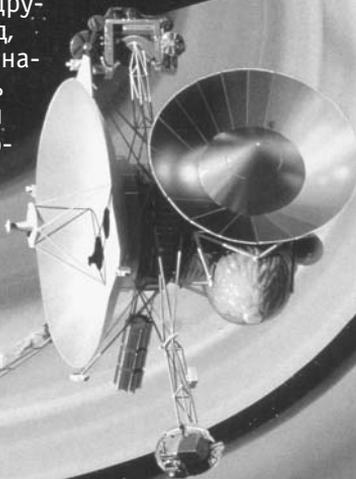


Александр Волков

Паутина Сатурна

В июле 2004 года космический зонд «Кассини» после семи лет полета достиг Сатурна и стал его первым искусственным спутником. Исследования, проведенные в 2004-2006 годах, принесли немало неожиданных открытий. Мы увидели завораживающий мир Титана, словно переносящий нас в прошлое на миллиарды лет назад, когда Солнечная система лишь зарождалась. Мы пристально всмотрелись в другой спутник Сатурна — Энцелад, на котором, по некоторым признакам, может существовать жизнь (см. «З-С», №9/2006). Мы стали лучше понимать природу многочисленных колец Сатурна, и все увереннее судим об их происхождении.



Кто шествует рядом с Сатурном?

Все началось с Галилео Галилея. Наблюдая за Сатурном в июле 1610 года, он заметил по обе стороны от него два небольших выступа. «Они его поддерживают в шествии и никогда не отскакивают от его боков», — красочно описывал их поведение астроном. Наверное, это спутники, решил он, ведь рядом с Юпитером обрелись сразу четыре луны. Правда, вели себя новые спутники странно. Они не меняли своего положения. Они словно приросли к Сатурну.

На самом деле это были фрагменты кольца, окружающего планету. Рассмотреть его в телескоп ученый не мог, слишком несовершенен был этот прибор. Догадаться же о существовании кольца нельзя было и подавно. До сих пор астрономы не наблюдали на небосводе ничего подобного.

Сорок пять лет спустя нидерландский ученый Христиан Гюйгенс первым распознал кольцо в загадочных выступах, сопровождавших Сатурн. Он построил лучший для своего времени телескоп и, направив его на планету, увидел нечто, о чем долго не решался сообщить, подыскивая математическое объяснение увиденному. Лишь в 1659 году, убедившись в своей правоте, он объявил, что Сатурн «кольцом окружен тонким, плоским, нигде не прикасающимся, к эклиптике наклоненным».

● Гюйгенс считал кольцо сплошным. Однако в 1675 году Джованни Доменико Кассини, создатель и первый директор Парижской обсерватории, обнаружил внутри кольца черную полосу (позже ее назвали «делением Кассини»). Она разделяла его на две части — их стали именовать кольцами А и В.

● В 1837 году немецкий астроном Энке заметил, что кольцо А тоже рассечено надвое. Так было открыто «деление Энке». Вскоре нашлось еще одно кольцо — С. Оно едва мерцало. Сквозь него, как сквозь вуаль, был виден Сатурн.

● На рубеже 1970-1980-х годов космические зонды, побывавшие близ Сатурна, сделали удивительное откры-

тие. Вокруг планеты обращаются... сотни тонких колец, сливающихся друг с другом. Мы просто не видим их с Земли, поскольку их толщина не превышает одного километра.

Кольца расходятся от планеты, как круги от камня, брошенного в воду. Можно привести и другое сравнение. «Кольцо» Сатурна, казавшееся когда-то сплошным, напоминает грампластинку — старый виниловый диск. Вся она изрезана множеством крохотных желобков. Так выглядит это знаменитое «кольцо», ставшее настоящей жемчужиной Солнечной системы (другие планеты-гиганты, Юпитер, Уран и Нептун, тоже окружены кольцами, но менее заметными).

Еще Кассини предположил, что кольца — это скопления множества мелких частиц. Среди них встречаются, и пылинки размером в тысячные доли миллиметра, и льдины, достигающие нескольких метров в поперечнике. Все они обращаются вокруг планеты практически независимо друг от друга. Даже деление Кассини, которое считали просветом среди колец, на самом деле заполнено мельчайшей темной пылью.

У нас на Земле весной на реках начинается ледоход. Поток воды стремительно уносит и огромные льдины, и крохотные крупички. Все они, не зная покоя, спешат вперед. Теперь представьте себе, что у нашей реки внезапно исчезли берега. В какую бы сторону мы ни посмотрели, все пространство до горизонта заполнено торопливо плывущими кусочками льда. Они иногда сталкиваются, крошатся, но не останавливаются. Бег их неудержим. Вот такими увидел бы кольцо Сатурна космический путешественник, оказавшийся прямо над ними. Как же они возникли? Как объяснить их происхождение?

