полушарии может составлять 0.1 мТл , тогда как в	

<p>существует магнитосфера — область, в которой поведение заряженных частиц, плазмы, определяется магнитным полем.</p>	<p>ионы серы и кислорода: S^+, O^+, S^{2+} и O^{2+}. Эти частицы покидают атмосферу спутника, однако остаются на орбите вокруг него, образуя тор (открыт аппаратом «Вояджер-1»), он лежит в плоскости экватора Юпитера. Именно он определяет динамику магнитосферы.</p>	<p>пар, часть которого ионизируется магнитным полем Сатурна.</p>	<p>северном полушарии может достигать 1,1 мТл. В среднем по планете этот показатель равен 23 мкТл. Дипольный момент Урана превосходит земной в 50 раз.</p>	<p>поверхности Нептуна оценивается в 1,42 мТл в течение магнитного момента $2,16 \cdot 10^{17} \text{ Тм}^3$.</p>
<p>для сравнения магнитное поле Земли одинаково в обоих полушариях, и магнитный экватор примерно соответствует «физическому экватору».</p>	<p>Набегающий солнечный ветер уравнивается давлением магнитного поля на расстоянии в 50—100 радиусов планеты, без влияния Ио это расстояние было бы не более 42. На ночной стороне протягивается за орбиту Сатурна, достигая в длину 650 млн км и более.</p>	<p>Внутреннее магнитное поле Сатурна отклоняет солнечный ветер от поверхности планеты, предотвращая его взаимодействие с атмосферой, и создаёт область, называемую магнитосферой и наполненную плазмой совсем иного вида, чем плазма солнечного ветра.</p>	<p>Есть головная ударная волна, которая расположена на расстоянии от Урана в 23 его радиуса, и магнитопауза (на расстоянии 18 радиусов Урана). Имеются развитые магнитный хвост и радиационные пояса. В целом Уран по структуре магнитосферы больше напоминает Сатурн.</p>	<p>Магнитное поле Нептуна имеет сложную геометрию</p>
	<p>Ускоренные в магнитосфере Юпитера электроны достигают Земли.</p>	<p>Магнитопауза, граница между магнитосферой Сатурна и солнечным ветром, расположена на расстоянии порядка 20 радиусов Сатурна от его центра, а хвост магнитосферы протягивается на сотни радиусов.</p>	<p>Магнитный хвост Урана тянется за планетой на миллионы километров и вращением планеты искривлён «в штопор».</p>	<p>Головная ударная волна Нептуна, где магнитосфера начинает замедлять солнечный ветер, проходит на расстоянии в 34,9 планетарных радиусов.</p>
	<p>Возникает радио- и рентгеновское излучение.</p>		<p>Магнитосфера Урана содержит заряженные частицы: протоны, электроны и небольшое количество ионов H_2^+. Никаких более тяжёлых ионов в ходе исследований обнаружено не было. Многие из этих частиц наверняка берутся из горячей термосферы Урана.</p>	<p>Магнитопауза, где давление магнитосферы уравнивает солнечный ветер, находится на расстоянии в 23—26,5 радиусов Нептуна.</p>
			<p>Важную роль в магнитосфере Урана играют его спутники, образующие большие полости в магнитном поле.</p>	<p>Хвост магнитосферы тянется до расстояния в 72 радиуса Нептуна.</p>
			<p>Поток частиц достаточно высок, чтобы вызвать затемнение поверхности лун за время порядка 100 000 лет. Это может быть причиной тёмной окраски спутников и частиц колец Урана.</p>	