Планета становится Солнцем

Поисками ответа на этот вопрос занялся зонд «Кассини». Его экспедиция дала уникальную возможность исследовать неизвестные прежде особенности структуры колец.

Частицы, составившие их, непрерывно сталкиваются друг с другом — по 10-100 раз за оборот. В мощном гравитационном поле гигантской планеты кружат рядом и небольшие спутники, и крохотные льдинки. Когда диаметр спутника превышает километр, он «выметает» в кольце круговую полосу — посреди него образуется «деление». Так произошло с Паном, расположившимся внутри деления Энке, а также с Дафнисом, открытым в мае 2005 года зондом «Кассини» (этот спутник диаметром 7 километров находится посреди кольца А).

Впрочем, по предположениям ученых, среди колец Сатурна встречаются и спутники поменьше — так называемые мини-луны (Moonlets). Близ них не возникает сплошных пустот. Миниатюрные луны не способны «навести такой порядок» внутри кольца, они лишь вызывают в нем завихрения.

Уже на первых снимках, сделанных «Кассини» в июле 2004 года (зонд находился с той стороны, где кольца не освещены), были отчетливо видны четыре S-образных узора в кольце А. Они в два-три раза светлее прилегающих областей. По расчетам астрономов, именно такие завихрения должны образоваться в том случае, если среди материала колец встречаются глыбы размером в сотню метров. На фотографиях их не видно, но подобные странные образования подсказывают нам, что они кружатся где-то рядом.

Пока что «Кассини» обнаружил по косвенным признакам четыре миниатюрные луны Сатурна, но, очевидно, их намного больше, ведь в объектив фотокамеры угодил лишь крохотный фрагмент кольца А. Может статься, что вокруг Сатурна кружит несколько десятков миллионов (!) мини-лун.

Сатурн все больше напоминает Солнце *en miniature*. Вокруг него обращается несколько крупных планет: Титан, обладающий мощной атмосферой, океаном и органикой, Рея, Гиперион, родственный нам Энцелад, на котором, по недавней догадке,

можно обнаружить признаки жизни. Есть у Сатурна и свой «пояс астероидов», «пояс Койпера» — множество мелких глыб, не сформировавшихся в «нормальные» планеты. Возможно, Пан и Дафнис, которых приняли за обычные спутники Сатурна, — лишь самые крупные из мини-лун (вот так и Плутон, по мнению многих астрономов — всего лишь один из крупных объектов пояса Койпера).

Четыре с половиной миллиарда лет назад само Солнце было окружено чем-то вроде колец — огромным газово-пылевым диском, из которого образовались планеты. Так что, исследование колец Сатурна может приоткрыть тайны происхождения Солнечной системы.

Сами кольца за последнюю четверть века заметно изменились. Так, внутреннее кольцо D стало заметно темнее с тех пор, как возле него побывал «Вояджер». Кроме того, оно располагается теперь на пару сотен километров ближе к Сатурну. Ученые пытаются понять, что могло вызвать подобные изменения за столь короткий срок. Быть может, анализируя эти процессы, удастся определить возраст и время жизни отдельных колец.

Неизвестное космическое тело обречено наукой на гибель

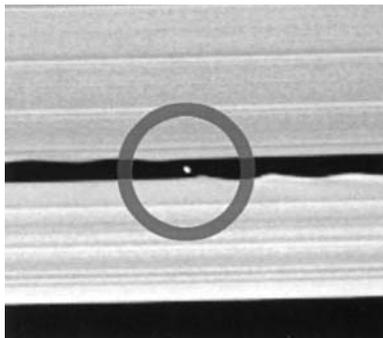
Система колец Сатурна достигает гигантских размеров в поперечнике — 270 тысяч километров (для сравнения: расстояние между Землей и Луной всего на треть больше).

Когда в 1981 году зонды «Вояджер» миновали Сатурн, ученые удивились, увидев на снимках, что эту планету окружают сотни отдельных колец. На фотографиях, присланных «Кассини», и вовсе какое-то бесконечное чередование полосок, словно перед нами — слившиеся друг с другом штрихкоды, наподобие тех, которыми маркируют товары.

На этих же фотографиях видно, что кольца Сатурна окрашены в розовые, серые и коричневатые тона. Эта окраска свидетельствует, что внутри льдинок, составивших кольца, имеются

камешки или какие-то иные включения.

У колец Сатурна, как показал зонд «Кассини», есть и своя собственная «атмосфера», состоящая из молекулярного кислорода. Под действием ультрафиолетовых лучей Солнца молекулы воды «вымываются» из льдинок, составляющих кольца Сатурна, а затем распадаются на водород, а также молекулярный и атомарный кислород. Легкий водород улетучивается в межпланетное пространство. Атомарный кислород снова вмерзает в льдинки, а молекулярный — облачком окружает кольца. Их материал, впрочем, постоянно пополняется веществом с поверхности спутников Сатурна — иначе бы кольца испарились за несколько сотен миллионов лет.



Среди гипотез, объясняющих происхождение колец, наиболее популярны две.

- Быть может, один из спутников Сатурна, представлявший собой гигантскую глыбу льда, когда-то столкнулся с астероидом или кометой и полностью разрушился, распавшись на бесчисленное множество глыб и крупиц.

- Возможно, кольца Сатурна состоят из вещества, сохранившегося еще со времен формирования Солнечной системы. Из-за частых столкновений друг с другом, а также действия мощных приливных сил эти глыбы так и не составили один-единственный спутник.

Кольца Сатурна поныне претерпевают постоянные пертурбации. Глыбы, образующие их, — в основном обычные водяные льдины, — то разрастаются, то раскалываются. Некоторые глыбы, сталкиваясь на небольшой скорости друг с другом, сливаются воедино.

Однако, по мнению американского астронома Мэтью Тискарено, посвятившего этой проблеме статью в журнале «Science», миниатюрные луны

вряд ли могли образоваться путем постепенного слияния отдельных глыб. Вероятно, они — продукт катастрофы, столкновения с крупным космическим телом. Об этом косвенно свидетельствуют и снимки, сделанные «Кассини». Не ясно только, когда состоялась эта коллизия и как она протекала. Можно лишь приблизительно оценить размеры пострадавшего объекта, определив общую массу сатурнианских колец. В сумме они весят почти как один из спутников Сатурна — Мимас.

Этот спутник диаметром 400 километров виден в окуляр телескопа. Его поверхность рассечена огромным кратером шириной 130 километров. Астрономы полагают, что это след от падения гигантского метеорита и что тело несколько большего размера могло расколоть Мимас на части. Он уцелел и выглядит теперь неприметным светлым пятнышком, мерцающим близ кромки кольца.

Его собрат по несчастью, если верна догадка Тискарено и Ко, давно «расплюснулся», распался на множество осколков, превратился из второсортной луны в огромное яркое кольцо. Теперь он — точнее то, что от него осталось, — выглядит куда эффектнее. Лишь кое-где это светящееся кольцо пересекают полосы, заполненные пылью; та напоминает материал, покрывающий поверхность одной из лун Сатурна — Фебы. Это лишний раз подтверждает догадку, что кольца Сатурна образовались в результате разрушения одного из спутников.

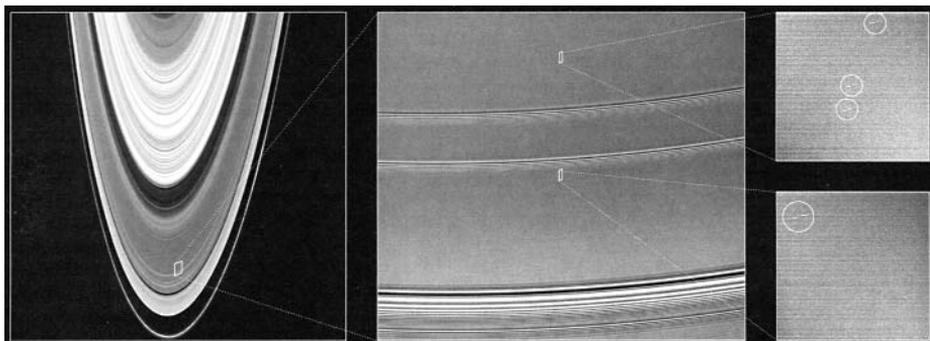
Так ли это? Тайна колец Сатурна окончательно не разрешена. Немало загадок хранят и его спутники.

Щепки небесной реки, насекомые звездного неба

Щепки небесной реки, насекомые звездного неба

Сила притяжения планет-гигантов, Юпитера и Сатурна, так велика,

что их окружает теперь огромная череда лун. Чем пристальнее мы наблюдаем за тем же Сатурном, тем больше становится число его спутников. Так, за полгода, с декабря 2004 по апрель 2005 года, американские астрономы Дэвид Джуитт, Ян Клейна и Скотт Шеппард общими усилиями увеличили число известных нам спутников Сатурна с 34 до 46. Все это — глыбы диаметром от 3 до 7 километров.



Фрагменты колец Сатурна. Фотографии сделаны зондом «Кассини»

Из 12 «новых» спутников одиннадцать — «ретрограды»; они вращаются навстречу Сатурну, словно пытаются вырваться из поля его притяжения и, — как щепки, раз подхваченные рекой и неуклонно уносимые ею, — не могут вырваться и неизменно кружат по незримо, но накатанному пути, по сильно вытянутой орбите, наклоненной относительно экваториальной плоскости Сатурна. Очевидно, они и впрямь были подхвачены Сатурном, как щепки, случайно сблизившись с ним, а потому так странна их траектория, так сильно вытянуты и наклонены их орбиты. К числу пленников Сатурна можно отнести и такой известный спутник, как Феба (диаметр 220 километров).

В июне 2006 года американские астрономы, наблюдавшие за Сатурном с помощью телескопа, установленного на вершине потухшего вулкана Мауна-Кеа на Гавайских островах, обнаружили еще девять спутников. Их общее число достигло 56. Эти «новые» спутники также обращаются вокруг планеты по очень вытянутым, эллиптическим орбитам, совершая оборот

за 869-1316 дней и двигаясь навстречу Сатурну. Вероятно, это опять бывшие астероиды или ядра комет, не разминувшиеся с гигантом.

Многие спутники Юпитера также были случайно захвачены им. Посреди Солнечной системы Сатурн и Юпитер, как два паука, сплели свои сети, охотясь на мелюзгу, что бесчинно пролетает неподалеку. Какой-то десяток лет назад мы стали свидетелями эффективной охоты Юпитера — этот

космический хищник проглотил, ментально переварив раздавленную им же самим комету Шумейкеров-Леви-9. А сколько добычи застряло в его сетях, не в силах пока сдвинуться и упасть во чрево хищника! Ученые насчитывают у Юпитера более шести десятков лун.

Портретная галерея синьора Кассини

С появлением в окрестности Сатурна зонда «Кассини» мы узнали много нового об этой планете, о загадочных кольцах, окружающих ее, об ее спутниках. Астрономия Солнечной системы переживает такой же бурный период, как и география полтора-два столетия назад. Мы стремимся досконально изучить и описать тот небесный уголок, где находится родная нам часть света — Земля. Эта экспедиция «к берегам» Сатурна в чем-то сродни плаванию Джеймса Кука к берегам Австралии или путешествию Александра Гумбольдта, фактически открывшего для науки Южную Америку. Вот и «Кассини», обнаруживший,

кстати, 16 новых спутников Сатурна, пополняет описательный раздел астрономии множеством новых фактов.

● Так, данные, собранные им, подтверждают, что Феба, вращающаяся вокруг планеты в обратном направлении, совсем не похожа на другие спутники Сатурна. Ее плотность составляет 1,6 грамма на кубический сантиметр, в то время как у остальных лун этот показатель не превышает 1,3. Судя по спектрограмме Фебы, она больше напоминает кометы или объекты из пояса Койпера. Так, здесь имеются железосодержащие минералы и органические соединения (например, алканы), глины и слюда, замерзшая вода и углекислота, а также, по-видимому, оливины и пироксены. Планета с подобным химическим составом не могла возникнуть ни в окрестности Сатурна, ни в ближнем поясе астероидов между Марсом и Юпитером. Там слишком жарко для нее.

● Другая луна, Гиперион, напоминающая неправильной формой, скорее, обломок скалы, тоже поражает своей плотностью. У нее этот показатель чересчур мал и составляет всего 60% от плотности воды. Очевидно, Гиперион почти полностью состоит из водяного льда, причем полости занимают не менее 40% его объема. Если бы Гиперион был немного массивнее, то под действием собственной силы тяжести он сжался бы.

● В ноябре 2005 года зонд «Кассини» сближился еще с одной луной — Реей. Это самый большой спутник Сатурна, не имеющий собственной атмосферы. Его диаметр превышает 1500 километров. Судя по плотности, Рея почти на три четверти состоит из водяного льда, окружившего каменное ядро. По-видимому, она пережила некогда катастрофу, после которой одно из ее полушарий трансформировалось. Переднее — по направлению враще-

ния — полушарие окрашено в светлые тона и усеяно кратерами, порой превышающими в поперечнике 40 километров. Другое полушарие темное; оно покрыто сетью полос, напоминающих подтеки, и кратеры здесь заметно меньше в размерах. Обилие кратеров, кстати, удивляет. Если поверхность Реи сформировалась недавно, то их не должно быть много. Если давно, то мелкие кратеры сгладились бы.

Наблюдения продолжаются. Перечень сведений о кольцах и спутниках Сатурна стремительно растет. В девяностые годы минувшего века космический зонд «Галилео» заново открыл для нас целый «континент» Солнечной системы — Юпитер и мир его спутников. Теперь история повторяется по соседству — благодаря «Кассини» астрономы стирают белые пятна, которыми изобилывал ледяной мир Сатурна.



Фотографии Сатурна и его колец, сделанные космическим телескопом имени Хаббла в ультрафиолетовом (вверху), оптическом и инфракрасном (внизу) диапазонах

ИЗ НОВЕЙШЕЙ ИСТОРИИ АСТРОНОМИИ

Экспедицию зонда «Кассини» можно назвать таким же эпохальным событием в истории исследования Солнечной системы, как и экспедицию «Вояджеров» в конце 1970-х и в 1980-е годы или полет

зонда «Галилео» в 1990-е годы. В этом году исполнится десять лет со дня окончания главной миссии «Галилео». Ниже перечислены важнейшие открытия, сделанные этим зондом. Мы же продолжим ждать новых сообщений от «Кассини», ставшего искусственным спутником Сатурна.

ВЕХИ ЭКСПЕДИЦИИ «ГАЛИЛЕО»

- Октябрь 1977: начало работы над программой «Галилео».
- 18 октября 1989: запуск зонда «Галилео».
- Июль 1994: зонд «Галилео» в непосредственной близости наблюдает за падением обломков кометы Шумейкеров-Леви-9 на Юпитер. С Земли зона их падения не видна; она находится на удаленной от нас стороне Юпитера.
- 13 июля 1995: «Галилео» изменяет траекторию движения, чтобы перейти на околоюпитерианскую орбиту.
- 7 декабря 1995: впервые космический зонд становится спутником планеты-гиганта; также впервые в атмосферу планеты-гиганта погружается капсула с измерительными инструментами.
- 27 июня 1996: «Галилео» приближается к спутнику Юпитера, Ганимеду, на расстояние всего 897 километров. Теперь через каждую пару месяцев зонд будет сближаться с одним из спутников Юпитера и вести за ним наблюдение.
- Декабрь 1997: окончание первого этапа миссии «Галилео»; зонд меняет свою орбиту, стараясь сблизиться с Европой — спутником Юпитера, под ледяной поверхностью которого обнаружен обширный океан.
- 21 сентября 2003: зонд «Галилео» погружается в Юпитер. Собранных им данных хватит еще на десятилетие работы.

ОТКРЫТИЯ «ГАЛИЛЕО»

- Атмосфера Юпитера состоит из четырех облачных слоев. Самый нижний — слой водяных паров, далее идут аммиачные, сероводородные и углеводородные облака. Особенно красивы высокие, светлые облака, состоящие из аммиачно-го льда.

● Юпитер окружен частицами пыли; их расположение определяется мощным магнитным полем планеты. Время от времени «Галилео» вынужден был лететь сквозь пылевые потоки, которые берут начало на поверхности спутников.

● Активность вулканов на поверхности одного из спутников Юпитера, Ио, превышает активность земных вулканов примерно в сто раз. Происходящее на Ио напоминает процессы, наблюдавшиеся на Земле свыше трех миллиардов лет назад. На Ио нет и следа метеоритных кратеров — растекающаяся лава быстро сглаживает их.

● Под ледяной поверхностью трех крупных спутников Юпитера — Европы, Ганимеда и Каллисто — располагаются обширные водоемы, заполненные жидкой соленой водой. По мнению ряда астрономов, в океане, находящемся на Европе, могут обитать живые организмы.

● Ганимед — первый известный нам спутник планеты, обладающий собственным магнитным полем. У него есть и своя магнитосфера, которая даже больше, чем у Меркурия. По некоторым признакам, еще два спутника Юпитера — Европа и Каллисто — обладают магнитными полями.

● Ио, Европа и Ганимед обладают сложной структурой. У этих спутников имеется металлическое ядро, окруженное оболочкой из более легких химических элементов. Вулканические процессы постоянно преобразуют облик Ио, а на Европе и Ганимеде наблюдались (и, возможно, наблюдаются) тектонические процессы, видоизменявшие эти спутники.

● У Европы, Ганимеда и Каллисто имеется своя чрезвычайно разреженная атмосфера. У Ио же есть вполне нормальная атмосфера, плотность которой меняется в различных областях этой планеты. Аномалии обусловлены активностью здешних вулканов.

● Юпитер окружен системой из целого ряда колец, форма которых обусловлена наличием у планеты множества мелких спутников.